

2015년도 春季學術發表大會

# 論文集

第15卷 第1號 (通卷 第23輯)

2015. 04. 03

 사립인 대한건축학회  
총 북 지 회



2015년도 春季學術發表大會

# 論文集

第15卷 第1號 (通卷 第23輯)

▶일 시 : 2015. 4. 3. (금) 14:00

▶장 소 : 충북대학교 학·연·산공동기술연구원 1층 대회의실

대한건축학회  
총 북 지 회



## 대한건축학회 충북지회

지회장	윤승조(한국교통대학교 교수)
부회장	김호수(청주대학교 교수) 김옥규(충북대학교 교수) 권용봉(계룡건설) 김일순(태영건설) 이재호(건양기술공사)
간사	이건철(한국교통대학교 교수)
감사	손태진(한국교통대학교 교수) 전충근(선엔지니어링종합건축사사무소)
평의원	정진주(청주대학교 교수) 한민철(청주대학교 교수) 이상훈(충북대학교 교수) 홍유선(충북대학교 교수) 이명재(한국교통대학교 교수) 황태주(서원대학교 교수) 이경락(영동대학교 교수) 이완건(세명대학교 교수) 조일환(대원대학교 교수) 신용태(충청대학교 교수) 이용희(강동대학교 교수) 김경형(충청북도청) 김제희(충청북도교육청) 조병영(한국건설생활환경시험연구원) 신동안(선엔지니어링종합건축사사무소) 권오상(고려캐슬건설) 최성기(청우종합건축사사무소) 연규원(JW구조기술사사무소) 신석열(한솔기업) 이정미(토립건축사사무소) 노선화((주)바루디자인건축사사무소)
논문편집위원	심규영(충북대학교 교수)



# 目 次

## ■ 학술발표

### 제 1 분과 (건축계획 및 설계)

- 진행위원 : 김기수(충북대학교 교수), 이상훈(충북대학교 교수)

- 1) 가로활성화 개선 방안에 대한 나가노(長野)시 사례 분석 ..... 13  
고영목(충북대학교 석사과정), 이상훈(충북대학교 교수)
- 2) 기존공간을 활용한 메모리얼 건축의 시간성 표현 특징에 관한 연구 ..... 15  
이지연(한국교통대 학·석사 연계과정), 강혁진(한국교통대 교수)
- 3) 한국(충북)과 일본의 노인요양시설 공간특성 비교 연구 ..... 17  
이충훈(충북대학교 학사), 양충훈(충북대학교 학사과정), 김기수(충북대학교 교수)
- 4) 온돌의 정의와 변천에 대한 소고 ..... 19  
김준봉(북경공업대학교 교수), 안정현(북경공업대학교 석사과정)
- 5) 충북지역 한옥의 평면 유형별 친환경성 비교 연구 ..... 21  
진소라(충북대학교 석사과정), 김기수(충북대학교 교수)
- 6) 서울 성곽의 건축적 가능성과 주변 도시적 문맥의 관계성을 통한  
성곽의 경계 공간 활용 계획 연구 ..... 23  
신학주(디자인그룹금성 건축사사무소), 이진석(한국교통대학교 교수)
- 7) 한문화 국·공립 및 민간시설 현황 분석 ..... 25  
방세라(충북대학교 석사과정), 김옥규(충북대학교 교수), 최유종(충북대학교 교수),  
김기수(충북대학교 교수), 강수민(충북대학교 교수)

## 제 2 분과 (건축구조)

- 진행위원 : 강수민(충북대학교 교수), 연구원(JW구조기술사사무소)

1) 내력향상이 가능한 매립형 차음보강재로 보강된 RC슬래브의 구조적 거동에 관한 실험적 연구	29
양희식(한국교통대학교 학사과정), 차창규(한국교통대학교 석사과정), 허승웅(한국교통대학교 연구원), 김성수(청주대학교 교수), 윤승조(한국교통대학교 교수)	
2) 석탑의 탑신부 높이 변화에 따른 동적거동분석	31
김정환(청주대학교 석사과정), 정희범(청주대학교 석사과정), 김호수(청주대학교 교수)	
3) 스틸벤드로 외부보강된 기둥의 주근과 콘크리트간의 부착강도 제안식에 관한 연구	33
송명광(한국교통대학교 학사과정), 콧기도(한국교통대학교 박사과정), 김창식(우리종합건축사사무소), 허승웅(한국교통대학교 연구원), 윤승조(한국교통대학교 교수)	
4) 이형단면 RC 구조벽체의 효율적 설계방안	35
강수민(충북대학교 교수), 엄태성(단국대학교 교수), 김재요(광운대학교 교수)	
5) 지중케이블 관로 보호덮개 연결부 긴결에 따른 내력성능 평가	37
정희범(청주대학교 석사과정), 김정환(청주대학교 석사과정), 이배연(아람엔지니어링), 박찬홍(청주대학교 겸임교수), 김호수(청주대학교 교수)	
6) 충전콘크리트 강도에 따른 거푸집형 블록벽체의 전단거동에 관한 연구	39
한명현(한국교통대학교 석사과정), 전수민(한국교통대학교 석사), 신덕환(한국교통대학교 석사과정), 황승범(한국교통대학교 석사과정), 원현아(한국교통대학교 석사과정), 서수연(한국교통대학교 교수)	
7) 탄성해석에 기반한 RC 구조벽체시스템 설계결과고찰	41
강수민(충북대학교 교수), 엄태성(단국대학교 교수), 김재요(광운대학교 교수)	
8) 특수전단벽 연결부의 구조적 거동과 설계	43
원현아(한국교통대학교 석사과정), 남보람(한국교통대학교 석사과정), 한명현(한국교통대학교 석사과정), 신덕환(한국교통대학교 석사과정), 황승범(한국교통대학교 석사과정), 서수연(한국교통대학교 교수)	

# 제 3 분과 (CM 및 시공 · 재료)

– 진행위원 : 한민철(청주대학교 교수), 조병영(한국건설생활환경시험연구원)

1) 13 mm이하 순환 굵은 골재 치환에 따른 콘크리트의 기초적 특성	.....	47
이순재(청주대학교 석사과정), 윤정완(청주대학교 석사과정), 송원루(청주대학교 석사과정), 한동엽(청주대학교 박사), 한민철(청주대학교 교수), 한천구(청주대학교 교수)		
2) 결합재 종류 및 골재 변화에 따른 일라이트 치환 모르타르의 공학적 특성	.....	49
김상섭(청주대학교 석사과정), 윤정완(청주대학교 석사과정), 김민영(청주대학교 석사과정), 조만기(청주대학교 박사과정), 한민철(청주대학교 교수), 한천구(청주대학교 교수)		
3) 단독주택용 PV설비의 설치공간 활용 및 경관 개선방안	.....	51
박병훈(한국교통대학교 학·석사 연계과정), 최종원(한국교통대학교 박사과정), 김재엽(한국교통대학교 교수)		
4) 매트기초 타설을 위한 매스콘크리트 수화열 해석에 관한 연구	.....	53
박길범(충북대학교 박사과정), 이창준(충북대학교 교수), 김옥규(충북대학교 교수), 김관구(충북대학교 석사과정), 최병주(충북대학교 교수)		
5) 생산지별 고로슬래그미분말 치환 시멘트 모르타르의 유동특성	.....	55
이건영(한국교통대학교 석사과정), 이진철(한국교통대학교 교수), 최종구(한국교통대학교 석사과정), 고동근(한국교통대학교 석사과정)		
6) 시공 VE 사례분석 및 개선방안	.....	57
서유현(충북대학교 석사과정), 박길범(충북대학교 박사과정), 김옥규(충북대학교 교수), 최병주(충북대학교 박사)		
7) 실험실 가속 조건에 따른 건축용 유기계 단열재의 단열성능 변화에 관한 연구	.....	59
임순현(한국교통대학교 석사), 이진철(한국교통대학교 교수), 최종구(한국교통대학교 석사과정), 이진영(한국교통대학교 석사과정), 고동근(한국교통대학교 석사과정)		
8) 폐수를 이용한 고로슬래그 기반 모르타르의 품질향상에 미치는 영향	.....	61
송원루(청주대학교 석사과정), 김민영(청주대학교 석사과정), 이순재(청주대학교 석사과정), 이흥규(청주대학교 석사과정), 한민철(청주대학교 교수), 한천구(청주대학교 교수)		
9) 온도조건에 따른 내화뿔칠재 종류별 함수율 변화 및 내화성능 검토	.....	63
고동근(한국교통대학교 석사과정), 이진철(한국교통대학교 교수), 최종구(한국교통대학교 석사과정), 이진영(한국교통대학교 석사과정)		

## 제 4 분과 (환경 및 설비)

- 집행위원 : 정유근(한국교통대학교 교수), 채영태(청주대학교 교수)

1) LED램프의 성능별 건물에너지 소비량 비교 및 분석 신상용(충북대학교 석사과정), 서동현(충북대학교 교수)	.....	67
2) 건강환경 구축을 위한 교육시설 기준 정립 연구 - 자연환기 · 자연채광을 중심으로 - 황윤하(충북대학교 석사과정), 조하늘(충북대학교 석사과정), 이병연(충북대학교 교수)	.....	69
3) 건물 에너지에 영향을 미치는 주요 변수간의 중요도 평가 문민호(한국교통대학교 석사과정), 정유근(한국교통대학교 교수)	.....	71
4) 국립국악원 연주홀의 실내 흡음재 변화에 따른 음향성능 조사 정제훈(충북대학교 석사과정), 한찬훈(충북대학교 교수)	.....	73
5) 도일법 기반 공동주택 에너지사용량 추정에 관한 연구 노병일(충북대학교 석사과정), 서동현(충북대학교 교수)	.....	75
6) 빛 공해 방지법 제정 및 연구 동향에 관한 연구 박우현(한국교통대학교 석사과정), 정유근(한국교통대학교 교수)	.....	77
7) 외피기준 변화에 따른 한옥 유형별 환경성능 비교 연구 조하늘(충북대학교 석사과정), 황윤하(충북대학교 석사과정), 이병연(충북대학교 교수)	.....	79
8) 학교 교실의 음환경 기준에 따른 적정 흡음면적 산출 류다정(충북대학교 석사), 한찬훈(충북대학교 교수)	.....	81

■ 학술발표

# 제 1 분과

## (건축계획 및 설계)

진행위원 : 김기수(충북대학교 교수), 이상훈(충북대학교 교수)



# 가로활성화 개선 방안에 대한 나가노(長野)시 사례 분석

Case Analysis for Street Activation Planning of Nagano City in Japan

○고 영 목\* 이 상 훈\*\*  
Ko, Young-Mok Lee, Sang-Hoon

## Abstract

나가노(長野)시의 사례 분석을 통해 1998년 동계올림픽을 계기로 도시 기반시설의 확장은 중심가로구역내의 거주인구, 주택 및 상업시설들이 교외(郊外)로 확장되는 Sprawl화가 진행되었으며, 이런 이유로 중심가로구역내의 상가와 거리는 활력을 잃게 되었다. 나가노(長野)시는 문제 해결을 위한 조사와 정책으로 기존 중심가로의 핵심 거점(占) 정비를 통해 가로(線)활성화를 하고 나아가 주변시가지(面)로 확장하는 가로활성화 정책을 실시하고 있는 것을 확인하였으며, 국내에서도 순환도로, 우회도로 등의 건설로 인한 가로활성화 문제 해결을 위한 방안 연구를 위해 구체적인 요소(건축, 도로, 조경, 시설물 등)들의 추가적인 분석이 필요하다.

키워드 : 가로활성화, 스프롤, 중심가로구역

Keywords : Street Activation, Sprawl, Central Street Zone

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

1980년대 이후 급속한 산업화 및 자동차의 확산으로 도시 가로는 그 기능과 목적에 있어 물류 수송과 이동을 목적으로 양적 확장 위주로 변해왔다. 80년대 이전의 가로는 사람들의 이동 공간으로써 만남을 통한 교류와 커뮤니티의 중심공간으로 그 역할을 했다.

도시의 가로는 단순히 차량통행과 보행을 위한 통로로서의 기능뿐만 아니라 생활과 문화 활동을 하는 공공공간으로서의 기능, 가로변 토지이용의 증진 기능 등 시민들의 삶의 질 향상과 주변 상가활성화에 매우 중요한 역할을 수행하고 있다. 특히 일본의 여러 도시에서는 시가지 활성화에 대한 고민과 사업이 진행되어지고 있다. 국내에서도 1990년대부터 조금씩 인식하기 시작하여, 서울시의 경우 1993년도에 자치구 특화거리 조성사업을 유도하였고, 1998년부터는 ‘걷고 싶은 거리 만들기’ 사업, 국토해양부의 ‘보행 우선구역 조성’, 서울시의 ‘디자인서울거리 조성사업’ 등 다양한 이름으로 보다 쾌적한 공공공간으로서 가로활성화에 대한 인식을 개선 및 향상 시키고자 노력해오고 있다.

따라서 본 연구는 가로활성화에 대한 일본 나가노(長野)시의 통계 데이터 분석을 통하여 향후 국내의 가로활성화 개선 방안을 모색하는데 그 목적이 있다.

### 1.2 연구의 대상 및 방법

일본 나가노(長野)시는 나가노현(長野縣)에 소속된 중심도시로 인구 약 38만명, 면적 73,851ha 정도의 지방도시이다.



1998년 나가노(長野) 동계올림픽 개최를 계기로 여러 가지 인프라가 정비되었으며, 그중 하나로 급속한 도로정비를 들 수 있다. 그 결과 나가노(長野)시에서는 교외의 우회도로를 따라 새로운 상업시설과 주택건설이 가속화 되

는 Sprawl화)가 진행되었다. 이로 인한 중심시가지의 대형 상업시설이 2000년대 들어 점점 사라지게 되었고 이는 중심시가지 쇠퇴의 원인이 되었다. 30년 전과 비교하면(2005년기준) 중심시가지 보행자수는 절반으로 줄었고 거주인구도 40% 감소했다. 이런 현상 속에 나가노(長野)시의 중심시가지 활성화 계획은 국내 시(市) 규모의 가로활성화 방안 연구에 적합할 것으로 보여 대상지로 하였다. 본 연구는 주로 문헌고찰과 현장조사를 통한 실태분석으로 진행되었으며, 먼저 정책이나 디자인(계획)과정은 시(市)에서 발행한 자료를 바탕으로 하였으며, 현장조사는 건축물의 규모, 용도, 형태, 재료, 색상, 도로, 조경 등과 같은 건축적 요소와 보행자, 보행방법(도보, 버스, 자전거)등의 분석을 통한 국내 현황과 비교 분석을 통해 가로활성화 방안을 추후 도출하려고 한다.

## 2. 나가노(長野)시 가로활성화 정책

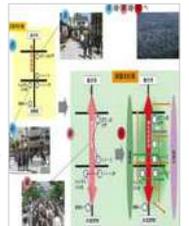
### 2.1 위치 및 구역

JR나가노역(長野驛)에서 젤코지(善光寺)까지 길이 약 1.8km 이르는 중심시가지로 현청(縣廳), 시청(市廳), 전통 및 근대 건축과 같이 역사적 자산이 있는 곳이다.



### 2.2 목표 와 전략

“가보고 싶은 마을, 살고 싶은 마을”을 중점 목표로 “걷고 싶은 거리, 참여하고 싶은 마을”을 만드는 것을 전체 목표로 했으며, 목표완성을 위한 전략으로 JR나가노역(長野驛)에서 젤코지(善光寺)까지 거리를 중심으로 요소의 핵심 거점(占) 정비를 통해 가로(線)활성화를 하고 나아가 주변 시가지(面)로 확장 하는 것으로 하였다.



\* 충북대 대학원 석사과정

\*\* 충북대 건축학과 교수, 공학박사

1) 도시 팽창에 따른 교외가 무질서·무계획적으로 발전하는 현상

### 2.3 가로 현황과 통계적 데이터 분석 요소

본 연구에서는 나가노(長野)시 전체와 중심가로구역내의 거주자 현황(인구, 세대수, 가족인원), 건축물 현황(상업시설 위주) 과 관광객(방문자, 보행자) 수의 변화를 비교 분석 하였다.



## 3. 통계적 데이터 분석

### 3.1 거주자 현황

#### 3.1.1 인구, 세대수, 가족인원

교외의 주택지는 증가하는 반면, 중심가로구역에 있어서 인구, 세대수, 가족인원은 감소하는 경향이다. 이는 1999년도 보다 2006년도 가로구역 내 인구는 약 10%가 줄었다.

표 1. 인구, 세대수, 가족인원 추이

	나가노(長野)시			중심 가로구역		
	인구	세대수	가족인원	인구	세대수	가족인원
1980년	345,539	102,697	3.36	15,166	5,394	2.80
1985년	357,507	108,941	3.28	13,983	5,383	2.60
1990년	366,773	117,727	3.12	12,682	5,258	2.41
1995년	377,678	129,960	2.91	11,497	5,139	2.24
2000년	378,932	136,108	2.78	10,295	4,852	2.12
2005년	378,512	141,030	2.68	9,835	4,776	2.06

표 1은 나가노(長野)시의 인구와 세대수는 증가하는 모습이다. 하지만, 중심 가로구역 내에서 보면 점점 감소되고 있는 경향이다. 이런 수치를 보면 이후 확실히 중심 가로구역 내 인구가 감소될 것으로 예측해 볼 수 있다.

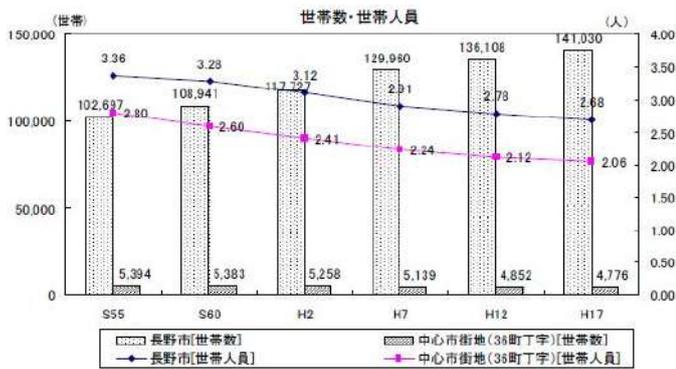


그림 1. 중심 가로구역 내 인구 추이

### 3.2 상업시설 및 관광객 현황

#### 3.2.1 상업시설

나가노(長野)시의 상업시설은 넓게 확산되고, Sprawl화로 인해 교외화(郊外化)가 계속되고 있다. 이런 원인으로 중심가로구역내의 상업시설은 나가노(長野)시 전체에 비해 상점 수, 연간판매액, 판매시설면적에 있어서 감소되는 현상이 크다. 1999년도(100%기준)에 비해 2004년도의

상점수는 약 92%, 연간판매액은 약 74%, 판매시설면적은 약 81%로 감소되었다.

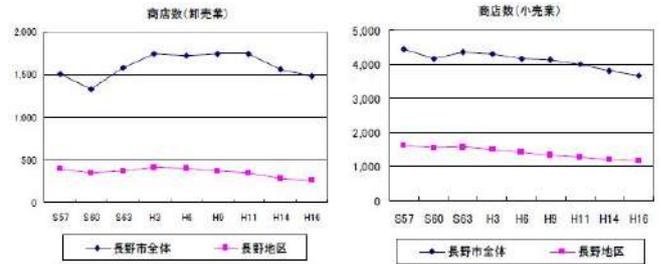


그림 2. 상가시설 (도/소매점 수) 추이

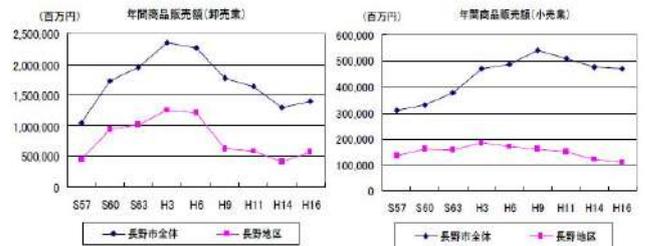


그림 3. 판매액 추이

#### 3.2.2 관광객(방문자, 보행자) 수

나가노(長野)시 관광객은 연간 약 900만 명으로 이중 약 600만 명은 젠코지(善光寺)를 찾는 것으로 전체 66% 해당된다. 또한 중심가로구역내 보행자(자전거이용자 포함) 수도 1999년도(100%기준)에 비교해 2006년도 기준으로 약 82%까지 감소했다.

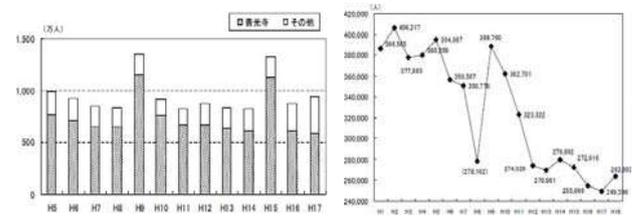


그림 4. 관광객(좌), 중심가로구역내 보행자(우) 추이

## 4. 결 론

나가노(長野)시의 사례조사를 통해 도시 인프라 정비가 시작된 1998년 동계올림픽이후 기존 중심가로구역내의 상가와 인구가 감소 되어가는 것을 확인했으며, 추후 건축물, 도로, 조경, 기타 시설물과 가로활성화를 위한 시(市)의 정책과 구체적인 방안에 대한 추가적인 조사가 필요하다.

### 참고문헌

1. <http://www.city.nagano.nagano.jp>
2. 長野市中心市街地活性化基本計画, 長野市, 2011
3. 남궁 지희, 박소현, 가로환경 평가체계에 관한 기초 연구, 대한건축학회, 25(11), 2009
4. 정승우, 김주현, 이정호, 하재명, 도시 가로 공간 이용자 행태 분석에 관한 연구, 대한건축학회, 25(11), 2009

Abstract

The purpose of this study was to analyze the characteristics of spatial nature of time in the remodeled memorial. It is importance that the spatial nature of time in restored memorial. By doing a theoretical research and case studies, the study has found two different aspects of it. These characteristics of spatial nature of time come from firstly the relation between old image of the existing building and the contents the building has and secondly the memorial's narrative tendency due to its program like museum. In addition, the research could characterize the aspects of expressions of the spatial nature of time in architectural design of memorial with existing building as followings: 1) spatial medium of memories, 2) touchable narrative.

키워드 : 재생, 메모리얼, 건축의 시간성

Keywords : Restoration, Memorial, Spatial nature of time

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

재생이 필요한 시대의 현상 중의 하나로 리모델링 건축이 활성화 되고 있으며 그 중 메모리얼이라는 형태의 재생 프로젝트들이 있다. 과거의 사건을 알려주는 정보전달의 기념관 위주였던 메모리얼 건축은 최근 공간적 체험과 경험이 중요시 되고 있는데 이는 재생 프로젝트라는 특징에서 기인할 것이다. 이러한 현상은 메모리얼 자체가 지닌 '과거에 대한 기억을 담고 있다는 점'에 기인한다. 그리고 나아가 그것을 공간적 혹은 공간 체험적으로 표현하고자 하는 현대건축의 결과라 할 수 있다. 기존 건축을 활용한 메모리얼이라는 점에서 공간은 이미 시간성을 포함하고 있으며 공간 체험성은 전시동선구성을 포함한 연속적 체험구성을 나타낸다고 볼 수 있다. 본 연구는 이러한 메모리얼 건축물에서 발견되는 시간성 표현의 특징을 파악하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

기존공간을 활용한 메모리얼 건축이 갖는 본질적 시간성에 대하여 선행연구 분석을 통하여 그 개념을 고찰하고 설정된 시간성의 표현특성을 중심으로 최근 프로젝트 분석을 통해 그 표현양상을 확인하고자 한다. 본 연구와 관련하여 최근 재생된 메모리얼 건축물로 '운동주 박물관(이소진, 아뜨릴에 리용서울, 2012)', '전쟁과 여성인권 박물관(장영철·전숙희, WISE건축, 2011)'을 선정하였다.

2, 재생된 메모리얼의 시간성 고찰

기존건축물이 지니고 있는 시간성은 메모리얼이라는 프로그램 안에서 재해석되어 더욱 효과적인 매개체로서의

역할을 수행한다. 시간성이 살아있는 공간은 그 자체로 전 시작품으로서 인식된다. 재생된 메모리얼의 시간성은 크게 두 가지 차원이 존재한다. 보존된 기존건축물이 지닌 시간성과 이에 긴밀하게 결합된 과거의 기억을 담은 메모리얼의 내용적 기능이 첫 번째이며, 메모리얼의 건축적 기능 즉 체험적 전시공간으로 연속되어지는 네러티브적 시간성이 두 번째이다.

기존 건축물을 활용하는 재생의 유형은 크게 의미재생, 맥락의 재생, 이미지 재생으로 나누어지는데(염용래 외1, 2007), 기억의 공간을 표현하는 메모리얼로 재생되는 경우 기존건축물이 생산해낼 수 있는 폐허, 유적 등, 과거의 기억이라는 이미지는 직접적인 공간구축의 요소로 작동하게 된다. 메모리얼 건축에서 공간은 기억의 실체이면서, 동시에 상징이자 은유이다. 기억의 매체로서의 공간은 다차원적이고 지속적인 성격을 가진다. 지속되는 인공물로서, 다른 단기적인 인공물에 의한 기억을 뛰어넘는 시간성을 가지기 때문이다(아스만, 2011).

현대 기념건축에 대한 연구에서 주학유 외1인은 그 설계방법론의 유형으로 첫째 기억대상의 추상적 구상화 기법, 둘째 부재의 현전을 통한 음의 형상의 구축 방법론, 셋째 기억대상, 주체의 관계규정을 위한 공간기법 : 투시도적 공간과 씨노그래피적 공간 구성 기법 그리고 넷째 스토리텔링기법으로 구분하고 있다. 재생된 기념건축의 관점과 시간성의 측면을 고려하여 방법론을 고찰할 경우 전술된 네 가지 유형은 어떻게 시간성을 담는 공간을 만들 것인가와 어떻게 관람자에게 보이게 할 것인가로 구분될 수 있다.

3. 시간성 표현 특성

3.1 기억의 공간 매체성

기존 건축물이 존재하는 측면에서 공간 자체가 기억을 매개한다는 특징이 있다. 따라서 이러한 특징을 '기억의

\* 한국교통대학교 건축학과 학·석사연계과정  
\*\* 한국교통대학교 건축학과 조교수, 건축학석사  
(교신저자 : hkang@ut.ac.kr)

공간 매체성'이라 할 수 있다. 시간의 축적이 이루어낸 낡고 오래된 이미지가 메모리얼이 기념하고 있는 기억과 연계되거나, 기념되는 내용적 장소가 실존적으로 연계되는 방식으로 기억이 공간을 통해 매개된다. 즉, 기존건축물이 재생된 메모리얼이 기억하는 내용과의 연관성이 시간성표현에 유효한 작용을 하게 되며, 또한 기존건축물이 지닌 축적된 시간의 흔적들이 건축적 수법들에 의해 공간적으로 표현되어 시간성을 표현하게 된다.

### 3.2 촉각적 내러티브

기존공간을 활용한 메모리얼은 연속된 공간체험을 통해 과거의 기억하게 하는 특징이 있다. 즉, 기념하여 전시하는 내용과 그것을 체험하게 하는 경험의 방식이 서사적 구조를 통해 유의미한 경험구조를 제공하고 있다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 시간성 표현 특징으로 '촉각적 내러티브'를 설명할 수 있다. 여기에 촉각적이라는 표현은 기존건축 공간이 관람자에게 부여하는 공간감이 물리적 스케일, 재료의 구축적 특징, 노화된 표면, 빛의 투사, 소리의 울림 등을 통해 시각적 이외에 촉각을 통해 기존건축의 실체감이 서사구조에 삽입되어진다는 데 기인한다. 전시되는 사건이 일정한 서사구조를 만들어 감에 있어 기존공간이 실체적으로 활용되어지는 것이 메모리얼공간이 지닌 속성에 의해 유효하기 때문이다.

## 4. 사례연구를 통한 시간성 특성

본 연구에서 선정한 각 사례에 대하여 전 장에서 설정한 시간성 표현의 측면에서 그 표현 양상을 살펴보았으며 다음 표와 같이 정리하였다.

표 1. 사례분석

	기억의 공간 매체성	촉각적 내러티브
윤동주 문학관	 버려진 수도 가압장 윤동주의 산책로로 추정 물때의 흔적 노화된 콘크리트	시와 연계된 공간설정과 연속적 체험 중정부의 진입과 열린 하늘 램프로 구성된 진입로 빛의 공간과 어둠의 공간 강약을 연상하는 육중한 문 소리의 울림 새어나오는 빛
전쟁과성인권박물관	 작은 주택 기념대상물과 연계성 없음 집 뒤편 옹벽과 좁은길 지하실 공간, 계단실 벽돌 발코니 벽돌 납골당	기존 단독주택 공간의 특성에 따른 전시 공간 계획과 연속적 체험 구성 후면 옹벽 좁은 공간 지하실 진입계단 낮고 어두운 지하실 거친 계단실과 밝은 빛 수직적으로 연계된 전시 공간 빛과 반응하는 발코니 벽돌 1층 정원으로 열린 공간

사례에서 파악되는 두 건축물의 기억의 공간 매체성은 기존건축물의 지닌 시간성을 공간구성에 적극적으로 활용한 공통점이 존재하나 윤동주 문학관의 경우 윤동주가 산책했던 인왕산 길에 위치한다는 기억의 실존적 장소성이 있다고 하겠다. 촉각적 내러티브 측면에서 볼 때 두 작품 모두 기존건축물의 공간적 특성을 전시되는 내용과 긴밀하게 연계하여 구성하였으며 그 체험의 과정을 섬세하고 극적으로 연출하고 있음을 알 수 있다.

## 4. 결 론

기존공간을 활용한 메모리얼은 그 속성상 시간성이 중요한 건축적 표현요소이다. 특히 기존건축물을 재생하였다는 점과 메모리얼이 기능적 특성에 의해 그 중요성이 강조된다. 본 연구는 관련 연구의 분석과 사례 연구를 통하여 다음과 같은 시간성 표현 특성을 정의하였다. 첫째는 기억의 공간 매체성으로 기존 공간과 그 장소성이 기억이라는 메모리얼 기능을 강화하는데 기여한다는 것이고, 두 번째는 촉각적 내러티브로서 기존공간이 서사구조를 구성하는데 실체적 수단으로 활용된 연속적 공간구성의 특성이 있다. 다만 이러한 시간성 표현 특성에 대한 그 표현양상은 지속적으로 연구되고 체계화될 필요가 있다.

## 참고문헌

- 이현아 외1, 「재생을 통한 현대 메모리얼 공간의 새로운 장소 만들기」, 한국건축역사학회 추계 학술발표대회 논문집, 2014
- 주학유 외1, 「현대 기념건축에 대한 연구」, 대한건축학회 논문집 계획계 제29권 제3호, 2013
- 최기석 외1, 「홀로코스트 기념관 건축을 통해서 본 감각적 장소성 재현에 관한 연구」, 대한건축학회 추계 학술발표대회논문집 계획계, 2011
- 염용래 외1, 「근대건축의 보존과 재활용의 디자인수법에 관한 고찰」, 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, 2007
- 알라이다 아스만, 「기억의 공간: 문화적 기억의 형식과 변천」, 그린비, 2011

# 한국(충북)과 일본의 노인요양시설 공간특성 비교 연구

Compared study on spatial characteristics of Nursing homes in Korea and Japan

○이 충 훈\*                      양 충 훈\*\*                      김 기 수\*\*\*  
Lee, Chung-Hun                      Yang, Chung-Hun                      Kim, Gi-Su

## Abstract

Economic growth, increasing the quality of public life and the average life to the development of modern medicine and the old population is increasing ecumenically. Showing the most rapid aging of the aging society were entered as the starting point in 2000 in Korea. The very lack of legal basis, such as to respond to the elderly society, systematic linkage, research nonetheless. Therefore, the goal of the research is to present the data that can be applied in the future by comparing the first country to establish as one of the facility measures more than 20 years in response to domestic elder health and medical problems of the aged care facility space characteristics of the Japanese study.

키워드 노인요양시설, 노인보건시설, 공간특성

Keywords : Elderly care facilities, Nursing Homes, Spatial characteristics

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

경제성장, 현대의학 발달로 국민생활의 질과 평균수명이 늘면서 노인인구는 전 세계적으로 증가하고 있다. 우리나라는 2000년을 기점으로 고령화 사회에 접어들었으며 가장 빠른 고령화를 보이고 있다. 90년대 중반부터 노인복지시설 건립이 증가하고 있지만 수요에 비하여 부족한 형편이다. 도시지역은 지가의 상승으로 인한 가용토지의 부족과 노인시설을 혐오시설로 여겨 건립에 어려움이 있고 농어촌지역은 인구의 감소와 빠른 고령화, 낮은 경제 자립도에 의해 복지시설 건립 및 운영에 문제가 있다.

본 연구는 국내보다 30년 이상 앞서서 노인의 보건, 의료 문제에 대응하여 노인보건시설의 발전과정과 공간구성의 특성 연구를 한 일본의 예를 보고 앞으로 국내에서 발생될 시설체계의 기준 및 건축계획 시 적용될 수 있는 자료를 제시하는 것이 목적이다.

### 1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 국내의 노인요양시설과 일본의 노인보건시설의 비교연구로서 개호시설의 개념을 갖는 시설을 범위로 하였다. 선행 연구된 일본의 22개소 자료와 비교하기 위해 조사항목을 일치시키고, 청주중심 9개소 노양시설을 방문하여 자료를 수집하였다. 조사항목으로는 소요실 분석, 배치평면 유형, 이용자 생활공간의 유형을 비교하기로 하였다.

## 2. 소요실 분석

일본의 노인보건시설의 공간구성은 설치기준에 규정에 의하여 생활공간, 관리공간, 공급공간과 재택지원공간으로 구성되지만 국내의 노인요양시설은 소요실에 대한 구

정이 없다. 따라서 일본의 규정을 좀 더 세분화 하고 실을 조사하여 비교해 보았다.

표1에서 숫자1은 단일목적의 공간이 구성되어있을 경우 2는 공용구역, 즉 혼용용도로 사용될 경우 3은 모두 해당되는 경우이다. 1과 3의 유형은 쉽게 비교를 위하여 음영처리를 하였다. 일본과의 비교를 할 때 음영부분이 상대적으로 많이 적다.

표 1. 조사대상 공간별 소요실 분석

구분		한국									
		EP	CK	ND	DS	DD	MA	BK	JG	SS	
생활공간	기본생활부분	요양실	3	2	2	3	3	2	2	2	2
		담화실	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		식당	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		배선실	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		레크레이션	2	-	-	-	2	2	2	-	-
		욕실	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		개인욕실	1	-	1	1	-	1	-	-	-
	개호지원부분	미용실	-	-	-	2	-	-	-	-	-
		물품실	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		휴게실	2	-	-	1	2	2	2	-	-
		직접접촉	2	-	-	2	2	-	-	-	-
		린넨실	2	-	-	2	2	-	-	-	-
		처리실	2	-	-	2	2	-	-	-	-
		창고실	2	-	-	2	2	2	2	2	2
공용공간	관리공간	훈련실	-	-	-	-	-	-	-	-	
		치료실	2	-	-	2	2	2	2	2	
		시설장실	2	-	-	2	2	2	2	2	
		사무실	2	2	2	2	2	2	2	2	
		상담실	2	2	-	-	1	1	2	1	2
		응접실	2	-	-	2	2	-	-	-	-
		봉사자실	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	공급공간	숙직실	-	-	-	-	-	-	-	-	
		직원사위	-	-	-	-	-	-	-	-	
		직원식당	2	-	-	2	2	2	2	-	
기계설비	매점	-	-	-	-	-	-	-	-		
	주방	2	2	2	2	2	2	2	2		
	세탁실	2	-	-	2	2	-	-	-		
기계설비	린넨실	-	-	-	-	-	-	-	-		
	기계설비	2	-	-	2	2	2	2	-		

\* 충북대 건축공학과 학사  
\*\* 충북대 건축공학과 학사과정  
\*\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

### 3. 배치평면 유형에 따른 분석

배치평면의 형태는 각 기능을 동별로 분산 배치한 형태인 별동형과 모든 기능이 한 건물에 배치한 집약형으로 구분된다. 공통된 특징은 집약형 유형이 많다는 것이다. 특히 국내 사례의 경우는 별동형이 존재하지 않으며 일본의 경우에도 별동형은 사례가 적다.

표 2. 배치평면에 따른 특성

구분		특성	국내시설	일본시설	
별동형	전체	넓은 부지를 확보하고 2면 이상의 진입도로와 인접되어 있다. 일반적으로 단층건물로, 위험시 피난에도 유리하다.	-	1	
	일부	넓은 부지에 저층형태로, 건물의 배면부분에 욕실과 기계실등의 부분만 분리시킨 형태이다.	-	2	
집약형	분리형	수직분리	가장 일반적인 형태로 1층에 관리, 공급공간을 2층부터는 생활공간을 위치시킨다.	6	10
		수평분리	저층이면서도 건물바닥면적이 넓어 1층에 생활공간을 위치시킨 형태로 관리, 공급공간을 단층으로 구성한다.	-	6
	혼재형	바닥면적을 확보하기 어려울 경우 공급공간, 관리공간 중 일부공간을 별도의 층에 위치시킨다.	3	3	

### 4. 이용자 생활공간의 유형에 따른 분석

생활공간의 구성형태는 부지형태와 면적, 정원수, 층수, 한 개층에 거주하는 노인수와 요양실과 공용생활부분인 식당, 욕실 화장실의 동선유형에 의해 결정된다. 배치평면의 특성과 마찬가지로 소규모의 집약적인 형태를 가지기 때문에 대부분 혼합형을 갖는다.

표 3. 배치평면에 따른 특성

구분		특성	국내시설	일본시설
선형	중복도	25명 정원의 일자형중복도가 가장 일반적형태이다. 복도의 양측면에는 요양실과 개호지원이 구성되어 있다.	-	1
	이중복도	중앙에 개호지원과 공용생활 공간을 갖추고 복도의 양측면에 요양실을 위치시켜 모든실이 외부의 자연 환경에 접한다.	-	2
회랑형		한 개층에 50명 이상의 정원으로 구성되며, 중정을 중심으로 노인들이 순회할 수 있도록 동선을 확보하고 있다.	1	9
그룹형		12-14명 정도의 그룹으로 공간을 구성한다. 일반적으로는 그룹별 담화실과 화장실 정도만 갖추고 있으나 주거공간과 거의 같은 실구성이다.	-	7
혼합형		한 개층에 거주하는 많은 노인들에게 개호를 지원하는 형태이다. 요양실과 개호지원부분은 회랑형 또는 이중복도형이다.	8	3

### 4. 결 론

국내의 노인요양시설과 일본의 노인복지시설을 3가지 공간특성을 비교하였다. 일본의 경우 규모도 여러 가지이고 편중된 점도 보이지만 여러 특성을 나타낸다. 반면에 우리나라는 비록 9개소를 조사하였지만 일률적인 형태와 특징을 보인다.

원인은 노인장기요양법에 있다. 노인요양시설은 정원이 30명 이상일 경우 대형으로 분류가 된다. 대형으로 분류된 시설은 규정이 더욱 강화되어 필수적으로 구비해야 하는 실이 늘며 그 실에 대한 인력인 물리치료사, 간호사, 영양사 등등 더 많은 인력비용이 든다. 또한 1용자 대비 1급 요양보호사 비율도 강화되기 때문에 국내의 시설은 대부분 30명으로 제한되어 수입이 적고 적은 수입으로 운영을 해야 하므로 전체적으로 소요실이 부족하고 집약형으로 운영된다. 이용자들의 개별 지원금을 늘려주는 방식은 국가에서도 많은 부담이 되므로 대형시설에 대한 규제가 완화된다면 집약적인 공간특성을 탈피하여 이용자들에게 더욱 편리한 공간특성의 시설들이 생길 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 소준영, "일본 노인보건시설의 공간구성에 관한 연구", 한국실내디자인학회논문집 제14권 2호, 2005
2. 노지화, "일본 노인보건시설의 유형별 특성", 대한건축학회논문집 21권 3호, 2005
3. 박민영, 이장민, "노인의료복지시설의 거주성 향상을 위한 계획형에 관한 연구", 대한건축학회논문집 14권 1호, 2012
4. 문창호, "최근 일본 노인주거시설의 건축적 특징에 관한 연구", 대한건축학회논문집 20권 6호, 2004-2006
5. 김범수, 최병주, 박준모, 강유미, 김민정, "청주노인종합복지관 사례분석을 통한 건축 계획적 개선방안 연구", 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 제31권 제1호, 2011

Abstract

The purpose of this study is on the changes in the Ondol, Korean traditional floor heating system, and its definition. Ondol is the indigenous heating system of Korea and currently almost all Koreans live on an Ondol. First the definition of the Ondol was studied then the ancient ruins were reinterpreted to trace its origin and development. In conclusion this Ondol originated from the Duman river estuary region located in the northern region of the Korean peninsula and spread widely into Manchuria and Korean peninsula. It continued to developed and became the primary heating system of the Korean people.

키워드 : 온돌, 한국전통난방, 정의

Keywords : Ondol, Korean traditional heating system, Definition

1. 서    론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대적 난방사업인 현대온돌은 그 시장규모가 크고 다양하며, 판매 범위가 넓지만 정작 온돌의 종주국이 우리나라인지를 밝히는 논문은 많지 않다. 본 연구는 온돌에 관한 용어의 정의를 먼저 설정한 후, 온돌의 구조와 종류 등의 용어에 관한 고문헌에 근거한 정의를 확립한다. 그리고 기존에 발굴하여 연구한 원시 온돌 유적과 문헌에 대한 해석을 통하여 우리 민족 주거문화의 근간인 온돌의 기원을 제시하고 그 변천과정을 추적하는 것을 목적으로 한다. 날로 커져가는 세계 바닥 난방시장을 선점하고 한국형 온돌의 현대화와 국제화를 이루기 위한 기초 작업이다.

2. 구들과 온돌의 용어정의와 그 기원

2.1 용어의 정의

온돌은 ‘화기가 방고래 사이를 통과해서 방바닥을 덥게하는 장치’라고 말한다.<sup>1)</sup> 원래 ‘구들’이라는 순 우리말을 온돌(溫突)이라는 한자어로 쓴다. 이 구들은 조선시대 훈민정음 창제이후 비로소 표기되었다. 이후 일본과 서방의 나라들은 조선의 고유한 온돌을 다른 말로 표현할 길이 없어 ‘Ondol’로 표현하였다. 그래서 온돌이 곧 구들이며 구들과 온돌은 같은 말이다.<sup>2)</sup> 그러나 온돌은 한자어로 따뜻할 온(溫), 돌출하거나 발산한다는 뜻인 돌(突)자를 쓰는데 이같이 ‘구들’을 ‘열석(熱石)’으로 사용하지 않고 ‘온돌(溫突)’ 쓰는 데는 이미 따뜻한 복사난방의 의미를 두고 조합해놓은 단어라고 볼 수 있으며, 이는 이미 오래 전부터 우리민족은 온돌의 의미를 단순히 돌(바닥)을 뜨겁게하는데 그치지 않고 (열을 발산하는) 바닥복사난방과 열을 저장하는 의미가 함유되어 있다.<sup>3)</sup>

결론적으로 온돌의 정의는 ‘방 바닥을 따뜻하게 데워 난방하는 시설’로 정의하는 것이 타당하다.<sup>2)</sup> 즉 전기나 불등으로 직접 가열

하는 방식과 기름보일러나 가스보일러를 이용하여 열매체인 물이나 공기등을 가열하여 방바닥으로 보내는 간접가열방식이 있는데 방바닥을 따뜻하게 한다면 온돌로 정의하는 것이 타당하다.

2.1 용어의 기원

‘온돌’의 순우리말은 ‘구들’이다. ‘구들’이란 말이 언제부터 쓰여졌는지는 정확히 알 수 없으나, 구들의 발생과 더불어 아주 오랜 옛날부터 쓰여 졌을 것으로 생각된다. 민족학자인 손진태는 구들의 어원을 ‘구운 돌’에서 나왔다고 주장하고 있으나, ‘굴’ 혹은 다른 어원도 찾을 수 있다. 구들은 ‘구운 돌’ 혹은 골짜기의 ‘굴’ 혹은 굴속을 말하는 ‘굴’에서 발생되었을 가능성이 더 크다. 즉 ‘구운 돌 --> 구들’ 혹은 ‘굴, 굴--> 고-울, 구-울---> 구들’로 발전되었다고 볼 수 있는데, 이는 구들이 돌과의 관련성보다는 고래의 골, 굴 등과 더 관련성이 많기 때문이다. 만약 구들이 돌과 관련이 많았다면 뜨거운 돌이라는 뜻인 열석(熱石), 난석(暖石)등으로 표기했을 것이기 때문이다. 그래서 중국 고대의 문서를 보면 토상(土床: 흙 위의 침상)이라고 표현하여 따뜻한 흙으로 마감되어 있는 방을 주로 묘사하고 있다. 이러한 ‘구들’이 훈민정음의 창제와 더불어 처음으로 활자화되어 나타나는데, 문헌으로 등장하기는 1489년 간행된 <救急簡易方諺解>에 처음 등장한다. 중국에서는 이러한 온돌이 당시 그들에게는 없었기에 생소한 사항으로 <구당서>에서는 장갱-長坑 Zhang keng-으로 표현하고 있다. 그러나 ‘長坑’이라는 용어는 현대 중국어에서는 잘 쓰이지 않는 단어이다. 지금 중국에서는 불을 때는 구들이나 전통온돌을 강(炕 kang)이라고 한다. 그 이후 고려시대의 문헌에는 火坑, 溫房, 煖炕등으로 사용되었으며, 조선시대에는 坑, 堦, 煖堦등으로 표현되고 있다.<sup>3)</sup> 이와 같이 ‘온돌’은 ‘구들’이라는 말을 번역한 한자에서 출발 하였으나 중국과는 관련이 없는 역시 순수 우리말이다.<sup>4)</sup>

2.3 온돌의 구조에 따른 용어의 기원

온돌이라는 글자는 초기에는 돌 煖, 堦, 突로 쓰이다가 조선

\* 북경공업대학교 교수, 공학박사/법학박사,한옥구들문화원총합 건축사사무소대표건축사,(교신지자: kimjunebong@hanmail.net)

\*\* 북경공업대학 건축도시공학부 석사과정

1) 민중서림편집국, 『옛센스 국어사전』, 민중서림, 2006, 1725쪽.  
2) 김준봉, 문계남, 김정태, 『온돌문화 구들만들기』, 청흥, 2011, 14쪽  
3) 김준봉, 리신호, 오홍식, 『온돌 그 찬란한 구들문화』, 청흥, 2008, 72쪽.  
4) 네이버 사전에는 온돌은 ‘화기(火氣)가 방 밑을 통과하여 방을 덥히는 장치. 우리나라 및 중국 동북부에서 발달하였다.’ 고 기록하고 있다.

3) 최덕경, 온돌의 구조 및 보급과 생활문화에 끼친 영향, 농업사연구 제7권 2호, 농업사학회, 2008.12, p34

4) 溫突이란 단어는 세종실록 성종실록 구황촬요등에서 처음 출현되나 그 쓰임이 언제부터 었는지는 정확히 알 수 없다. 다만 우리말을 가져가 일본에서 쓰고 있고 영어로도 ondol로 쓰고 중국어로는 ‘溫突’이란 말은 쓰지 않고 있으며 전통온돌은 炕, 火炕으로 현대온돌은 地暖, 地熱등으로 따로 쓰고 있다.

성종 때 ‘溫突’이란 글자가 처음 출현한다.<sup>5)</sup>

온돌의 형태와 구조는 그 지역의 자연적 조건 및 그 지방의 건축재료와 생활 양식에 따라 그 여러 가지 구조상의 차이가 있다. 불을 때서 바닥을 데우는 기본적인 원리는 같기 때문에 불을 때는 아궁이와 불길의 지나가는 고래 개자리 등 기본의 구조는 대동소이하다. 현재 한반도와 만주지역에서 사용되고 있는 온돌의 구조를 참고로 하여 분류해 보면 불을 때는 곳인 아궁이와 불기를 보내고 저장하는 곳인 고래와 방바닥에 해당하는 곳, 그리고 마지막으로 식은 연기를 내보내는 굴뚝(연도)과 연기가 최후로 배출되는 구새<sup>6)</sup>가 있다. 이 전통온돌은 취사용과 난방용으로 나눌 수 있는데 취사와 난방을 구별하는 것이 온돌의 시원과 발전을 이해하는 핵심 요소 중에 하나이다. 그래서 기존의 신석기 시대인 온돌관련 선사 유적을 해석하는 기준도 이러한 용도에 따라 다른 기준에 근거하여 재해석 할 필요가 있다.

먼저 좌식과 입식을 나누어 보면 일반적으로 입식은 쪽구들-炕(kang), 火炕-인테, 이는 입식형으로 만들어 방의 일부 바닥을 따뜻하게 하는 시설로 하나의 공간을 난방 부분과 비난방부분을 나누고 걸터앉을 정도의 단차를 두어 공간을 형성한다. 이에 반하여 우리민족의 온돌은 통구들-전면온돌-로 하나의 공간을 모두 같은 높이로 하여 전체방바닥을 따뜻하게 하는 시설이다. 즉, 부분온돌- 방의 일부를 따뜻하게 하는 시설 -은 입식형이 아니고 좌식형일 경우로 현재 Kang(炕)과 동일하다. 그리고 적지-炙地(zhì` dì)-가 있는데, 이는 그냥 맨 땅바닥에 불을 피워 바닥을 따뜻하게 하는 시설<sup>7)</sup>로 원시형 초기의 온돌형태로 볼 수 있다. 화지-火地(huǒ dì)-는 땅을 파서 연기와 불기운이 지나가도록 하여 땅바닥을 데우는 시설로 적지에 비하여 발전된 원시 초기의 쪽구들로 Kang(炕)의 원형이라고 볼 수 있다. 장갱-長坑(cháng kēng)-은 쪽구들의 일종이고 입식형 온돌의 원형으로 Kang(炕)이란 중국어가 생기기 이전에 쓰인 용어이다. 반면에 화장-火牆, huǒ qiáng-은 벽체로 불기운이 지나가게하여 방을 따뜻하게하는 시설<sup>8)</sup>로 벽체를 따뜻하게 하는 벽난로의 원형으로 볼 수 있다.

결론적으로 전통온돌인 구들은 한 방을 동일한 평면으로 하여 좌식생활을 영위하는 통구들 방식의 전면온돌과 한 방을 단 차이가 있게 나누어 입식생활을 영위하는 부분온돌인 쪽구들-Kang(炕)-로 나눌 수 있다.

### 3. 온돌의 시원과 변천

기존의 학설처럼 단순하게 쪽구들에서 온통구들로 발전되었다고 설명하는 것은 현재까지도 만주지역에서 널리 사용되고 있는 쪽구들을 설명할 수 없고 이미 수경주나 경남하동의 칠불사 아자방에서처럼 사찰 등에서 오래전에 사용되었다는 사항들에 대한 설명이 어렵다. 따라서 입식생활여건이 계속된 지역에서는 원시로부터 현재까지 쪽구들이 발전되어 이어져 왔고 좌식생활을 주로 하는 한반도 지역에서는 온통구들이 원시로부터 지금까지 발전해왔다고 하는 것이 더 타당한 설명이 되겠다. 또한 온돌이 생겨서 좌식생활이 유리해진 것이 아니고 좁은 공간을 널리 활용하는 것이 좌식생활에 유리하기에 좌식생활을 유지하기위해 계속적으로 전면구들인 온돌이 발달되었다고 볼 수 있다. 따라서 좌식형을 위한 전면 온돌의 출현은 수경주의 기록과 서포항 집터를 원시적인 형태로 보고 춘천 중도유적과의 연관성을 생각하면 신석기시대 중기 정도인 B.C.3000년경으로 보아 지금으로부터 5000년전쯤에 생성된 것으로 보인다. 그리고 입식형을 위한 부분온돌인 쪽구들(중국의 炕)의 출현은 북옥저 지역 단결-크라우노프카 문화 유적, 사천 늑도유적을 연계하여 생각할 수 있어 지금으로부터 2300년 전 쯤으로 추정된다.

### 3. 결론

1. 온돌의 기원은 좌식형으로 방 전체를 난방하는 온통온돌과 입식형으로 방의 일부분을 난방하는 부분 온돌인 쪽구들 두 가지 기원으로 발달하였다.

2. 입식 온돌인 쪽구들은 고구려인의 부분 온돌로 입식형이고 입식생활을 하는 고려귀족시대까지 계속 되었다. 반면에 초가집과 같이 작은 집에서 사는 서민들은 농경과 좌식생활을 위주로 하기에 수경주의 기록과 아자방의 전승 같이 사찰 등에서와 평민들은 삼국시대에 이미 전면 온돌인 통구들을 널리 사용했으리라 추측된다.

4. 비록 최근 입식생활을 하는 한국인들에게도 온돌이 거의 유일한 난방방식으로 사용되어온 요인은 좌식생활양식과 탈취습관 질 좋고 편리한 온수바닥난방의 대량 보급과 온돌이 건강에 미치는 온열효과와 두한족열에 따른 쾌적한 주거환경, 청결한 주거생활이 지금까지 온돌을 유지하는 큰 요인이다.

### 참고문헌

1. 張馭寶, 『吉林民居』, 中國建築工業出版社, 1985
2. 송기호, 『한국 고대의 온돌』, 서울대학교 출판부, 2006
3. 김준봉, 방학봉등, 『국제온돌학회 심포지움 논문집』, 통권1-13, 2002-2014
4. 김준봉, 리신희등, 『International Journal of Ondol』, Vol 1-7, 2007-2014
5. 리화선, 『조선건축사(1)』, 과학백과사전종합출판사, 1989
6. 김준봉, 리신희공저, 『온돌 그 찬란한 구들 문화』, 청흥, 2006
7. 석호태외2인, 『온돌의 시대적 변천과 현황』, 공기조화냉동공학, 제42권,6호, 1995
8. 김준봉, 『중국 속 한국 전통민가, 청흥, 2005
9. 김준봉, 문재남, 김정태, 『온돌문화 구들만들기』, 청흥, 2011
10. 현규환(대원신지), 『구들 및 온돌의 위생학적 연구』, 만주의과대학 위생학교실 1945초판, 1988 한정복사판

- 5) 중국어로는 坑, 長坑, 炕, 火炕, 地暖, 地熱, 土炕, 熱炕라고 쓰는데 일반적으로 불을 때는 구들을 Kang(炕)이라하고 온수온돌이나 전기온돌등의 비교적 현대이 바닥난방을 띠난(dinuan, 地暖), 혹은 띠러(地熱,dile)라고 쓴다. 영어로는 온돌의 발음을 따라 ondol이라고 하거나 현대적 온수온돌이나 전기온돌은 일반적인 바닥난방을 의미하는 panel heating 이란 용어를 쓴다.
- 6) 구새는 원래 굴뚝과는 구별되는 단어로 수평으로 연기가 지나가도록 독으로 만든 것은 굴뚝(뚝)이고 수직으로 연기가 밖으로 배출되는 것은 구새이나, 남부지방에서는 수평으로가는 굴뚝이 별로 사용되지 않아서 구새라고 쓰지않고 그냥 굴뚝이라고 쓰고 있다. 함경도등 북한 지역에서는 굴뚝과 구새를 아직도 구분하여 쓴다.
- 7) 張馭寶, 吉林民居, 中國建築工業出版社, 1985,p10; 華陽, 東北地區古代火炕初探,北方文物, 2004-1, p42; 柏忱,火炕小考, 黑龍江文物叢刊, 1984-1, p98
- 8) 張馭寶, 吉林民居, 中國建築工業出版社, 1985,p10; 景愛龍,東北的火炕,學習與探索,1980-4

Abstract

The purpose of this study was to analyze the Korean traditional housing according to the typology of floor and to assess the environmental performance. The Korean traditional housings located in Chunbuk area are stereotyped considering floor composition, area and shape. And then I'm analyzing the environmental performance on the basis of eco-tect in detail. The results of this study were as follows; Korean traditional housing in Chunbuk can be classified roughly into three types according to floor's characteristic.

키워드 : 한옥, 평면도, 환경분석

Keywords : Korean Traditional Housing, The Typology of floor, Environmental Performance

1. 서 론

1.1 연구 목적

21세기인 현재 무분별한 개발로 인한 환경오염은 전 세계적인 문제가 되고 있으며 인류가 직면한 최대 현안 중의 하나이다. 이에 위기감을 느낀 많은 나라들은 기후 변화협약, 교토의정서 등 온실가스 감축 목표를 구체적으로 설정하고 다양한 환경오염 물질의 규제 및 친환경 기술 발전을 활발하게 진행하고 있다.

이렇듯 필연적으로 친환경 녹색건축에 대한 중요성이 부각되면서 우리나라의 대표적인 건축물인 한옥이 재조명되고 있다. 따라서 충북지역에 있는 한옥의 평면을 분석하고 유형화시켜 각각의 친환경성을 분석하여 신한옥에 적용할 수 있는 데이터를 구축하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 내용

충북지역과 한옥의 보편적인 특성을 조사한 뒤 대표적인 한옥 9채를 선정하였다. 후에 특정한 기준을 정해 분류한 뒤 유형화를 통해 3D 모형으로 유형화한다.

2. 충북지역 한옥의 유형화

2.1 충북지역 한옥 특성

본 연구에서는 조선시대와 그 이후에 지어진 9채의 한옥을 선정하였다. 본 연구는 한옥의 유형화 뿐 아니라 현대한옥의 데이터 구축이 필요하므로 현대시대에 근접한 시기에 지어진 한옥으로 선정하였다. 따라서 조선시대와 그 이후에 지어진 한옥을 중심으로 조사하였다.

2.2 한옥의 유형화

한옥의 유형화를 위해 안채와 사랑채의 실구성격과 면적에 대한 조사를 실시하였다. 유형1과 유형2를 나누는 기준은 안채의 형태로 ㄴ형인 것은 유형1, ㄷ형은 유형2로 분류했다.

3. 충북지역 한옥의 유형화 및 건축특성

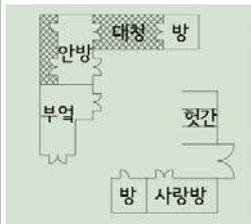
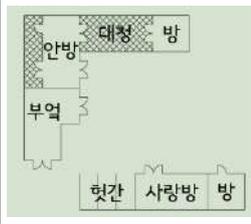
3.1 유형1 건축 특성

표1은 유형1의 한옥을 정리한 표이다. 5채의 가옥 중 60%가 안채와 사랑채로 40%가 안채, 사랑채, 아래채로 이루어져 있다. 아래의 표를 기준으로 안채와 사랑채에 분포하는 실별 빈도수를 수치화하였다.

유형1의 안채의 경우 부엌, 안방, 건넌방, 대청은 각각 100%로 조사대상 한옥에서 모두 나타났다. 아랫, 윗방과 골방은 5채의 한옥 중 2채, 즉 40%의 비율로 나타났다. 유형1의 사랑채는 사랑방, 헛간채가 80%의 비율 한옥에 위치하였고, 다음은 건넌방 60%, 행랑방, 문간방, 대청, 외양간, 부엌 40%, 마구간 20%로 나타났다.

위의 결과에 따라 안채에는 부엌, 안방, 건넌방, 대청이 사랑채에는 사랑방, 헛간채, 건넌방이 위치한다고 가정한다 뒤 각각의 면적 분포를 상대적으로 수치화하였다.

표 1. 3D 모델

	평면도	3D모형
유형1 -1형		
유형1 -2형		

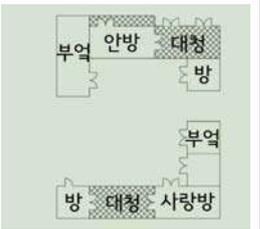
3.2 유형2 건축 특성

4채의 가옥 모두 안채와 사랑채로 이루어져 있다. 아래의 표를 기준으로 안채와 사랑채에 분포하는 실별 빈도수를 수치화하였다.

\* 충북대 대학 석사과정  
\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

유형2의 안채의 경우 부엌, 안방, 방, 대청은 각각 100%로 조사대상 한옥에서 모두 나타났다. 건넌방은 5채 중 1채에만 나타났는데 이는 방의 일부로 규모가 큰 경우에 추가적으로 생긴 방이다. 유형2의 사랑채는 사랑방, 부엌, 대청, 방이 4채 중 4채 모두 즉, 100%의 비율 한옥에 위치하였고, 곳간은 안채에서 방과 동일하게 규모가 큰 한옥에 설치된 것으로 보인다. 이를 토대로 유형2의 안채는 주로 부엌, 안방, 방, 대청으로 이루어져있다는 사실을 유추했고 사랑채의 경우 사랑방, 부엌, 대청, 방으로 이루어져있다는 것을 알 수 있다.

표 2. 3D 모델

	평면도	3D
유형2		

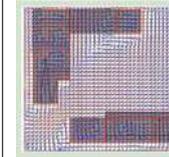
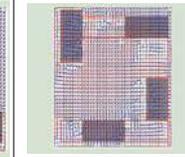
#### 4. 비교분석

유형화된 한옥을 에코텍 분석을 하여 각각을 비교하였다. 에코텍 조건은 대전지역 기후데이터를 적용하였고 충북지역의 주풍량은 남서풍으로 하였다. 평균 풍속은 여름의 평균 풍속인 2m/s로 적용하였다.

##### 4.1 기류분석

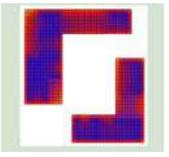
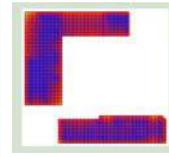
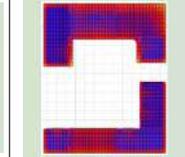
기류분석은 화살표를 통해 나타내었고 붉은색에 가까울수록 풍속이 강하다.

표 3. 기류분석

	유형1-1	유형1-2	유형2
에코텍			

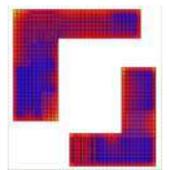
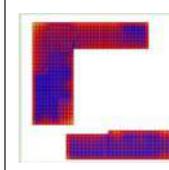
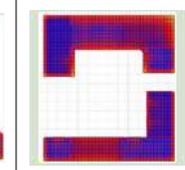
##### 4.2 하지 일사량 분석

표 4. 하지 일사량 분석

	유형1-1	유형1-2	유형2
에코텍			

#### 4.3 동지 일사량 분석

표 5. 동지 일사량 분석

	유형1-1	유형1-2	유형2
에코텍			

#### 5. 결 론

본 연구에선 충청북도 전통건축물 중 조선시대 혹은 그 후에 지어진 대표적인 건물 9채를 지정하여 평면도의 특성을 분석하여 3가지로 유형화 하였다. 그 후 유형화된 건물의 친환경성을 연구하여 장단점을 비교분석하였다.

충북 지역의 전통 건축에서 안채의 형태가 ㄱ형태인 경우와 ㄷ형태인 경우가 많아 이를 기준으로 실을 구성하고 면적 비율의 평균치를 계산하여 평면도를 구체화시켰다. 그 결과 전형적인 중부지방의 한옥과 비슷한 구조가 나왔으며 ㄷ자형 배치를 띄는 것을 알 수 있었다. 크게 안채와 사랑채로 이루어져 있으며 실의 구성은 안방, 대청, 방, 부엌으로 구성되어 규모가 작았다. 한옥의 친환경적 특성인 처마, 마당, 바람길 등이 있지만, 평면도를 기준으로 친환경성을 평가했기 때문에 내부에 직접적인 영향을 주는 기류와 일사량분석으로 범위를 정한 후 진행하였다. 그 결과 유형화된 건물을 친환경적으로 분석한 결과 한옥의 친환경성이 생각만큼 뛰어나지 않다는 사실을 파악할 수 있었다. 동기의 경우 난방효과가 부족한 단점이 있었고 대청으로 바람의 유입이 쉬워 열기를 쉽게 빼앗길 수 있는 단점이 있었지만 하지는 바람이 잘 통하고 자연 냉방이 원활하게 이루어졌다.

본 연구에는 충북지역은 중부지방의 한옥형태를 많이 가지고 있으며 실 구성은 대체로 단조로웠다. 또한 친환경성부분에선 동지보다 하지에 경제적이었고 안채의 경우 유형1-1가, 사랑채의 경우 유형2가 비교적 친환경적인 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 이광노, (2012), 「남부농촌주택」, 교보문고
2. 조건환, (2008), 「한옥 전통에서 현대로」, 주택문화사
3. 한옥공간연구회, (2004), 「한옥의 공간문화」, 교문사
4. 신광청, (2011), 「도면으로 보는 한옥 설계집」, 한문화사
5. 박동소 외 1명, (2013), 한옥의 건축요소 솔리드 모델링을 통한 열환경 평가에 관한 연구, 한국산학기술학회논문지. 14(2)
6. 민세림, 김태영, (2011), 청주 도시한옥 주공간의 변용에 나타난 지속적 요소에 관한 연구, 한국주거학회 논문집, 22(5)
7. 조중근, (2007), 충북지역 전통주거의 입지 및 배치계획에 적용된 양택론 분석, 대한건축학회연합논문집, v.09 n.02 (통권30호)
8. 한중훈, (2013), 친환경성 및 패시브 디자인 특성을 중심으로 한 도심형 한옥에 관한 연구, 석사학위논문, 인천대학교

# 서울 성곽의 건축적 가능성과 주변 도시적 문맥의 관계성을 통한 성곽의 경계 공간 활용 계획 연구

A Study of Boundary Space Utilization Plan through Architectural Possibility of Seoul Fortress and Adjacent Urban Contextual Relationship

○신 학 주\* 이 진 석\*\*  
Shin, Hak-Ju Lee, Jin-Seok

## Abstract

This study identified the downtown historic No. 10, Seoul Fortress' nature of cultural property which is situated in Seoul, and after this I know the current status can be fused with view of Seoul city in terms of preservation and conservation, and also the history of modern Try to plan the restoration of the Cultural Property can coexist Seoul castle, seen from the architectural point of view to the project.

키워드 : 서울성곽, 경계성, 관계성

Keywords : Seoul Fortress, Boundary Space, Relationship

## 1. 서론

근대에 서울 성곽은 보존되고 보호되어지는 문화재가 아닌 도심지와 자연의 방치 되어진 하나의 경계로써의 구조물에 불과하였다.

서울 성곽 복원 사업은 유실되기 시작한 1907년부터의 모습을 다시 만들고자 하면서 시작되어지고 있고 1907년부터 2010년의 역사와 흔적들은 무시한 채, 단순히 과거에 대한 형태 복원에 집착하고 있다. 어쩌면 이러한 현상은 '복원'이라는 의미가 아닌 '복제'의 뜻을 품고 있는 건 아닌지 생각해 봐야 한다.

본 연구는 서울의 도심지에 문화재로 자리 잡고 있는 사적 제 10호인 '서울 성곽' 성격을 파악하고, 현황을 알아본 뒤 보존과 보전의 관점에서 서울 도시의 모습과 융합될 수 있고 근대의 역사도 함께 공존 할 수 있는 '서울 성곽'의 문화재 복원을 건축적 관점에서 바라본 프로젝트로 계획해 본다.

## 2. 연구의 구체적 배경 및 대상지 선정

### 2.1 서울 성곽 현황

서울 성곽은 강북에 위치하고 있으며, 잔존 도성구간과 미복원 구간을 포함하여 서울 성곽이라고 부르고 있으며, 8개 지구로 분류하고 있다.

### 2.2 계획 지구 선정 및 비교

장충지구 위치 : 서울시 중구 다산동

대상지 선정 조건 : 서울 성곽 8개 지구 중 성곽의 형태적 보존으로, 도심지에서 경계성을 갖는 구간

장충지구는 장충체육관, 신라호텔 등의 독립적인 성격의 프로그램들과 주거 밀집지역이 성곽의 경계로 인해서 나뉘어 있는 지역적 특징을 갖는다.

성곽이 보존되어 있는 구간에서 나타나는 성격을 비교하기 위해서 위성사진을 비교, 분석하고자 한다. 성곽이 온전하게 남아있는 청운지구, 삼청지구, 장충지구 총 3개의 지구를 비교하였다.

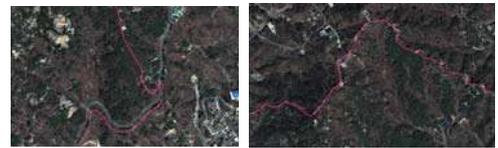


그림 1. 청운지구, 삼청지구 성곽 위성사진

청운지구와 삼청지구는 산등선에 따라서 성곽이 남아 있기 때문에 도심지와 관계성은 크게 중요하지 않으며 정비하여 탐방로로써의 제안을 하고 있다.



그림 2. 장충지구 위성사진

하지만 장충지구의 경우 위와 달리 도심지에 존재하여 폐쇄적인 축으로써 남겨져 있으며, 안과 밖의 성격이 상이하게 다르다.

## 3. 계획 지구의 경계에 대한 분석

### 3.1 설계 계획 지구 분석

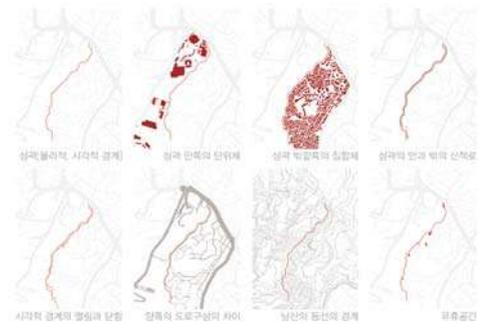


그림 3. 장충지구 성곽의 경계성에 따른 대상지 분석

장충지구는 성곽을 따라 안(단위체)과 밖(집합체)은 건축물의 배치를 바라봤을 때 확연한 차이를 보인다. 이는 남산의 등선을 따른 지형이기 때문에 성곽의 보존이 가능했으며, 경계성으로 인한 이질감을 나타내고 있는 것으로 보인다.

\* 디자인그룹급성 건축사사무소

\*\* 한국교통대 건축학과 조교수

(교신저자 : archilee@ut.ac.kr)

### 3.2 설계 계획 대상지 및 성곽과의 관계성 분석



그림 4. 성곽 밖의 사용하지 못하는 주거 공간

설계 계획 대상지로서 제안하고자 하는 장소는 유휴공간으로써 사용하지 못하는 공간을 활용하여 제안하고자 한다. 이는 성곽 밖의 구간만을 제안하고자 하는 것이 아니라 성곽 밖의 한정된 공간 중에 유휴공간을 선정하고 성곽과의 관계성과 건축적 장치 제안의 타당성을 분석하여 점진적인 변화를 제안한다.

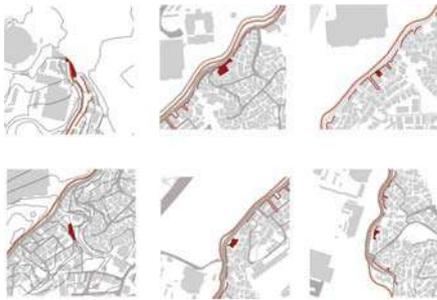


그림 5. 설계계획 대상지와 성곽의 관계성

각각의 유휴공간들이 성곽과 어떠한 관계성을 갖는지에 대해서 분석하기 위해서 필요한 요소와 오버랩하여 제시될 수 있는 가능성을 검토하였다.

- 성곽의 연결이 끊어진 장충구간의 시작 부분으로 끊어진 부분의 연결성을 제안
- 시각적 열림을 극대화 하여 시각적 공유의 가능성을 제안
- 공간으로써 주민들의 커뮤니티 공간(성곽과의 관계성을 갖는)으로 제안
- 끊어진 물리적인 환경(도로)을 시각적인 연계성으로 극복할 수 있는 가능성을 제안
- 성곽 안쪽의 유휴공간으로 인해서 연결성을 제안

### 4. 설계목표 및 개념 설정

#### 4.1 설계 목표



그림 6. 설계계획 컨셉 도식화

설계계획 대상지인 장충지구에서 나타나는 성곽의 경계성을 도시의 폐쇄적 축으로써 형태적 보존을 하는 것이 아니라 성곽이라는 공간을 도시에서 중심적인 공간으로 제안될 수 있도록 설계 목표를 제안한다. 이는 장충지구가 갖는 시각적 열림과 닫힘, 프로그램의 확장성을 통해서 제안된다.

### 5. 계획안 제시

#### 5.1 계획안

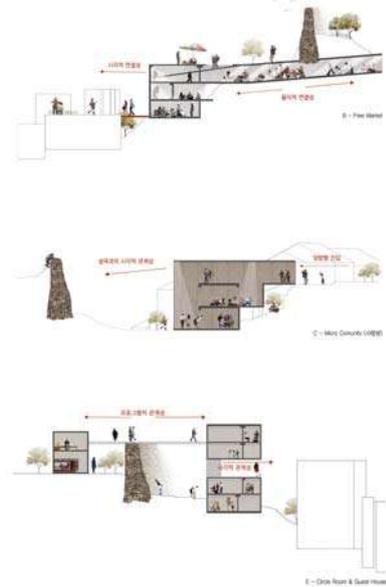


그림 7. 계획안 단면도

각각의 제안되는 프로그램과 공간에 따른 성격을 제안한다. 각각의 공간은 성곽과의 시각적 물리적인 연계성을 갖게 되고, 지역주민을 위한 프로그램, 관광객을 위한 프로그램이 제안된다.

#### 5.2 결론

본 연구는 서울의 도심지에 방치되어있는 서울 성곽과 성곽을 단순 복원해야 하는 문화제가 아닌 성곽이 갖는 경계성을 극복하고 공간적으로 자리 잡은 곳과 연계될 수 있는 건축적 장치를 통해서 서울 성곽을 보존과 보전의 관점으로 제안하였다.

최종적으로 제안된 장충지구 Urban Planning은 6개의 유휴공간을 통해서 성곽 안과 밖의 연계성 그리고 성곽과의 관계성을 통한 프로그램으로 제안되었다. 이는 단순히 프로그램의 삽입으로 이루어지는 것이 아니라 공간구조 또한 성곽과 연계성을 갖는다.

성곽과 지역이 갖는 가능성을 유지하고 물리적, 시각적 경계성을 완화함으로써 새로운 관계성을 갖게 된다. 최종적으로 성곽이 단순히 형태적으로 보존되는 것이 아니라 도시의 중심공간으로 연계되어 지역 그리고 사람들과 함께 보존되는 공간으로써의 제안이다.

개별적 건축적 장치는 작은 필지를 유지하지만 장충지구가 갖는 주변 상황을 존중하며 서울 성곽을 보존과 보전의 관점으로써 큰 가능성을 갖는다.

#### 참고문헌

1. 문화재청, 서울성곽 보존관리 및 활용 계획(숙정문 개방 및 서울성곽 복원 추진), 2005
2. 김광현, 建築과 構築, 1999
3. 최시영, 서울 성곽복원을 건축적 관점으로 재해석, 2011
4. 백광익, 도심 내 역사공간과의 통합 커뮤니티시설 복합화 계획에 관한 연구, 2008

# 한문화 국·공립 및 민간시설 현황 분석

Analysis of the status of national, public and private Korea cultural facilities

○방 세 라\* 김 옥 규\*\* 최 유 중\*\*\* 김 기 수\*\*\*\* 강 수 민\*\*\*\*\*  
Bang, Se-Ra Kim, Ok-kyue Choi, Yu-Jong Kim, Gi-Su Kang, Su-Min

## Abstract

In this study, the status of existing Korea cultural facilities which were constructed to activate the Korea traditional culture was analyzed. According to the analysis result, these Korea cultural facilities can be classified through cultural factors. And they have considerable differences according to the regional factors and their purpose of use.

키워드 : 한문화, 한문화 시설

Keywords : Korean culture, Korea cultural facilities

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

최근 화제가 되고 있는 K-Culture는 드라마, 가요 등 대중문화를 시작으로 음식, 예술, 한글 등의 한국문화(이하 한문화)로 그 의미가 확장되고 있다. 이에 따라 한문화는 전통과 현대 문화의 융화를 통해 세계문화에 적합한 모습으로 창조하고자 한다.

‘한문화’는 ①국·내외적으로 고유성과 보존성을 강화하는 부분과 ②재해석 및 재생산되는 부분, ③국제교류를 넘어 외연을 확장해 가는 부분으로 구분할 수 있다. 그 중 전통문화와 문화유산 등 한문화 시설의 활성화를 위한 사업들이 진행되어 왔으나, 실제 ②재해석 및 재생산되는 측면에서 약세를 보이며 관련 시설들의 간접적, 소극적인 운영·접근으로 한계를 내포하고 있다.

따라서 한문화와 관련한 기존 시설들의 현황을 조사·분석하여 앞으로 나아갈 K-Culture에 한문화 시설들이 접목가능 할 수 있도록 하고자 한다.

## 2. 문헌고찰

### 2.1 한문화 이론

‘한문화’는 학술적이나 제도적으로 한정된 개념이 아닌 관점에 따라 다양한 정의로 사용되고 있다. 주로 전통문화를 의미하며, 공간적 또는 민족적으로 문화를 한정하여 사용하는 경우가 많다.

최근 확장된 한문화의 개념은 K-Style(Korean style)과 K-Culture(Korean culture) 등 전통문화에서 한류의 대중문화의 의미까지 다양한 요소에서 포괄적으로 ‘한국문화’와 혼용되어 사용하고 있다.

한문화에 확장된 개념 중 한스타일 이라고 불리우는

‘K-Style’은 우리의 고유문화인 한글, 한식, 한옥, 한지, 한국 음악을 브랜드화하여 우리의 고유성과 세계적 보편성을 갖는 콘텐츠를 육성하기 위한 사업에서 비롯되었다. 이 사업은 국내외에서 행사 등을 개최하여 K-Style의 브랜드를 통해 국가이미지를 높이고 경제적 부가가치를 창출할 수 있는 가능성을 확인 할 수 있었다.

‘K-Culture’는 드라마, 가요 등이 촉발된 한류에서 한국문화의 전 범위로 확장되어 가고 있는 한국문화의 브랜드를 의미하며 한스타일의 창조적 현대화를 의미하기도 한다. 즉, 한문화의 현대적·미래지향적 가치 발굴에 발전적 개념화가 필요하지만, 현재 기준에 사용된 ‘한국 고유문화’, ‘민족문화’의 지역적 특성이 부재한 문화로 파악되어 세계적인 보편성의 조화보다 고유성에만 집중되고 있는 문제점을 보이고 있다.

### 2.2 한문화의 구성 요소

한문화 이론을 근거로 한문화의 구성요소는 가치 보편적 해석을 통해 현대문화와의 접점을 형성한 광의의 의미를 가져야 한다. 본 연구에서는 문화체육관광부에서 제안한 전통 요소 기준을 참고하여 발전적 개념을 도입한 시설을 조사하고자 한다.

표 1. 전통문화의 핵심 요소

	한국의 열	한국의 멋	한국의 맛	한국의 흥	한국의 정	한국의 인물
전통 문화	선비, 종교문화 등	전통문양, 건축, 한복 등	전통음식, 전통주 등	전통연회, 국악 등	두레, 품앗이 등	백남준 등 세계적 인물

### 2.3 연구 흐름

본 연구의 흐름은 다음과 같다. 한문화와 관련한 기존 시설들의 운용현황을 통해 한문화의 발전적 개념과 적합 가능성을 조사하여 선정된 시설을 분석하고자 한다.

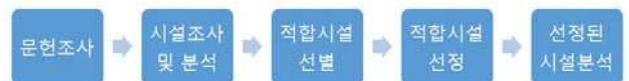


그림 1. 연구조사 흐름도

\* 충북대 대학원 석사과정  
\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\* 충북대 건축학과 교수  
\*\*\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\*\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

### 3. 기존 한문화 시설 조사 및 분석

#### 3.1 시설 조사

문헌조사와 인터넷을 통해 기존 국·공립 및 민간시설물의 현황과 위치 등을 조사하였으며, 필요에 따라 시설물 관리자와 접견하여 답사 진행을 통해 시설의 운용실태를 조사하였다.

한문화 관련 시설은 다음과 같은 분포를 보이며, 문화요소에 따라 중복되어 분류된 시설을 제외한 총 시설 수는 278개소로 조사되었다.

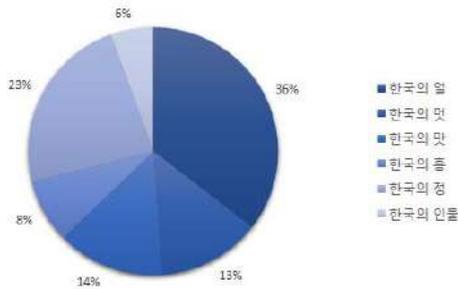


그림 2. 한문화 요소별 관련 시설 분포 그래프

#### 3.2 시설 선별

조사된 시설은 ①광의적 의미로써의 한문화의 정체성과 ②앞으로의 운영·활용성, ③지속적인 문화의 재생산을 위한 수익성과 투자방향 측면으로 평가하였다.

평가는 전문가자문회의를 통해 내용을 검토하고, 연구진 내부평가에 의해 주관평가를 실시하여 점수를 통해 적절성을 평가하였다.

#### 3.3 시설 선정

시설 선별·평가에 평가점수를 도입하여 시설별로 매우 적합(5)~매우부적합(1) 점수를 합산하고 일정 평균점수에 따라 적합성 여부를 판단하였다.

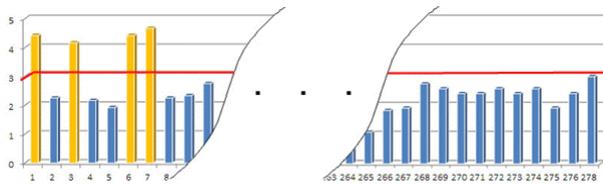


그림 3. 한문화 시설 평가점수 예시

평가점수가 평균 3점 이상의 적합 시설물은 19개로 선정되었으며 분야의 분포는 다음과 같다.

한국의 얼	한국의 멋	한국의 맛	한국의 흥	한국의 정
<ul style="list-style-type: none"> <li>박물관(2)</li> <li>테마공원(1)</li> <li>학교(1)</li> <li>기관단체(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관광 및 숙박(2)</li> <li>제조소(1)</li> <li>기관단체(1)</li> <li>근린공원(1)</li> <li>서원(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>숙박(1)</li> <li>현정식(2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공공사회기관(1)</li> <li>공연장(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학교(2)</li> </ul>

그림 4. 최종 선정된 시설

### 3.4 시설 분석

#### 1) 면적별 특성 분석

한식당과 같은 시설은 연면적이 약 204~271㎡로 단가가 높은 음식을 취급하는 고급이미지를 부각시켜 대형화하지 않은 것이 특징이며, 대부분 사대부 가옥 등의 한옥 형태를 따라 한국적인 모습으로 각인시킨다.

체험시설과 학교 같은 경우는 관련 프로그램들을 운영하여 창작, 체험 활동 외에 전시공간 등이 포함된 연면적이 약 152~41000㎡ 등 넓은 장소를 필요로 한다.

관광 및 숙박시설의 경우 대부분이 테마파크의 형태로 설립되었으며 지역활성화를 목적으로 하여 집객되는 관광객의 수에 따라 크기나 시설도 확장되어 많은 부지가 필요하다. 뿐만 아니라 숙박의 경우는 회전율이 낮고 초기투자비용이 크다는 단점이 있다. 따라서 평균적으로 약 1900~13000㎡의 연면적을 가진다.

#### 2) 지역별 특성 분석

선정된 시설물을 지역적 특성은 수도권과 지방으로 분류할 수 있다. 선정된 시설의 대부분이 수도권에 있는 것을 확인 할 수 있으며, 시설을 활용하는 외국인을 포함한 인구 및 연령층이 다양하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 시설들이 지역의 부동산값 등이 반영되어 단일시설로 분포하고 있으며, 교통수단의 편의상 밀집된 형태로 분포되어 있지 않은 것이 특징이다.

지방에 분포한 시설은 대부분 종합시설로 지역활성화를 위한 문화벨트 구성에 포함되어 있다. 이용객이 대부분 여행의 목적이 강하므로 숙박이 가능하도록 부대시설이 구비되어 있었으며, ‘한국적인 아이템’을 기획하여 외국인 등의 관심을 유도하여 관광객을 다양화하는데 노력하고 있다. 그밖에 특징으로 시설에 지역의 먹거리 등을 아이টে으로 도입하여 홍보효과를 보고 있는 것으로 파악되고 있다.

### 4. 결 론

기존에 한문화 시설은 확장된 한문화의 개념과 발전하여 세계화될 필요가 있다. 현재의 ‘한문화’를 요소별로 시설을 분류하여 정체성, 운영·활용성, 문화의 재생산을 위한 수익성과 투자방향 측면서 평가한 결과, 미래지향적이며 추후 한국적인 시설로 대표 될 수 있는 적합한 시설들은 각자의 성향에 따라 필요 연면적이 평균화 되어 있었으며, 지역적으로 시설의 특징이 반영되어 있음을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 한문화 시설에 대한 의식조사를 통해 기존 시설 분석을 근거로하여 한국의 이미지 등을 평가할 수 있는 방안에 대해 모색할 예정이다.

#### 참고문헌

- 문화관광체육부, 전통문화의 창조적 발전전략, 2012
- 충북대학교, 행복도시 한문화단지 조성 기본계획 보고서, 2014

■ 학술발표

# 제 2 분과

## (건축구조)

진행위원 : 강수민(충북대학교 교수), 연구원(JW구조기술사사무소)



# 내력향상이 가능한 매립형 차음보강재로 보강된 RC 슬래브의 구조적 거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Structural Behavior of Strengthen Reinforced Concrete Beam Using Reclaimed-Type Noise-Blocking Materials which can Improve its Endurance

○양 희 식\*      차 창 규\*\*      허 승 웅\*\*\*      김 성 수\*\*\*\*      윤 승 조\*\*\*\*\*  
Yang, Hee Sik    Cha, Chang Kyu    Ho, Seung Woung    Kim, Seong-Soo    Yoon, Seung-Joe

## Abstract

In this study, at the construction site of a framed apartment a floor impact sound test was performed according to Korean Standards (KS) and a resisting capability evaluation was performed with 6 reinforced concrete slab specimens made for the test. Specifically, the failure mode, ductility and rigidity were checked. As a result of the experiment, a value measured using low-frequency source was higher-frequency than a value measured using standard light impact source, and the method is thought to be effective for sound insulation.

키워드 : 차음보강재, 매립형, 구조적거동

Keywords : Noise-Blocking Materials, Reclaimed-Type, Structural Behavior

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

1980년대에 이르러 벽식구조 아파트들이 대량 건설되며 이후 1990년대 후반의 초고층 아파트 및 주상복합 건축물의 등장 이전까지 국내 공동주택의 주요 구조형식은 벽식구조로 이루어져왔다. 20년이 지난 벽식구조 아파트들은 점차 기능과 공간뿐만 아니라 구조적인 노후화가 시작되었다. 건축물의 노후화에 따라 사회적으로 많은 문제점이 발생되고 있다. 본 연구에서는 건축물의 리모델링시 내력성능 확보를 위한 보강공사와 차음·진동에 관련된 차음공사를 일원화 할 수 있는 내력향상이 가능한 매립형 차음보강 공법의 기술개발을 최종목적으로 하고 있다.

## 2. 실험

### 2.1 보강방법

보강과정은 「(a) 표면 그라인딩 ⇒ (b) 프라이머 도포 ⇒ (c) 에폭시 퍼티 처리 ⇒ (d) 에폭시 수지를 이용한 차음재(재생고무판) 부착 ⇒ (e) 앵커볼트를 이용한 와이어매쉬와 고무판 접착 ⇒ (f) 몰탈 처리」 순서로 진행되었다. 차음재(재생고무판)를 모재와의 부착성능을 향상시키기 위하여, 정사각형(500×500mm)으로 200mm 간격으로 구멍을 만들어 차음재에 에폭시로 부착하였으며 와이어매쉬, 차음재와 모재와의 부착을 위한 시공은 앵커볼트를 모재에 200mm 구멍을 낸 후 차음재와 와이어매쉬를 일체화시키는 부착 시공을 하였다. 20MPa의 압축강도를

갖는 내화 몰탈을 활용하여 모재, 차음재와 와이어매쉬의 부착성능을 향상을 위하여 마감처리를 하였다. 표 1과 표 2는 사용된 재료의 역력학적 성질을 나타냈다.

표 1. 내력향상이 가능한 매립형 차음보강재의 역학적 성질

재료명	두께 (mm)	직경 (mm)	인장 탄성계수 (GPa)	인장강도 (MPa)
재생고무판	3.8	-	-	10.2
와이어매쉬	-	3.8	-	24
와이어매쉬	-	4.2	-	32
몰탈	압축강도 21 MPa			

표 2. 섬유시트의 역학적 성질

섬유 시트	두께 (mm)	폭 (mm)	인장 탄성계수 (GPa)	인장강도 (MPa)
SK-A280 (아라미드)	0.194	300	110	2,060
SK-N200 (탄소)	0.111	500	120	5,100
*섬유시트용 접착제(SK): 인장강도 30MPa, 압축강도 70MPa				

### 2.2 실험체

표 3에 실험체 일람표를 나타내었다. 1방향 철근콘크리트 슬래브의 축소모델로서 실험체의 설계는 건설교통부의 “콘크리트구조 설계기준”에서 규정하고 있는 강도설계법을 적용하였다. 실험체 길이는 2500mm, 단면은 500mm × 150mm(B × D)이고 철근비는 최대철근비( $\rho_{max} = 0.0314$ )의 56%인 0.0176으로 하였다. 와이어매쉬로 보강된 실험체의 경우 전체 철근비( $\rho_{max} = 0.0224$ )가 최대철근비를 초과하지 않도록 하기 위함이다. 인장철근은 5-D16이며 압축철근은 5-D10, 배력철근은 26-D10을 사용하여 2단 배근형식으로 모든 실험체를 제작하였다.

\* 한국교통대학교 건축공학과 학부과정 4학년 재학  
\*\* 한국교통대학교 대학원 석사과정  
\*\*\* 한국교통대학교 친환경구조·재료연구실 연구원  
\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수  
\*\*\*\*\* 한국교통대학교 건축공학과 교수  
이 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연협력 기술개발사업(No. 과제번호C01386250100405464)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

표 3. 실험체 일람표

No	실험체 명	와이어매쉬 직경 (mm)	차음재 두께 (mm)	보강 형태
1	S-None	-	-	밀면
2	S-W3.3-G2.4	3.3	2.4	
3	S-W3.3-G3.2	3.3	3.2	
4	S-W3.3-G4.8	3.3	4.8	
5	S-C	-	-	
6	S-A	-	-	

주) S: 철근콘크리트 슬래브, None: 무보강, W: 와이어매쉬 직경, G: 차음재(재생고무판, A: 아라미드 섬유시트, C: 카본 섬유시트

### 3. 실험결과

#### 3.1 충격음 실험결과

그림 1에 표준 중량 충격원에 의한 역 A특성 바닥충격음 레벨을 주파수에 따른 변화를 나타냈다. 최대 음압레벨과 배경 소음레벨의 차이가 6dB 이하면 측정결과를 사용하지 않고 재반복 실험을 실시하여 얻은 측정값을 적용하였으며 측정값에서 잔향시간을 보정한 값을 의미한다. 그리고 이동된 역A특성 기준곡선 값은 KS F 2863-2의 기준식에 의해 산정하였다. 표준 중량 충격원에 의한 역 A특성 바닥충격음 레벨에서 무보강된 18층보다 17층의 경우는 4dB 감소되었고 16층의 경우 7.4dB~12.3dB 감소되는 양상을 보였다. 그리고 저주파수는 고주파수에 비하여 상대적으로 높은 측정 값을 나타냈다.

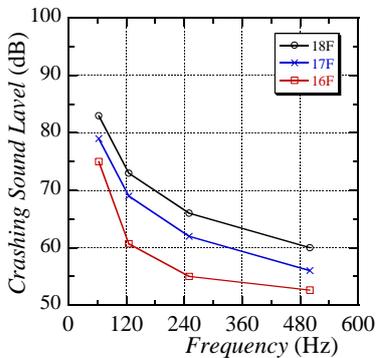


그림 1. 역 A특성 (중량 충격원)

#### 3.2 내력성능 결과

실험체의 하중-변위 곡선을 그림 2에 나타냈다. 그림 2에서 무보강된 실험체 S-None에 비하여 탄소섬유로 보강된 S-C는 1.49배, 아라미드섬유로 보강된 실험체 S-A는 1.69배 높은 최대강도를 나타냈다. 내력향상이 가능한 매립형 차음공법으로 보강된 실험체 S-W3.3-G2.4, S-W3.3-G3.2와 S-W3.3-G4.8는 무보강된 실험체 S-None보다 각각 1.12배, 1.30배, 1.38배 향상된 최대강도를 나타냈다. 매립형 차음공법으로 보강된 실험체는 아라미드섬유시트로 보강된 실험체보다는 19%~24% 낮은 최대강도를 나타냈다. 그리고 차음재는 내력향상에 영향을

미치지 못할 것으로 예상하였지만 차음재의 두께에 따른 최대강도의 변화는 최대 20% 내외의 내력증가가 있었다. 이것은 차음재두께에 따라 구멍에 유입되는 마감물질 양이 증가하여 실험체 표면과 와이어매쉬와의 부착응력이 증가된 것으로 사료된다.

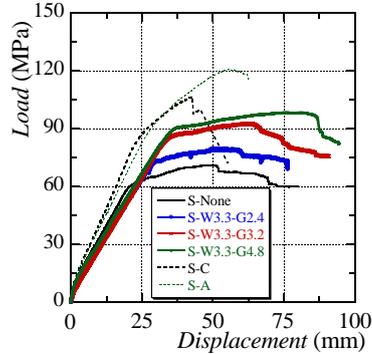


그림 2. 하중-변위곡선(W = 3.3mm)

### 4. 결 론

본 연구에서는 내력향상이 가능한 매립형 차음보강공법을 활용하여 골조공사가 마감된 아파트 현장에서 KS에 의한 바닥충격음 실험을 실시하고 건축구조물의 바닥충격음 부재인 철근콘크리트 슬래브 실험체 6개를 제작하여 내력성능평가를 실시하여 파괴양상, 연성 및 강성 평가한 결과를 아래에 나타냈다.

1) 표준 중량 충격원에 의한 역 A특성 바닥충격음 레벨에서 무보강된 18층보다 17층의 경우는 4dB 감소되었고 16층의 경우 7.4dB~12.3dB 감소되는 양상을 보였다. 이 결과로부터 본 보강공법은 경량음 충격원에 의한 측정값보다 중량음 충격원에 높은 차음효과를 보이고 있으며 본 공법은 차음효과에 유효하다고 판단된다.

2) 내력향상이 가능한 매립형 차음공법으로 보강된 실험체 S-W3.3-G2.4, S-W3.3-G3.2와 S-W3.3-G4.8는 무보강된 실험체 S-None보다 각각 1.11배, 1.3배, 1.38배 향상된 최대강도를 나타냈다. 이것으로부터 본 공법은 내력향상에 유효한 공법으로 판단된다.

본 실험을 통하여 내력향상이 가능한 매립형 차음공법은 유효한 효과가 있다고 판단되지만 높은 성능향상을 위하여 차후 보강재료에 관한 실험개발이 필요하다고 사료된다.

### 참고문헌

- 이현호, 구은숙, "아라미드 섬유시트로 휨보강한 RC보의 강동 성능 및 변형성능에 관한 고찰", 한국콘크리트학회 제10권 5호 1998. 10, p.151~158.
- 주문기, 오양기, "공동주택 세대간 차음성능에 관한 연구", 한국생태환경건축학회논문집, 2010. 06
- Blume, J. A., Newmark, M. M., and Corning L. H., "Design of Multi-Story Reinforced Concrete Building for Earthquake Motions.", Portland Cement Assn. 1961.

# 석탑의 탑신부 높이 변화에 따른 동적거동분석

Dynamic Behavior Analysis according to Height Variation of Stone Pagoda

○김 정 환\* 정 희 범\* 김 호 수\*\*  
Kim, Jung-Hwan Jeoung, Hee-Bum Kim, Ho-Soo

## Abstract

We need the reasonable method for the seismic analysis of stone pagoda with the discontinuum characteristics. Also, the construction type has much influence on the seismic behavior of stone pagoda. So, this study considers the seismic modelling and analysis to check the dynamic behavior of stone pagoda according to height variation.

키워드 : 석탑, 탑신부 높이 변화, 동적거동분석

Keywords : Stone Pagoda, Height Variation, Dynamic Behavior Analysis

## 1. 서 론

최근 우리나라도 지진발생빈도가 증가하고 있으며 이에 따라 구조물 및 문화재의 피해 발생 또한 증가하고 있다. 특히 석조문화재 같은 경우, 구조 특성상 지진과 같은 횡력에 취약하여 쉽게 훼손이 일어날 수 있기 때문에 석조문화재의 내진성능 확보 및 평가방안에 대한 연구가 필요한 실정이다. 하지만 석조구조물의 경우 일반구조물과 다른 불연속체 특징을 가지고 있기 때문에 이를 고려한 합리적인 내진성능 평가방안이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 석탑구조물의 내진성능을 평가하기 위해 탑신부 높이에 따른 형상비의 변화를 고려하여 예제모델을 설정하였으며 Hachinohe 재현주기의 지진하중을 적용하여 동적해석을 수행하고 이를 통해 탑신부 높이 변화에 따른 석탑구조물의 동적거동특성을 분석하고자 한다.

## 2. 주요설계변수 설정

석탑구조물은 우리나라에 현존하는 석조문화재 가운데 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 현재에도 전국에 많이 남아 있다. 그 중에서 우리나라 석탑양식을 대표하며 원형이 잘 보존되어 있는 불국사 3층 석탑을 바탕으로 모델링을 수행하였으며 주요설계변수로는 탑신부의 높이 및 옥개석의 분할여부로 설정하였다.

표 1. 구조해석을 위한 주요설계변수

층수	부재분할	탑신부 높이(mm)	형상비
3층	옥개석 분할 유무	6000, 7000, 8000	1.34, 1.50, 1.66

## 3. 지진하중 생성

내진성능목표에 따른 석탑구조물의 내진성능을 평가하기 위해 SHAKE 프로그램<sup>1)</sup>에 Hachinohe의 지진데이터를 적용하여 지표면에 작용하는 지진데이터를 생성한다. SHAKE 프로그램을 이용한 지진하중 생성을 위해서는 그림 1과 같은 산정절차를 거치며 표 2와 같이 지진하중의 결정, 지반의 층 구분 및 지반조건의 설정으로 구분된다.

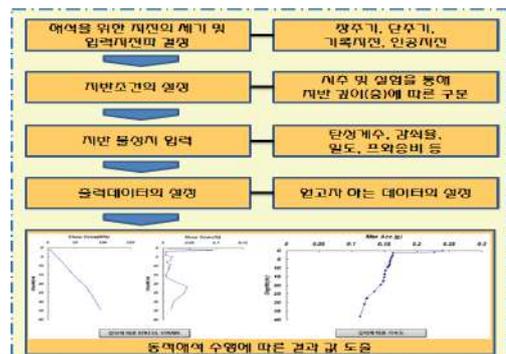


그림 1. 지진하중 생성 방안

표 2. 지진하중 생성을 위한 SHAKE 입력데이터

항목	특징	입력데이터
지진하중의 결정	장주기, 단주기, 기록지진, 인공지진	지진파의 데이터 개수, 최대지반 가속도
지반의 층 구분	시추 및 실험을 통한 구분, 전단파 주상도 참고	매립토, 퇴적토, 붕적토, 풍화암, 연암
지반조건의 설정	층의 구분에 따른 지반조건의 설정	층의 두께, 감쇠율, 전단파 속도, 밀도

## 4. 구조모형화 및 구조해석

### 4.1 구조모형화 방안

석조구조물은 일반구조물과 달리 불연속체 구조물로서 부재와 부재가 만나는 접촉면의 역학적 특성을 반영하는

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정  
(교신저자 : homuncule@daum.net)

\*\* 청주대학교 건축공학과 교수

것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 불연속체 모델을 이용한 해석법중 하나인 개별요소법을 이용하고자한다. 개별요소법은 유한요소법과는 달리 각각의 블록과 블록 사이의 절리면으로 모델링하는 불연속체 해석방안이다. 이를 고려하기 위한 3DEC 프로그램<sup>3)</sup>은 암반공학 분야에 널리 적용되고 있다.

#### 4.2 재료특성 분석

석탑과 같은 조적식 구조물은 석재 자체의 파괴에 의한 안정성 보다는 석재와 석재 사이의 접촉면 관계에 의한 구조적 거동이 중요하므로 본 연구에서는 기존의 석탑관련 연구자료를 통해 석재 및 절리면의 재료특성을 추정하여 표 3, 4와 같이 석재 및 절리면의 재료적 특성을 설정하였다.

표 3. 구조해석시 사용한 석재의 재료특성

밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	포아송비	탄성계수 (GPa)	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	점착력 (MPa)	마찰각 (°)	체성탄성계수 (GPa)	전단탄성계수 (GPa)
2,500	0.26	6.21	52.67	3.70	6.87	52.93	4.31	2.46

표 4. 구조해석시 사용한 절리면의 재료특성

면적 (cm <sup>2</sup> )	길이 (cm)	절리면 거칠기 (JRC)	절리면 압축강도 (JCS) (MPa)	점착력 (MPa)	마찰각 (Deg)	수직강성 (K <sub>v</sub> ) (GPa)	전단강성 (K <sub>s</sub> ) (GPa)
42.3	6.7	4-8	56	0.01	24.5	4.96	5.91

#### 5. 동적해석 및 결과비교

지진하중을 적용한 석탑구조물의 동적거동특성을 분석하기 위해 Hachinohe 지진파를 재현주기 2400년으로 적용하였다.

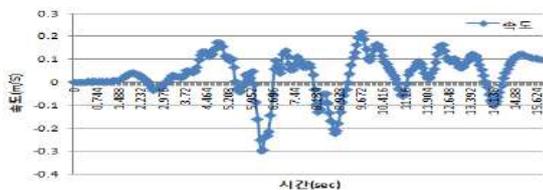
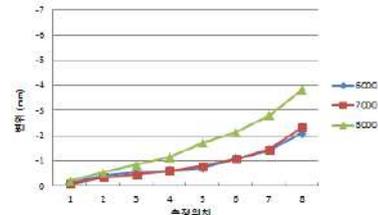
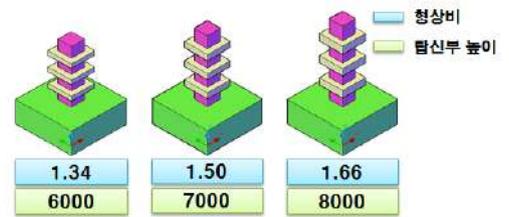


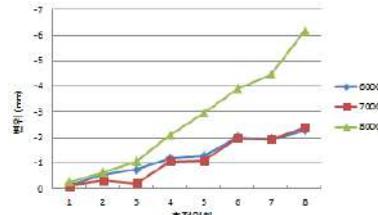
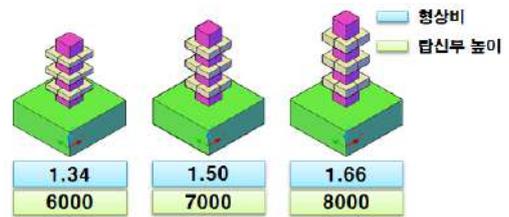
그림 2. Hachinohe 지진 하중

기단부 폭 6260mm, 기단부 높이 2400mm인 상태에서 탑신부의 높이를 6000, 7000, 8000mm로 변화시켜 동적해석을 수행한 결과, 옥개석이 단일부재일 때 탑신부의 높이가 6000, 7000mm인 경우의 변위값은 거의 차이가 없었으나 8000mm인 경우 상대적으로 큰 변위값이 나타났다. 또한 옥개석이 분할되었을 때 탑신부의 높이가 6000, 7000mm인 경우에는 옥개석이 단일부재일 때와 유사한 경향과 값이 나타났지만 8000mm인 경우에는 약 1.5배

증가한 것으로 나타났다.



a) 옥개석 미분할



b) 옥개석 분할

그림 3. 탑신부 높이 변화에 따른 해석결과

#### 6. 결 론

본 연구에서는 탑신부의 높이에 따른 동적해석결과를 분석하였다. 그 결과, 옥개석이 단일부재일 경우와 분할된 경우 모두 하부에서 상부로 갈수록 변위값이 증가하는 경향이 나타났다. 이는 하단부 부재에서부터 발생하는 변위가 누적되어 나타나는 결과로 판단된다. 특히 탑신부의 높이가 8000mm일 경우 변위값이 상대적으로 크게 나타났다. 이는 높이가 증가할수록 무게중심의 위치가 상부 쪽으로 이동하였기 때문에 횡방향으로 작용하는 지진하중에 대한 저항성능이 감소한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- 김재관, 류혁, 쌍계사 오층석탑 실물 크기 모델의 동적 거동 시험, 한국지진공학회 논문집, 5(4), 2001
- 홍석일, 신희범, 김덕문, 김호수, 석탑의 불연속면 거칠기에 따른 구조거동평가, 대한건축학회 논문집, 27(10), 2011
- 3 Dimensional Distinct Element Code User's Guide, Itasca Consulting Group, Inc, 2003
- I, M ADRISS, JOSEPH I. SUN, User's manual for shake9 1, 1992

# 스틸밴드로 외부보강된 기둥의 주근과 콘크리트간의 부착강도 제안식에 관한 연구

An Study on Bond Strength of Proposed equations for RC Column of  
re-bar and concrete by Reinforced with External Steel-Band

○송명광\*      광기도\*\*      김창식\*\*\*      허승웅\*\*\*\*      윤승조\*\*\*\*\*  
Song, Myung Kwang      Kwaha, Ki Do      Kim, Chang Sik      Ho, seung Woung      Yoon, Seung-Joe

## Abstract

The purpose of this study is to the existing construction methods' inadequate achievements in constructability and reinforcement performance are improved and an experiment on axial load is performed with a reinforced concrete column test specimen constrained by steel bands. A bonding test was performed; and restraining effect by steel bands, bond failure mechanism between steel bar and concrete, the number of main reinforcements, concrete strength, concrete casting direction, and cross-sectional area of main reinforcement were considered. A compared evaluation of the findings of the study and the existing suggested formulas by researchers was performed, and a numerical analysis suggestion was proposed based on the result of the experiments.

키워드 : 부착강도, 외부 보강, 스틸밴드

Keywords : Bond Strength, Reinforced by External, Steel-Band

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

국내외에서 포스트텐션 공법의 일환으로 Yamakawa<sup>1)</sup>, 양근혁<sup>2)</sup>, Hussain, Driver<sup>3)</sup>등은 모체에 접착제를 사용하지 않는 비 부착형 기둥 보강기술들을 제시하였다. 이 공법들은 철근콘크리트 기둥의 연성과 강도증가가 매우 증가될 수 있는 장점을 보였다. 하지만, 횡 하중을 받는 기둥에 적용하기 위해서는 보강재에 의해 구속된 콘크리트의 역학적 거동을 설명할 수 있어야한다. 따라서, 본 연구에서는 스틸밴드에 의해 구속된 철근콘크리트 기둥 실험체를 활용하여 철근과 콘크리트간의 부착강도에 관한 실험적 결과를 바탕으로 부착강도식 제안을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 스틸밴드로 외부 보강된 철근콘크리트 기둥을 능동적 횡 구속하면 주근간의 부착강도는 증가하는 것으로 나타났지만, 그 효과를 기존 산정식에서 충분히 평가할 수 없었다. 외부 스틸밴드에 의한 횡구속력은 철근콘크리트 단면의 모서리에 배치된 코너 블록에 의해 도입되기 때문에 주근의 위치에 따라 다르다. 그러므로, 주근의 위치를 고려하여 검토하는 것이 타당하다고 판단된다. 아래의 3가지 조건을 반영하여 S 방향으로 재하된 실험 데이터를 활용하여 부착강도식 (4)을 도입하였다.

- (1) 콘크리트 강도와 횡보강을 고려한 부착강도( $\tau_{co}$ )
- (2) 스틸밴드의 긴장도에 따른 부착강도( $\tau_{pa}$ )
- (3) 수동적 구속에 의한 부착강도(스틸밴드와 횡보강근,  $\tau_{ac}$ )

## 2. 철근과 콘크리트간의 부착강도 산정식 제안

### 2.1 콘크리트 강도와 횡보강을 고려한 부착강도( $\tau_{co}$ )

무보강된 실험체의 경우 Fuji 제안식의 계산값은 실험값과 대체로 양호하다. 이것으로부터 본 연구에서는 Fuji 제안식을 적용하여 그림 1과 같이 검토하였다. 그리고, 그림 1의 결과로부터 횡보강근의 구속효과  $\tau_{st}$ 에 관한 수정의 필요성은 없다. 그러나, 스틸밴드에 의한 능동적 횡구속력에 의한 횡보강근의 작은 변형이 발생되기 때문에 횡보강근의 수동적 부착강도 증가는 다음 2.2 항에서 검토하였다.

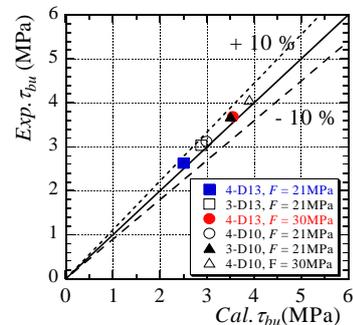


그림 1. 부착강도  $\tau_{bu}$  실험값과 Fuji 제안식 값과의 관계

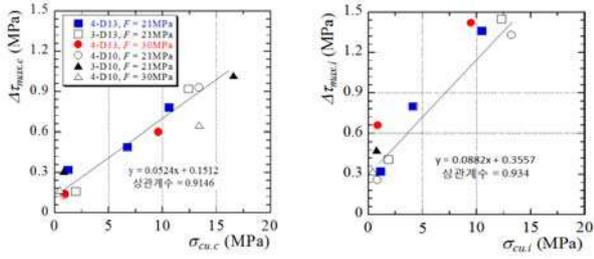
### 2.2 스틸밴드의 긴장도에 따른 부착강도( $\tau_{pa}$ )

그림 2에서 부착강도 시의 수동 응력도  $\sigma_{cu}$ 가 커질수록 부착강도 증가분  $\Delta\tau_{max}$ 는 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 부착강도 시의 수동 응력도에 의해서 좌우되고 있으며 수동구속에 의한 부착강도증가분  $\tau_{pa}$ 는 그림 2의 선형회귀분석결과에 의해 식 (1)에 나타났다.

$$\tau_{pa} = \begin{cases} 0.052 \cdot \sigma_{cu} & (\text{코너에 위치한 철근}) \\ 0.088 \cdot \sigma_{cu} & (\text{내부에 위치한 철근}) \end{cases} \quad (1)$$

\* 한국교통대학교 건축공학과 4학년 재학  
\*\* 한국교통대학교 대학원 박사과정  
\*\*\* 공학박사 우리종합건축사 사무소 대표  
\*\*\*\* 한국교통대학교 친환경구조·재료연구실 연구원  
\*\*\*\*\* 한국교통대학교 건축공학과 교수

이 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연협력 기술개발사업(No. 과제번호 C01247910100402315)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.



(a) 코너에 위치한 주근 (b) 내부에 위치한 주근

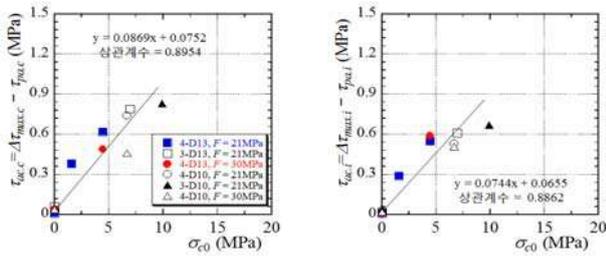
그림 2.  $\Delta\tau_{max}$ 와  $\sigma_{cu}$ 의 관계

### 2.3 능동적 구속에 의한 부착강도( $\tau_{ac}$ )

능동구속에 의한 부착강도 증가분  $\tau_{ac}$ 와 능동구속응력도  $\sigma_{co}$ 의 관계를 그림 3에 나타냈다. 주근 위치에 따른 결과 값으로 비교적 선형적인 관계로 나타났다. 그림 3의 결과로부터 능동구속에 의한 부착강도 증가분  $\tau_{ac}$ 를 선형 회귀분석 결과를 식 (2)에 나타냈다.

$$\tau_{ac} = \begin{cases} 0.0869 \cdot \sigma_{co} & (\text{코너에 위치한 철근}) \\ 0.0744 \cdot \sigma_{co} & (\text{내부에 위치한 철근}) \end{cases} \quad (2)$$

여기에서,  $\sigma_{co}$ 는 능동 구속 응력도를 의미한다.



(a) 코너에 위치한 주근 (b) 내부에 위치한 주근

그림 3.  $\tau_{ac}$ 와  $\sigma_{co}$ 의 관계

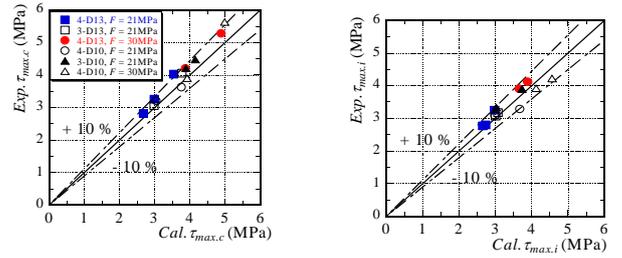
### 2.4 주근의 위치에 따른 부착강도식 제안

2.1장 ~ 2.3장의 검토 결과로부터 코너에 위치한 주근과 내부에 위치한 주근의 부착강도  $\tau_{max}$ 는 식 (3)에 표기하였다.

$$\tau_{max} = \tau_{co} + \tau_{ac} + \tau_{pa} \quad (3)$$

여기서,  $\tau_{co}$ 는 스틸밴드와 횡보강근이 없는 경우의 부착강도 {Fuji 제안식},  $\tau_{pa}$ 는 스틸밴드에 따른 수동구속에 의한 부착강도 증분 {식(1)},  $\tau_{ac}$ 는 스틸밴드와 횡보강근의 수동적 구속에 의한 부착강도 증가 {식(2)}를 의미한다.

그림 4에 실험값과 식 (3)로 산출된 계산값과의 관계에서 코너에 위치한 주근과 내부에 위치한 주근의 부착강도는 -10% ~ +10% 범위에서 분포하고 있으며 적절한 선형적 관계로 볼 수 있다.



(a) 코너에 위치한 주근 (b) 내부에 위치한 주근

그림 4. 각 주근의 부착강도  $\tau_b$  실험값과 계산값 관계

### 2.5 주근군의 부착강도식 제안

주근군의 부착강도  $\tau_{bu}$ 의 실험값과 식 (4)에 의한 코너와 내부에 위치한 각각의 부착강도 ( $\tau_{max,c}$ ,  $\tau_{max,i}$ )의 계산값을 평균부착강도  $\tau_{max(ave)}$ 와의 관계를 나타냈다.

$$\tau_{bu} = (0.3419(\tau_{max,i}/\tau_{max,c}) + 0.64)\tau_{max(ave)} \quad (4)$$

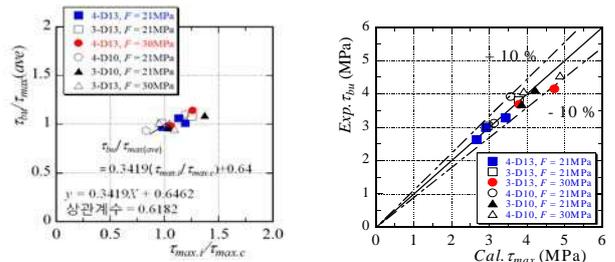


그림 5.  $\tau_{bu}/\tau_{max(ave)}$ 와  $(\tau_{max,i}/\tau_{max,c})$ 의 관계

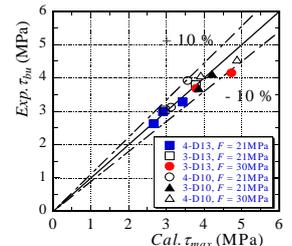


그림 6. 주근군의 부착강도  $\tau_{bu}$  실험값과 계산값

## 3. 결론

본 연구에서는 스틸밴드로 보강된 실험체의 철근과 콘크리트간의 부착강도 산정식 제안을 위하여 콘크리트강도와 횡보강을 고려한 부착강도, 스틸밴드의 긴장도에 따른 부착강도와 수동적 구속에 의한 부착강도를 고려하여 부착강도식을 제안하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 1) 본 실험결과 값과의 비교분석에서 무보강된 실험체의 경우 5% 내외의 범위에 있으며 보강된 실험체군의 경우 최대 11% 범위에 있지만 계산값은 실험값을 대체로 양호하게 평가하고 있다.

### 참고문헌

1. T. Yamakawa, S. Kamogawa, M. Kurashige, An experimental study on the seismic retrofit technique for RC columns confined with PC bar prestressing as external hoops, *Journal of Structural and Construction Engineering*, No.526, Architectural Institute of Japan, 1999, pp.141-145, in Japanese.
2. 주진욱, 양근혁, 이영호, 정현수, “중심 압축력을 받는 고강도 철근 콘크리트 기둥의 내력 및 연성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집, 제19권 제1호, 1999, 2, pp.289-294.
3. Hussain, M. A, and Driver, R. G., “Experimental Investigation on External Confinement of Reinforced Concrete Columns by Hollow Structural Section Collars”, *ACI Structural Journal*, V. 102, No. 2, 2005, pp.242-251.

Abstract

In high-rise buildings, lateral loads, such as wind and seismic loads, are frequently resisted by reinforced concrete (RC) structural walls with various section shape. The purpose of this study was to propose effective design method for RC structural walls with various section shape. By developing reasonable design method based on load contour method for RC structural wall with various section shape, the disadvantages of existing design method were overcome and the economic feasibility and structural safety of high-rise buildings were assured.

키워드 : RC 구조벽체, 이형단면, 등하중선법

Keywords : RC structural wall, Various section, Load contour method

1. 서론

지진하중이나 바람하중에 대한 건축물의 횡력저항시스템으로 RC 구조벽체를 활용하는 경우가 일반적이라고 할 수 있다. 이는 RC 구조벽체가 높은 강성과 강도를 보유하고 있기 때문에, 지진이나 태풍과 같은 횡하중에 대하여 건축물 구조시스템의 강도확보와 변형제어에 용이하기 때문이다.

일반적으로 RC 구조벽체는 건축계획적인 이유와 효과적인 구조성능 발현을 위하여 복잡한 단면형상을 가지고 있다(그림 1(a)참조). 따라서 복잡한 이형단면의 RC 구조벽체는 횡력에 대한 극한 거동시, 이형단면 전체가 횡력에 저항하게 된다(그림 1(b)참조).

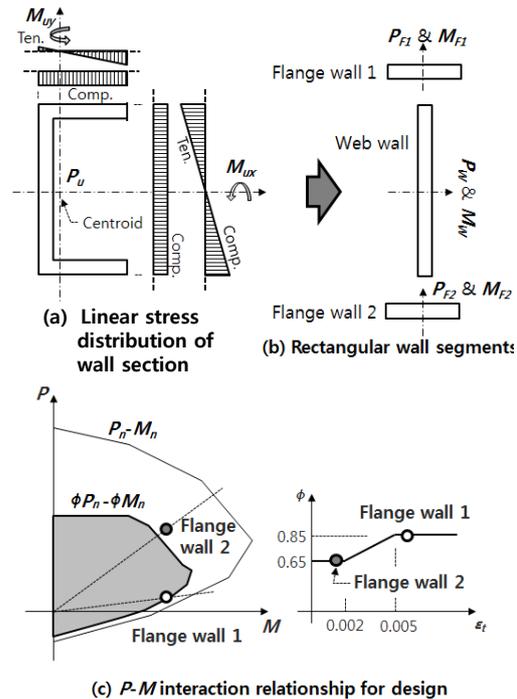
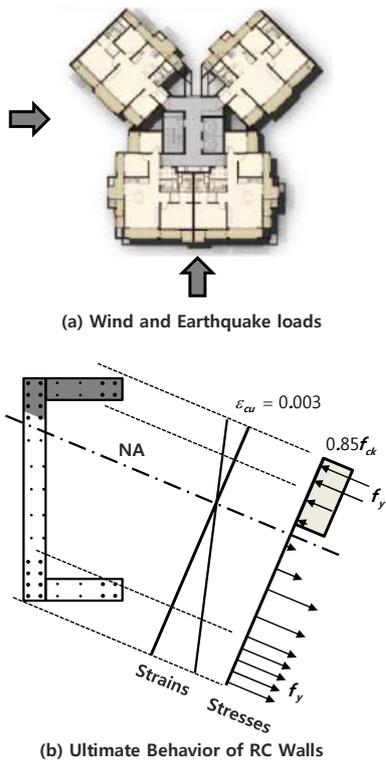


그림 2 RC 벽체의 일자형 분리설계 방법의 비합리성

그림 1 횡력에 저항하는 이형단면 RC벽체의 변형률 및 극한응력분포

하지만 벽체 단면의 형태적 복잡성과 다수의 하중조합의 적용으로 인하여 RC 구조벽체 설계의 작업량이 방대해지고 설계작업이 어려워지고 있는 실정이다. 따라서 실무에서는 RC 구조벽체의 구조해석에 있어 가장 단순하고 보편화된 방법인 탄성해석방법을 적용하고 있으며 복잡한 단면형태의 RC 구조벽체시스템을 구조설계할 때는 “—”자형 단일벽체로 분리하여 설계하고 있다(그림 2 참

\* 충북대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
(교신전자 : kangsm@cbnu.ac.kr)  
\*\* 단국대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
\*\*\* 광운대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

조). 하지만 이러한 일자형 분리설계를 실시하는 경우, 실제 벽체 단면에 작용하는 부재력과는 다르게 분리된 벽체가 고인장력 또는 고압축력 받게되는 경우가 빈번하게 발생한다. RC 구조벽체의 설계에 있어 큰 인장력을 받는 구조벽체는 휨모멘트 강도가 급격하게 저하되기 때문에, 휨모멘트 강도 확보를 위해 많은 철근을 필요로 하며, 큰 압축력을 받는 경우에 강도감소계수가 급격하게 작아져서 많은 철근량 또는 고강도 콘크리트를 사용하게 된다. 따라서 “—”자형 단일벽체 분리설계 방법을 적용할 경우, RC 구조벽체에 불필요한 휨철근을 배근하게 되고 이는 경제성저하, 자원낭비 및 안전성 저하를 야기할 수 있다.

## 2. 이형단면 RC 구조벽체의 효율적 설계방안

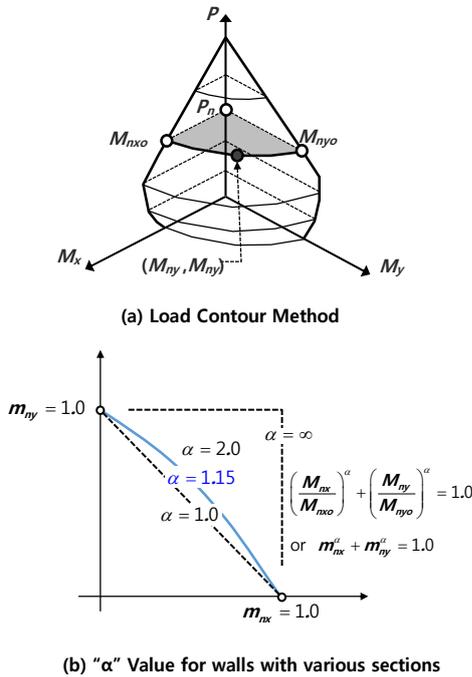
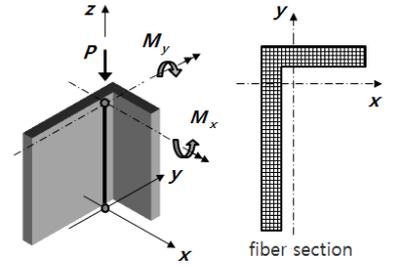


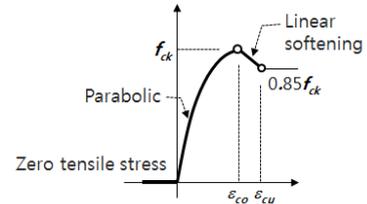
그림 3 이형단면 RC 벽체설계를 위한 등하중선법

이형단면 RC 벽체를 효율적으로 설계하기 위해서는 직교 2축의 단면모멘트와 축력을 함께 고려할 수 있는 전단면설계를 해야 한다. 이를 위해, 2축 휨모멘트와 축력을 받는 RC 기둥 설계방법인 역하중법, 등하중법, Fiber 해석방법 등을 사용할 수 있다. 이러한 방법들 중에서 축력의 분포, 수치해석의 안정성 등을 고려했을 때, 등하중선법이 가장 효율적인 방법이다(그림 3 참조). 등하중선법을 합리적으로 반영하기 위해서는 그림 3 (b)에 나타나 있는 “α”값의 산정이 가장 중요하다. “α”값은 벽체의 단면형상, 압축력의 크기, 재료강도, 모멘트가력 방향에 영향을 받는다. 그림 4에서는 이러한 설계변수를 고려하여 “—”단면 RC 벽체설계를 위한 “α”값 산정과정을 보여주고 있으며 그 결과의 일부는 다음과 같다.

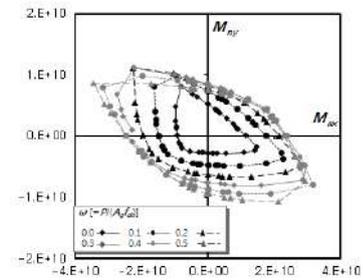
$$\alpha = 0.7 \frac{P_n}{A_g f_{ck}} + 1.05 \quad \text{for } M_x > 0 \text{ and } M_y > 0 \quad (1)$$



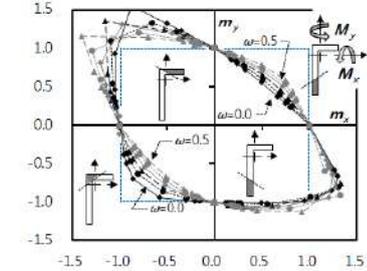
(a) Beam-column element with fiber sections



(b) Park-Scott-Kent model for concrete



(c)  $M_{nx} - M_{ny}$  relationships



(d) Normalized  $m_{nx} - m_{ny}$  relationships

그림 4 “—”단면 RC 벽체설계를 위한 “α”값 산정

여기서,  $P_n$ =축력,  $A_g$ =전단면적 그리고  $f_{ck}$ =콘크리트강도.

## 3. 결 론

이형단면 RC 벽체를 경제적으로 안전하게 설계하기 위해서는 직교 2축의 단면모멘트와 축력을 함께 고려할 수 있는 전단면설계를 실시해야 한다. 본 연구에서는 이형단면 RC 벽체의 전단면설계를 위한 효율적인 등하중선법 적용방안을 제안하였다.

## 참고문헌

- 민창식, 철근 콘크리트 공학, 2013.
- 한경수, 안형범, 임태성, 김재요, 강수민, 철근콘크리트 이형벽체의 2축 휨-압축 설계를 위한 등하중선법, 콘크리트학회 학술대회, 2014.

○정 희 범\*      김 정 환\*      이 배 연\*\*      박 찬 흥\*\*\*      김 호 수\*\*\*\*  
Jeoung, Hee-Bum      Kim, Jung-Hwan      Lee, Bea-yeon      Pack, Chan Hong      Kim, Ho-Soo

Abstract

It is important to secure the bearing capacity of protective cover connections for the underground cable pipe. So, this study presents the several connection types and evaluates the safety of the protective cover connections through the experimental study.

키워드 : 지중케이블 관로, 보호덮개, 연결부

Keywords : Underground Cable Pipe, Protective cover, connections

1. 서 론

지중케이블 관로는 토공사인 터파기 등의 시공과정에서 지반침하나 상부 하중 및 충격 등으로 인해 파손되거나 장기간 흠속에 있음으로 인한 노후화로 내구성저하가 우려된다. 이를 방지하기 위해 보호덮개의 필요성이 제기되어 왔다. 따라서 본 연구는 안전성과 시공성을 고려한 지중케이블 관로 보호덮개 시스템의 구성형식을 제시하고 연결부 긴결에 따른 구조내력성능을 평가하고자 한다.

2. 보호덮개 시스템 구성형식

지중케이블 관로 보호덮개 시스템의 기본 구성형식은 그림 1과 같으며, 재료는 강화플라스틱을 사용하였고, 상부 부재와 하부부재가 볼트로 결합되면서 긴 원통형을 이루고 있다. 안쪽에는 지중 케이블 및 ELP관이 통과하면서 상부 충격하중, 연약지반 및 지반침하 등과 같은 지중케이블이 손상 우려가 있는 부분에서 지중케이블 관로를 보호한다. 또한 지중케이블 관로 보호덮개 시스템의 단위길이는 1500mm로 볼트간격은 150mm이다. 반원플랜지의 볼트 체결을 이용해 보호덮개 시스템이 길이방향으로 연결되어 필요한 길이만큼의 길이 조절이 가능하도록 구성되었다.

특히 길이방향 연결부 긴결을 위해 반원플랜지 부분의 볼트갯수를 6개, 8개, 10개를 적용하고자 하며 반원 플랜지 두께는 7mm를 고려하고자 한다.



그림 1. 보호덮개 구성형식

3. 연결부 긴결에 따른 내력성능실험

지중케이블 관로 보호덮개 시스템의 경우 다양한 하중에 견딜 수 있도록 연결부분의 안전성확보가 필요하다. 이에 따라 여러가지 설계변수를 고려한 지중케이블 관로 보호덮개 시스템의 연결부의 긴결에 따른 구조내력성능을 평가하고자 한다.

특히 보호덮개시스템 연결부에 토압 및 외압으로 인한 각종 하중이 작용할 수 있으며, 연결부의 파손이나 변형이 발생할 경우 지하수나 흙 등의 이물질이 유입될 수 있다. 따라서 연결장치를 특수 제작된 고정 장치에 설치 후 전단 가력을 실시하여 연결부의 내력성능을 평가하고자 한다.

표 1. 실험재료 및 규격

실험재료	규격
반원관	Ø240×410, Ø240×250
두께	7t
반원플랜지 볼트 개수	6개, 8개, 10개



그림 2. 실험체 설치 및 가력현황

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정  
\*\* 청주대학교 건축공학과 석사과정  
\*\*\* (주) 아람엔지니어링 대표이사  
\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 겸임교수  
\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수  
본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학협력기술개발 사업에 의한 결과의 일부임.

표 2. 실험 일람표

CASE	내경	두께 (mm)	볼트 개수
1	Ø240	7t	6
2			8
3			10

실험 방법은 지중케이블 관로 보호덮개 연결부를 조립 후 고정대에 실험체를 고정한다. 가력부위가 UTM의 중심에 하중이 가력될 수 있도록 실험체의 위치를 조정하여 거치한 후 LVDT를 설치한다. 실험체에 하중을 가력하여 지중케이블 관로 보호덮개 연결부의 전단내력성능을 평가하며 그림 3에서는 볼트개수에 따른 단면을 나타내었다.



그림 3. 볼트 개수에 따른 단면

#### 4. 실험 결과 및 분석

그림 4에서는 보호덮개 구조체 연결부의 전단내력 실험에 따른 하중-변위 관계를 보여주며, 표 3은 설계변수에 따른 실험체의 항복하중, 최대하중 및 연성비를 보여준다. 보호덮개 구조체 연결부의 전단내력 실험결과 반원 플랜지의 볼트 개수가 많아질수록 최대하중과 항복하중이 증가하는 한편 동일하중에 대한 변위는 감소함을 알 수 있었다.

표 3. 실험결과

CASE	항복하중 (kN)	항복하중 변위(mm)	최대하중 (kN)	최대하중 변위(mm)	연성비 (μ)
1	21.3	11.4	28.4	15.7	1.4
2	24.1	12.5	32.1	17.9	1.4
3	25.7	11.6	34.3	19.2	1.7

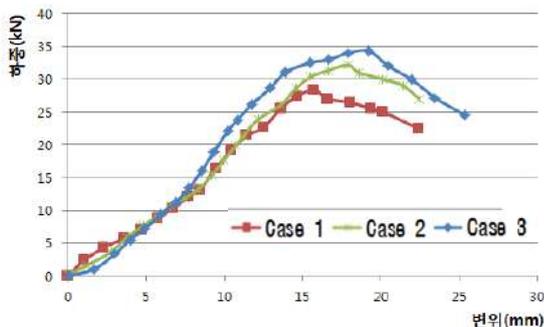


그림 4. 연결부 길이에 따른 비교

#### 5. 결 론

본 연구를 통해 보호덮개 연결부 길이에 따른 내력성능 평가 결과, 최대하중은 볼트의 개수가 2개씩 증가할 때마다 2.2~3.7kN이 증가하는 결과를 나타내었다. 따라서 볼트의 개수를 증가시키는 것이 내력성능개선에 높은 효과가 있었다.

연성비 또한 연결 볼트수가 10개 일 때 가장 큰 값을 보여주었다. 추후 연결 볼트수 뿐만 아니라 반원관 크기 및 두께를 함께 고려하여 최적의 연결부 길이에 대한 구성형식을 연구를 해 나갈 예정이다.

#### 참고문헌

1. 강구조 설계, 한국강구조학회, 2014
2. 이영근, "PFRP 볼트 연결부의 구조적 거동특성", 석사학위논문, 홍익대학교, 2010
3. 이재학, "볼트 결합부 횡방향 강성의 실험적 연구", 한국정밀공학회학술발표대회논문집, 2010
4. R. Park, "Evaluation of Ductility of Structures and Structural Assemblages from Laboratory Testing" Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, 1989

# 충전콘크리트 강도에 따른 거푸집형 블록벽체의 전단거동에 관한 연구

Study on the Shear behavior of Form-Block-Wall Corresponding to Grout Concrete Strength

○한 명 현\*      전 수 민\*      신 덕 환\*      황 승 범\*      원 현 아\*      서 수 연\*\*  
Han, Myung-Hyun      Jeon, Su-Min      Sin, Deok-Hwan      Hwang, Seong-Bum      Won, Hyun-A      Seo, Soo-Yeon

## Abstract

This study presents a diagonal tension test result of Form-Block-Wall to find the shear behavior. In the test, main variables are the strength of grout concrete, joint mortar and reinforcing bar placement. The result showed that grout concrete has greater effect on tension than other variables and reinforcing bar placement influences deformation capacity. It was found that the shear strength of Form-Block-Wall can be suitably predicted by using 12 instead of 20 in the equation of JASS.

키워드 : 거푸집형 블록, 대각전단, 충전콘크리트

Keywords : Form-Block-Wall, Diagonal Tension, Grout concrete

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

우리나라의 기상청 지진발생 목록<sup>1)</sup>에 의하면 국내의 연간 지진발생 빈도는 점점 증가하고 있다. 이에 따라 기존 건물의 내진성능을 평가하고, 부족한 내진성능을 개선하기 위한 지침이 제정되어 일련의 시설물에 대하여 내진성능의 확보방안이 구축되어 있다.

내진보강 방법 중 골조내부에 벽을 증설하는 방안은 가장 널리 활용되는 방법이다. 골조내부에 설치하는 벽은 주로 현장타설 콘크리트 벽이지만 보강블록조(블록내부에 철근을 배근하고 콘크리트를 충전하여 시공) 벽체를 시공하는 방법도 가능하다. 일반적으로 보강블록조에 사용되는 블록은 내부에 충전되는 콘크리트의 다짐에 어려움이 있고, 공동부가 상대적으로 작아서 충전되는 콘크리트의 양이 적으며, 시공 시 철근 배근이 곤란하여 일체성 확보가 불리하다. 반대로 블록의 두께를 감소하여 블록 내부 공간을 증진시키면, 충전콘크리트 타설 시 콘크리트의 측압에 대한 저항능력이 저하되고 블록의 운반과 시공과정에서 블록이 쉽게 파괴될 수 있다. 그러므로 중공부의 크기는 시공성과 강도확보의 측면에서 종합적인 검토를 토대로 결정되어야 한다.

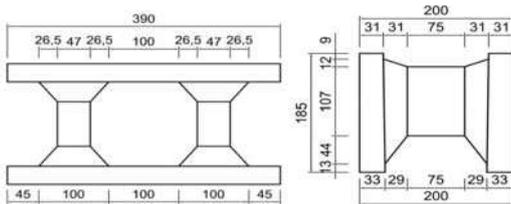


그림 1. 블록의 평면 및 단면

본 연구에서는 그림 1과 같은 블록상세<sup>2)</sup>를 통하여 블록의 플랜지 두께를 줄이고 웨브부분의 형상을 최적화한 보강블록시스템을 제시하고자, 거푸집형 블록벽체의 전단강도를 지배하는 인자를 고려하여 ASTM E519 (American Society for Testing and Materials)<sup>2)</sup>에 따라 대각전단 실험을 실시하여 거푸집형 블록벽체의 전단성능을 규명하고자 한다.

## 2. 거푸집형 블록벽체의 대각전단실험

### 2.1 실험 계획

실험은 거푸집형 블록벽체의 순수 전단강도를 파악하기 위하여 충전콘크리트의 강도(GL, GH, GM), 줄눈 모르타르의 강도(ML, MH), 철근배근의 유무(R0, R1)의 3가지 변수로 총 5개의 실험체를 제작하였다.

실험체 제작은 ASTM 519<sup>3)</sup>를 바탕으로 블록을 3열, 6단으로 줄눈 모르타르를 이용하여 높이와 폭이 1200 mm, 두께 200 mm로 제작하였다.

표 1. 대각전단 실험체 일람

실험체명	충전 콘크리트 (MPa)	줄눈 모르타르 (MPa)	철근 항복강도 (MPa)
GL-ML-R0	22.52	13.61	-
GH-ML-R0	28.65		
GH-MH-R0		33.54	
GM-MH-R0	28.65		
GH-MH-R1			

### 2.2 실험 결과

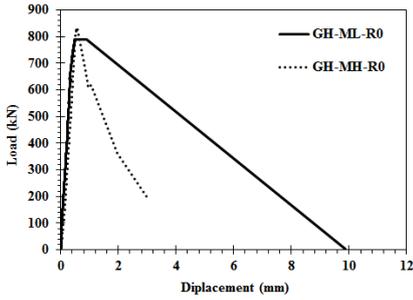
그림 2(a)는 줄눈 모르타르 강도에 따른 영향을 하중-변위 곡선으로 나타낸 것이다. 줄눈 모르타르 강도가 낮은 GH-ML-R0 실험체의 최대하중은 줄눈 모르타르 강도가 높은 GH-MH-R0 실험체의 최대하중의 약 6% 정도 최대하중이 높게 나타났다. 그리고 초기강성, 최대하중 시의 변위 그리고 최대하중 이후 거동도 유사하게 나

\* 한국교통대 대학원 석사과정

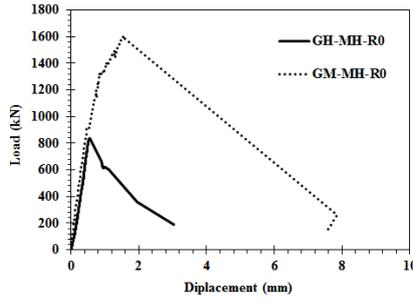
\*\* 한국대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : syseo@ut.ac.kr)

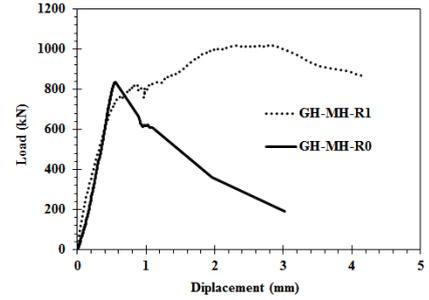
이 연구는 중소기업청 산학연 공동기술개발 국제사업과제의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호: C00187160100384980



(a) 줄눈 모르타르 강도에 따른 영향



(b) 충전콘크리트 종류에 따른 영향  
그림 2. 실험체 변수별 하중-변위 곡선



(c) 철근 보강에 따른 영향

타났다.

그림 2(b)는 충전콘크리트 종류에 따른 영향을 하중-변위 곡선으로 나타낸 것이다. 충전콘크리트를 대신하여 무수축 그라우팅 모르타르를 시공한 GM-MH-R0 실험체는 최대하중이 일반 콘크리트를 충전한 GH-MH-R0 실험체보다 약 91 % 높게 나타났다. 초기강성은 비슷하게 나타났으며 최대하중 이후 거동도 유사하게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

그림 2(c)는 철근의 보강에 따른 영향을 하중-변위 곡선으로 나타낸 것이다. 철근이 보강된 GH-MH-R1 실험체의 최대내력은 1100.26 kN으로 무보강 실험체보다 약 32% 높게 나타났다. 또한, 초기강성의 경우에는 비슷하게 나타났지만, 최대하중 이후의 거동에서 철근이 보강된 실험체의 경우에는 무보강 실험체보다 월등한 변형능력을 보였다.

### 3. 구조기준에 따른 계산식과 비교

대각전단 실험결과와 최대하중을 전단강도로 변환하기 위하여 ASTM E519에서 제시하고 있는 식을 사용하였다. 실험결과와 비교하기 위하여 이용한 전단강도 내력 산정식은 거푸집형 블록벽체에 대하여 일본에서 제시<sup>4)</sup>하고 있는 식 (1-1)과 식 (1-2)이다. 대각전단 실험결과와 설계기준식과의 비교결과, 일본의 설계식인  $Q_{wsu2}/A$ 는 최소 1.48배에서 최대 2.02배까지 실험체의 내력이 높게 나타났다.

일본에서 사용하고 있는 거푸집형 블록벽체의 전단내력 산정식에서 벽체의 강도를 20이라는 계수로 나누어 계산한다. 본 연구의 실험체들을 분석해 본 결과, 20보다는 12가 적절한 것으로 판단하였다. 그래서 12를 적용하여 계산한 결과 값이 실험결과에 0.89배에서 1.21배로 나타났고, 평균 1.03배로 나타났다.

$$Q_{wsu2} = Q'_{wsu} + 2\alpha Q_c \quad (1)$$

$$Q'_{wsu} = \max(p_w \cdot \sigma_{wy}, F_{cw}/20 + 0.5p_w \cdot \sigma_{wy}) t_w \cdot l' \quad (2)$$

여기서,

$Q_{wsu2}$ : RC기둥 내력과 조적벽체 내력을 각각 계산하여 합산한 내력, N

$\alpha$ : 변형상태를 고려한 저감계수(기둥이 전단파괴의 경우 1.0, 휨파괴의 경우 0.7)

$Q_c$ : 식 (1)에 의한 기둥의 전단내력( $Q_{su}$ )과 식 (2)에 의한 기둥의 휨내력( $Q_{mu}$ ) 중에 작은 값

$Q_{wsu}$ : 벽체의 전단내력, N

$p_w$ : 벽체의 철근비, %

$F_{cw}$ : 벽체 콘크리트의 압축강도, MPa

$t_w$ : 벽체의 두께, mm

$l'$ : 벽체의 내부길이, mm

### 4. 결 론

거푸집형 블록벽체의 대각전단 실험을 진행한 결과, 철근이 보강된 실험체의 경우에는 최대하중, 최대하중 이후 거동에서도 확연한 차이를 나타내었다. 충전콘크리트 강도가 커질수록 전단강도가 증가하는 것을 확인하였고, 콘크리트 벽체와의 비교에서도 비슷한 양상을 나타내었다. 이에 따라 블록벽체의 재료강도, 즉 프리즘 압축강도가 콘크리트의 압축강도와 유사할 때, 콘크리트 벽체를 대체하여 적용하여도 무방하다고 판단된다.

또한 일본에서 사용하고 있는 거푸집형 블록벽체의 전단강도를 산정할 수 있는 설계기준식에서 압축강도를 20 대신에 12로 나눈 값을 적용하여 계산한 결과, 실험체의 내력이 안전측으로 예측되는 것을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

1. 기상청 지진감시과, 국내지진목록. (<http://www.kma.go.kr>)
2. 이승준, 서수연, 연제영, 김경태, 키쿠치, 거푸집형 콘크리트 블록의 다양한 응력조건에 대한 유한요소 해석, 한국 구조물 진단유지관리공학회 2013년 봄 학술발표논문집
3. ASTM E519/E519M, Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages, 2010
4. 日本建築學會, 壁式構造關係設計規準集 · 同解説 (메ーソニー編), 2006

○강수민\*    엄태성\*\*    김재요\*\*\*  
Kang, Su-Min    Eom, Tae-Sung    Kim, Jae-Yo

Abstract

The purpose of this study was to analyze the structural design result of RC structural wall systems based on elastic structural analysis. According to the present study, the flexural reinforcement of structural walls calculated by elastic analysis was too high to assure economic feasibility and constructability. Moreover, the coupling beams was designed as heavy composite beams composed of RC and steel plate. These structural design results was caused by excessive shear force which was loaded to coupling beams. However, actually, under ultimate behavior, shear force in the coupling beams was limited by flexural strength of coupling beams. Therefore to develop the reasonable design method for RC structural wall system, the inelastic behavior of coupling beams should be addressed.

키워드 : RC 구조벽체시스템, 탄성해석, 연결보

Keywords : RC Structural Wall System, Elastic Analysis, Coupling Beam

1. 서론

벽식구조인 고층아파트 뿐만 아니라 일반 사무용 건축물의 경우에도 횡력저항시스템으로 RC 구조벽체시스템을 활용하는 경우가 일반적이라고 할 수 있다. 따라서 RC 구조벽체시스템의 합리적인 구조설계는 고층건축물의 안전성, 사용성 확보와 고층건축물 건설의 경제성, 시공성에 직결된다고 할 수 있다.

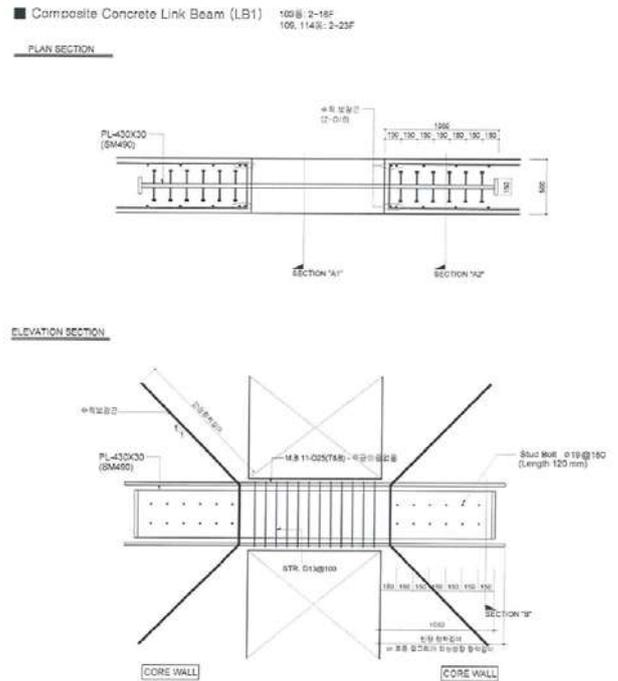
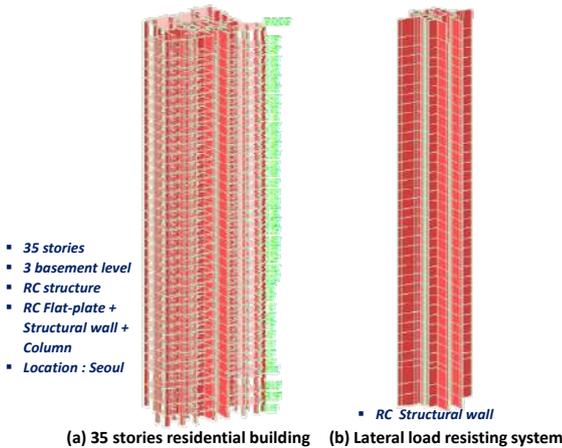


그림 2 고층건축물의 RC 구조벽체시스템의 연결보 설계결과사례

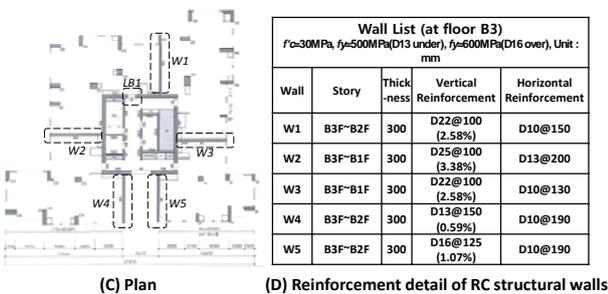


그림 1 고층건축물의 RC 구조벽체시스템의 벽체설계결과사례

본 연구에서는 현재 실무에서 사용하는 탄성해석에 기반한 RC 구조벽체시스템의 설계결과를 분석하고 이에 대한 문제점과 대안을 제시하였다.

2. 설계사례 분석

최근 고층건축물에 사용되는 RC 구조벽체는 건축계획적인 이유와 효과적인 구조성능 발현을 위하여 복잡한 단면형상을 가지고 있으며 인방보로 연결된 형태를 보이고 있다. 또한 안전성확보를 위하여 최소 70여개 이상의 다양한 하중조합을 적용하여 RC 구조벽체를 설계한다. 그런데 이와 같은 형태적 복잡성과 다수의 하중조합의

\* 충북대학교 건축공학과 조교수, 공학박사 (교신저자 : kangsm@cbnu.ac.kr)  
\*\* 단국대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
\*\*\* 광운대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

적용으로 인하여 RC 구조벽체 설계의 작업량이 방대해지고 설계작업이 어려워지고 있는 실정이다. 따라서 실무에서는 RC 구조벽체의 구조해석에 있어 가장 단순하고 보편화된 방법인 탄성해석방법을 적용하고 있으며 복잡한 단면형태의 RC 구조벽체시스템을 구조설계할 때는 “—” 자형 단일벽체로 분리하여 설계하고 있다. 이러한 설계방법을 사용하여 그림 1(a) 고층 건축물에 사용된 RC 구조벽체시스템을 설계한 결과가 그림 1, 그림 2 그리고 그림 3에 나타나 있다. 하지만 이러한 탄성해석에 기반한 “—” 자형 단일벽체설계는 실제 구조체의 거동과 큰 차이를 나타내는 설계결과를 가져오며 과설계의 요인이 된다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 건축물의 횡변형을 제어하기 위한 RC 구조벽체(W1~W5)의 경우, 저층부에서 휨철근비가 0.59~3.38%로 매우 큰 것을 볼 수 있다. 특히, 일부벽체는 국내의 구조설계기준에서 허용하는 벽체의 철근비 1%(횡보강근이 없는 벽체의 최대철근비)를 초과하고 있다. 또한 그림 2에서 볼 수 있듯이 연결보의 경우에서 일반적인 RC보로는 부재력을 지지할 수 없어 강관합성보를 사용한다.

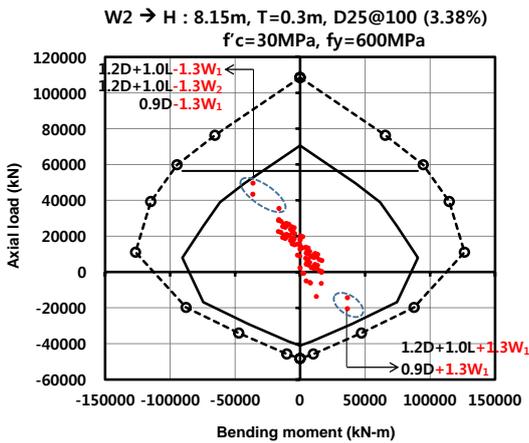
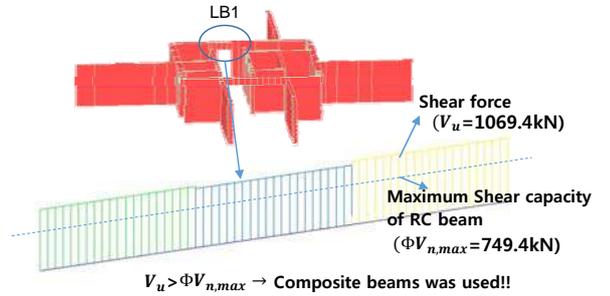


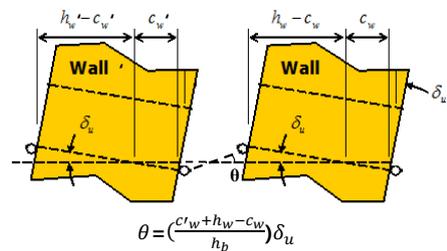
그림 3 고층 RC 구조벽체설계를 위한 P-M 곡선

그림 1에서 벽체의 휨철근비가 매우 과도한 이유는 연결보의 coupling 효과에 의하여 벽체에 큰 인장력과 압축력이 전달되기 때문이다. RC 구조벽체의 설계에 있어 큰 인장력을 받는 구조벽체는 휨모멘트 강도가 급격하게 저하되기 때문에, 휨모멘트 강도 확보를 위해 많은 철근을 필요로 하며, 큰 압축력을 받는 경우에 강도저감계수가 급격하게 작아져서 많은 철근량 또는 고강도 콘크리트를 사용하게 된다(그림 3 참조). 하지만 이는 실제구조물의 거동과는 차이를 보이는 탄성해석에 의해서 발생하는 결과이다. 탄성해석에 있어서 연결보는 벽체와의 기하학적 관계로 발생하는 큰 변형으로 인하여 큰 전달력이 발생되나 실제 구조물의 거동에 있어서는 연결보의 휨강도에 의해 전달력이 제한되는 소성거동을 보이므로 실제 벽체에 전달되는 추가적인 축력은 제한적이다(그림 4 참조). 따라서 현재 수행되고 있는 탄성해석에 기반한 구조설계는 연결보의 과도한 부재력 산정으로 인한 벽체와

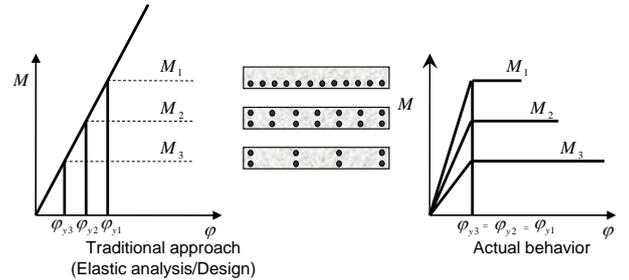
연결보의 과설계 결과를 가지고 온다. 따라서 RC 구조벽체 시스템의 합리적 설계를 위해서는 RC 구조벽체 시스템의 실제 소성거동, 특히 연결보의 소성거동을 합리적으로 반영할 수 있는 설계방법의 개발이 필요하다고 할 수 있다.



(a) Design of RC coupling beam under critical load case (under load case including wind load)



(b) Actual behavior of RC coupling beam



(c) Moment-curvature relationship of RC coupling beam

그림 4 고층 RC 구조벽체시스템의 연결보 설계결과분석

#### 4. 결 론

본 연구에서 실제 고층건축물 설계사례 분석을 통해 RC 구조벽체시스템 구조설계의 문제점과 개선방향을 제안하였다. 합리적인 설계를 위해서는 RC 구조벽체 시스템의 소성거동을 반영할 수 있는 새로운 설계방법의 개발이 필요하다.

#### 참고문헌

1. 민창식, 철근 콘크리트 공학, 2013.
2. Paulay T., Priestley M. J. N. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, Wiley-Interscience, 1992.

# 특수전단벽 연결보의 구조적 거동과 설계

State-of-Art of the Structural Behavior and Design of Special Shear Wall Coupling Beam

○원 현 아\*    남 보 람\*    한 명 현\*    신 덕 환\*    황 승 범\*    서 수 연\*\*  
 Won, Hyun-A    Nam, Bo-Ram    Han, Myung-Hyun    Sin, Deok-Hwan    Hwang, Seung-Bum    Seo, Soo-Yeon

**Abstract**

In this paper, research trends of structural behavior of special shear wall coupling beam are presented. There had been many researches about diagonal reinforcement details and those became the base of current ACI standard. In domestic, the study about coupling beam focuses on the development of alternative details to improve the workability of the diagonal reinforcement detail. From the analysis of the previous research works, it was drawn that the consideration of deformation demand of coupling beam is required in the design of coupling beam of special shear wall in domestic apartment building.

키워드 : 특수전단벽, 연결보, 대체상세, 설계

Keywords : Special shear wall, Coupling beam, Alternative details, Design

**1. 서 론**

최근 특수전단벽 연결보와 관련하여 시공상의 어려움 때문에, 국내의 많은 아파트 현장에서 시공문제가 대두되고 있다. 이에 따라 연결보의 거동과 새로운 대체상세를 개발하기 위한 일련의 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 특수전단벽 연결보의 구조성능과 관련하여 최근 진행되어온 국내의 연구현황을 파악하고 문제점을 제시한 뒤 향후 연구를 위한 방안을 찾고자 한다.

**2. 연결보의 거동과 연구현황**

**2.1 병렬전단벽과 연결보의 거동**

그림 1과 같이 병렬전단벽 구조는 접합부가 (a) 편접합으로 연결되어 있을 시 벽체는 각각의 거동을 하면서 모멘트에 저항 하게 되며, 접합부가 (b) 강접합으로 연결되어 있는 경우 병렬전단벽 전체가 하나의 캔틸레버 거동을 하면서 모멘트에 저항하게 된다. 이때 각 벽체는 압축력과 인장력으로 우력을 형성하게 되며, (c) 실제 병렬전단벽은 편접합과 강접합 거동 사이에 존재하게 된다.

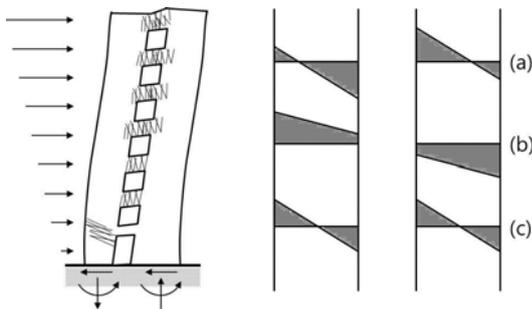


그림 1. 병렬전단벽 구조의 거동

또한 연결보에서 먼저 소성힌지를 형성하여 에너지를 소산한 후 벽체에서 소성힌지를 형성하여 에너지가 소산

되도록 설계해야 한다. 특히 연결보의 길이와 깊이의 비가 작은 경우에는 사인장 균열에 의하여 취성적인 파괴가 발생할 수 있으며, 지진 발생 시 병렬전단벽의 변형이 증폭되면서 연결보에 전단변형이 발생하게 되므로 이에 저항할 수 있는 연결보의 적절한 상세가 필요하다.

**2.2 국외 연구 동향**

국외의 여러 연구 중에서 현재 ACI 기준의 연결보 상세는 Paulay 등<sup>1)</sup>의 연구에서 제시된 개념으로서, 그림 2와 같이 연결보의 대각선 보강은 인장과 압축에 저항하며 콘크리트의 기여분은 무시하는 개념이다. 연결보 전단면에 수평 및 수직 철근이 배근되었지만 이 철근은 균열 제어를 위한 것으로 간주되었다. 대각보강상세 실험체와 일반적인 연결보 실험체의 실험 결과, 대각보강 상세가 연성과 에너지소산능력을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 변형이 큰 구간에서는 대각보강근의 좌굴을 지연시키기 위해 기둥과 같은 조밀한 횡보강근이 필요한 것으로 보고하였다. 또한 철근의 미끄러짐을 방지할 수 있도록 대각보강근을 벽체에 적절히 고정하여야 한다고 판단하였다.

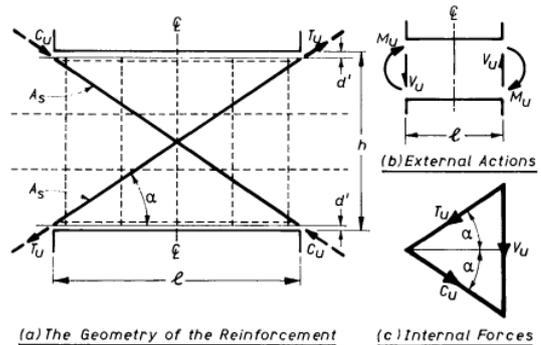


그림 2. 연결보의 하중 저항 개념

대각선 보강상세를 대체하는 상세를 개발하기 위한 연구로서는 McGill 대학의 연구<sup>2)</sup>를 들 수 있다. 4개의 대각선 철근을 기둥과 같이 횡보강한 상세와 횡보강근을 헤드철근으로 대체한 상세, 대각선 묶음철근 대신 항복값이

\* 한국교통대 대학원 석사과정  
 \*\* 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사  
 (교신저자 : syseo@ut.ac.kr)

같은 H형강으로 대체한 상세로 실험한 결과, 헤드철근으로 보강한 상세는 시공성 향상과 구조성능이 개선되었으며 H형강으로 보강한 상세는 강도, 연성, 에너지소산성능에서 가장 우수한 것으로 보고하였다. 이와 같은 대체상세를 개발하기 위한 연구가 진행된 이유는 대각선 보강상세가 매우 복잡하며 시공이 어렵기 때문이다.

### 2.3 국내 연구 동향

KBC2009에서 요구하는 대각선 다발철근의 대체상세를 개발하기 위하여 한국토지주택공사는 일련의 연구<sup>3,4)</sup>를 진행하였다. 특히 실물규격의 실험연구를 통하여 특수전단벽 연결보의 대각선철근상세 개선용 하고자 대체상세를 제안하고 실험을 실시하였다<sup>4)</sup>. 이 연구에서는 1) 대각선 철근이 부담하는 수평분력을 깊은보 설계개념으로 벽체에 수평철근으로 정착시키는 상세, 2) 대구경 철근 2개를 대각선방향으로 배근한 상세, 3) 절곡된 ㄱ형강을 배치한 상세를 제시하였고 실험결과, 깊은보 개념으로 설계한 상세의 경우, 내력은 설계강도를 상회하지만 대각보강 상세에 비하여 에너지 소산성능은 낮은 것으로 나타났으며 대구경 대각 철근의 경우에는 기준 상세와 동등이상의 구조성능을 보유하고 있으며 ㄱ형강으로 배치한 상세의 경우에는 에너지 소산성능이 낮은 것으로 보고하였다.

또한, 이 실험연구로부터 그림 3과 같이 설계기준의 실험체 경우에는 계산강도( $V_{ny}$ ) 보다 훨씬 높은 내력을 보유하고 있는 것으로 나타났으며 이와 같은 연결보의 초과강도 때문에 인접한 벽체의 강성이 작은 경우에는 연결보가 소성거동을 보이기 전에 벽체가 먼저 파괴될 가능성이 높아질 수 있음을 지적하였다.

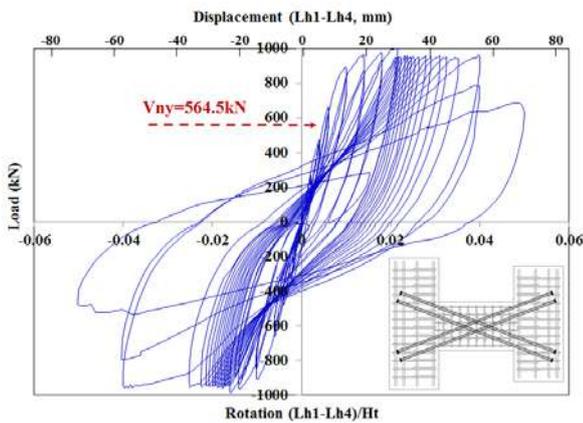


그림 3. 기준의 대각 보강상세 실험결과

### 3. 특수전단벽 현행 기준

현행 국내 기준 KBC2009<sup>5)</sup>에서는 내진설계범주 D에 해당하는 21층 이상의 고층건물 건설 시 높이제한을 규정하고 있으며 특수 전단벽 구조와 연결보의 형상비에 따라 특별 상세를 요구하고 있으며 연결보의 형상비가

$l_n/h < 2$ 이며 계수전단력  $V_u$ 가  $(\sqrt{f_{ck}}/3)A_{cp}$ 를 초과하는 경우에는 반드시 연결보 경간 중앙에 대칭의 대각선 철근 묶음을 설계하여 보강하도록 정하고 있다.

미국 기준 ACI(American Concrete Institute)<sup>6)</sup>의 경우에는 대각선 철근묶음 상세와 대각선 철근묶음을 보강하는 대신 보의 전단면을 수직, 수평철근으로 보강하는 상세를 제안하고 있다. 최근 개정된 ACI<sup>7)</sup>에서는 벽기둥(Wall Pier)에 대한 기준이 추가되었으며 벽 두께에 대한 길이의 비가 2.5를 초과하는 벽체의 경우에 벽기둥으로 정의하고 있다. 이는 연결보가 과도하게 강도가 높아질 수 있기 때문에, 인접벽체의 강성이 상대적으로 낮아서 벽체의 파괴가 지배되지 않도록 하기 위함이다.

### 4. 결 론

횡하중과 같은 수평 전단력을 저항하는 특수전단벽 구조는 벽체와 벽체를 연결하는 연결보의 거동이 중요하다.

연결보와 관련된 국외의 연구로서는 현재 ACI기준에서 요구하는 대각선보강상세와 관련된 연구들이 대표적으로 연결보의 전단저항이 대각보강근에 의해 지배된다는 것이다. 현행 KBC기준에서도 요구하고 있는 대각 보강상세는 국내 공동주택과 같이 폭이 좁은 연결보에서 시공상 어려움이 존재하게 되며 이를 개선하기 위해 국내 연구자들은 철골보, 합성보, 등의 다양한 보강상세를 제안하고 있다. 또한, 한국토지주택공사에서 실시한 일련의 연구에서 보고한 것과 같이 계산에 반영되지 않는 보 횡보강근은 초과강도가 되어 인접한 벽체의 강성이 작은 경우에 벽체가 먼저 파괴될 가능성이 커지게 된다.

따라서 연결보와 벽체를 골조 거동과 전단벽 거동으로 구분하여 설계할 필요가 있으며 ACI기준과 같이 KBC기준에서도 연결보에 인접한 벽체의 상세를 제한함으로써, 연결보에 비하여 상대적으로 벽체의 강성이 낮게 되어 벽체의 파괴가 지배되지 않도록 해야 할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. Paulay, T and Binney, J.R. 1974, Diagonally Reinforced Coupling Beams for Shear Walls, ACI Special Publications SP 42 - Shear in Reinforced Concrete, 579-598.
2. Katharine Lai, 2002, "Use of structural steel diagonal reinforcement in coupling beams." Ph.D thesis, McGill Univ., Canada.
3. 천영수 등, "특수철근콘크리트 연결보의 내진성능평가", 한국콘크리트학회 연구보고서, KCI-R-12-010, 2012.
4. 서수연 등, "특수전단벽 연결보의 대체상세 실용화를 위한 실험연구", 한국콘크리트학회 연구보고서, KCI-R-14-012, 2014.
5. 대한건축학회, 건축구조기준 및 해설, 기문당, 2010.
6. ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary, American Concrete Institute, 2011.
7. ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary, American Concrete Institute, 2014.

■ 학술발표

# 제 3 분과

## (CM 및 시공·재료)

진행위원 : 한민철(청주대학교 교수), 조병영(한국건설생활환경시험연구원)



# 13 mm이하 순환 굵은 골재 치환에 따른 콘크리트의 기초적 특성

## Basic Properties of Concrete by 13 mm less Recycled Coarse Aggregate Substitution

○이순재\*                      윤정완\*                      송원루\*                      한동엽\*\*                      한민철\*\*\*                      한천구\*\*\*\*  
Lee, Sun-Jae                      Yun, Jeong-Wan                      Song, Yuan-Lou                      Han, Dong-Yeop                      Han, Min-Cheol                      Han, Cheon-Goo

### Abstract

In this research, the fundamental properties of the concrete replaced with less than 13 mm of recycled aggregate for larger than 13 mm of coarse aggregate emitted for ready-mixed concrete manufacturing process. The mixture replaced recycled aggregate showed similar workability with the plain mixture while the compressive strength was improved about 10 % because of continuous particle distribution achieved by replacement of recycled aggregate for well-graded aggregate system.

키워드 : 순환골재, 콘크리트, 기초적 특성

Keywords : Recycled aggregates, concrete, Basic Properties

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 목적

최근 국내 레미콘 산업에 있어 레미콘 제조 시 경제적 인 이유로 다수의 레미콘사에서 굵은 골재 중 13 mm 이하의 굵은 골재는 아스콘용으로 사용하고 13 mm 이상의 골재로만 레미콘을 생산하고 있는 실정이다.

그런데 이 경우 13 mm 이하 굵은 골재가 부족하게 됨으로서 갭 그레이딩이 유발되어, 잔골재율, 단위수량 증가로 인한 건조수축에 따른 균열발생과 압축강도 저하라는 문제점을 야기하고 있다. 이에 본 연구팀에서는 갭 그레이딩의 문제점을 해결하고자, 13 mm 이하 크기의 천연 굵은 골재 및 순환 굵은 골재를 13~25 mm 골재에 치환 사용하여, 콘크리트의 품질 향상을 기하되나, 보다 다양한 강도 수준에서의 검토가 요구되어지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 호칭강도 별 레미콘 제조 시 13 mm 이하의 굵은 골재를 순환골재로 치환 충전함으로써 순환자원의 활용성을 증대 시키고, 품질 향상을 기하기 위하여 이를 활용한 콘크리트의 기초적 제반 특성을 분석하고자 한다.

### 2. 실험계획

#### 2. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 또한, 본 실험에 사용한 순환골재 및 부순골재의 물리적 성질과 입도곡선은 표 2, 그림 1과 같다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	호칭강도 (MPa)	3	21, 24, 27
	목표 슬럼프 (mm)	1	150 ± 25
	목표 공기량 (%)		4.5 ± 1.5
	13 mm이하 순환골재 치환율 (%)	4	0, 10, 20, 30
실험 사항	굳지 않은 콘크리트	3	· 슬럼프 · 공기량 · 단위용적질량
	경화 콘크리트	1	· 압축강도 (7, 28일)

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정

\*\* 청주대학교 건축공학과 박사

\*\*\* 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

(교신저자 : twhan@cju.ac.kr)

\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 연구는 2014년도 중소기업청 연구비 지원에 의한 결과의 일부분임. 과제번호:NO. 2014-C021414

표 2. 굵은 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	조립률	흡수율 (%)	입형 관정 실적율 (%)
부순골재	2.63	7.249	1.2	57.1
순환골재	2.51	6.776	2.9	55.9

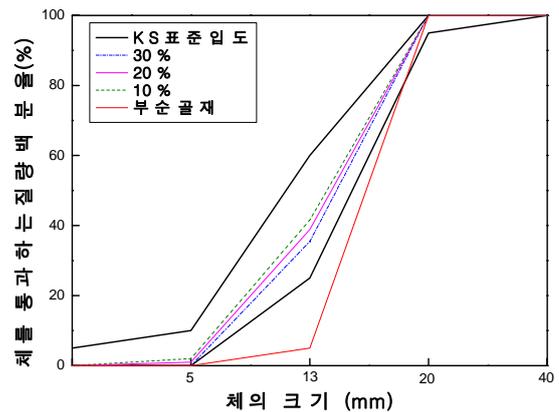


그림 1. 혼합골재 및 부순골재 입도분포 곡선

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트

그림 2는 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 슬럼프를 나타낸 것이다. 전반적으로 13 mm 이하 순환 골재 치환율이 증가함에 따라 슬럼프가 다소 감소하거나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 13 mm 이하 순환골재 치환 충전으로 인한 공극의 감소, 골재의 연속입도 구현 등의 의한 요인에 기인한 것으로 판단된다.

그림 3은 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다. 전반적으로 목표범위인 4.5 ± 1.5 %에 만족하는 것으로 나타났으며, 13 mm 이하 순환골재 치환율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 13 mm 이하 순환골재가 치환충전 됨에 따라 공극률이 감소되고 전반적인 공극 충전 효과에 기인한 것이라고 판단된다.

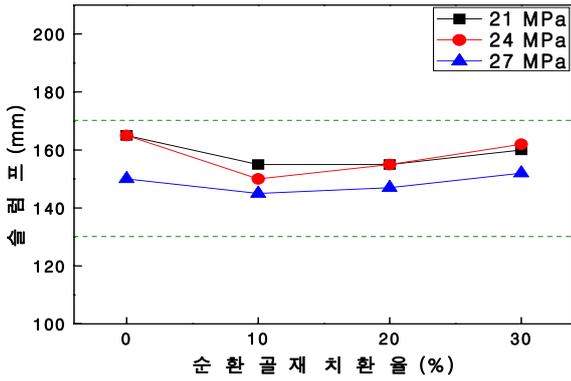


그림 2. 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 슬럼프

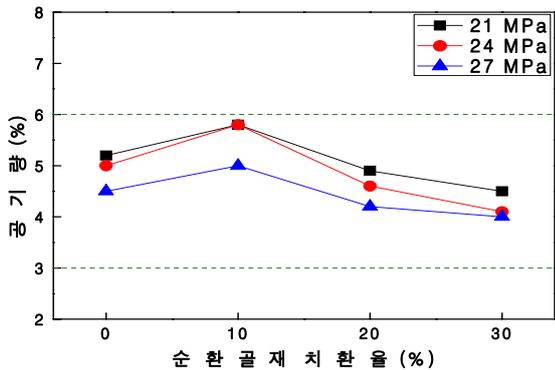


그림 3. 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 공기량

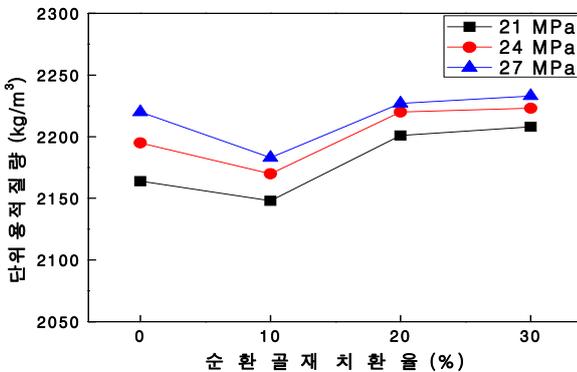


그림 4. 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 단위용적질량

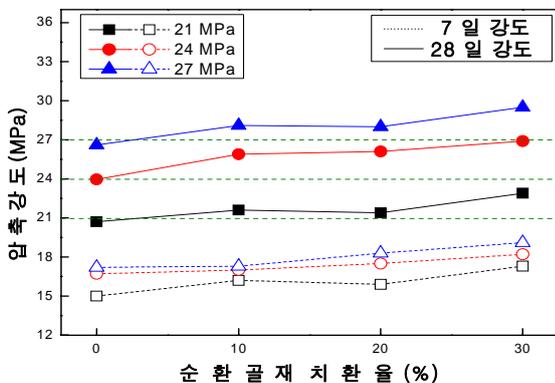


그림 5. 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 압축강도

그림 4는 호칭강도 별 순환 골재 치환율에 따른 단위용적질량을 나타낸 그래프이다. 13 mm 이하 순환골재 치환율이 증가됨에 따라 단위용적 질량은 증가하는 경향을 나타내었는데, 13 mm 이하 순환골재가 치환충전에 의해 공극이 채워짐에 따라 단위용적질량이 증가한 것으로 사료된다.

### 3.2 경화 콘크리트

그림 5는 호칭강도 별 순환골재 치환율에 따른 재령 7, 28일 압축강도를 나타낸 것이다. 13 mm 이하 순환골재 치환율이 증가함에 따라 호칭강도에 관계없이 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 13 mm 이하 순환골재가 치환 충진함에 따라 콘크리트 내부의 최밀충진과 함께 갭 그레이딩을 억제 시켜 압축강도가 증가한 것으로 판단된다. 또한, 재령 28일에서 호칭강도 등급 별로 치환율에 관계없이 호칭강도를 만족함을 알 수 있었다.

특히, 순환 골재를 사용한 경우 골재자체의 품질저하로 인해 강도의 저하가 예상되었으나, 갭 그레이딩의 해소를 통해 Plain 보다 약 3 MPa 정도 높은 강도를 보이고 있음을 확인 할 수 있었다.

### 4. 결론

본 연구에서는 13 mm 이하 순환 골재의 사용이 콘크리트의 기초적 품질에 미치는 영향을 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 유동성의 경우 13 mm 이하 순환골재가 치환됨에 따라 Plain 배합과 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 이는 13 mm 이하 순환골재의 연속입자분포에 기인한 것으로 판단된다.
- 2) 압축강도의 경우 13mm 이하 순환골재의 치환에 따라 전반적으로 증가하는 것으로 나타났고, 특히, 치환율 30 % 에서 Plain 보다 약 3 MPa 정도 증가하는 경향을 보였는데, 이는 13 mm 이하 순환골재의 치환충진으로 구성 재료의 연속입자분포 및 최밀충진 효과에 기인한 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 강병희, Zhao Yang, 조만기, 한민철, 한천구, 굽은골재의 입도분포에 따른 콘크리트의 기초적 특성, 한국건축시공학회지, 제13권 제1호, 2013
2. 정상운, 광용진, 허영선, 이항재, 한민철, 한천구, 고로슬래그 미분말 다량치환 순환골재 콘크리트의 현장적용성 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 33(1), 2013.4, 485-486
3. 금진주, 장현석, 홍석옥, 이용택, 조영상, 순환골재 치환율과 플라이애시 혼입에 따른 콘크리트 압축강도 비교에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 구조계 31(2), 2011.10, 289-290
4. 박경택, 백대현, 김대건, 강신구, 한민철, 한천구, 순환골재 미분말 치환이 순환골재를 사용한 고로슬래그 모르타르의 특성에 미치는 영향, 대한건축학회 논문집 구조계31(1), 2011.4, 69-70

# 결합재 종류 및 골재 변화에 따른 일라이트 치환 모르타르의 공학적 특성

## Engineering properties of the mortar incorporating illite depending on various binders and aggregates

○김 상 섭\*      윤 정 완\*      김 민 영\*      조 만 기\*\*      한 민 철\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*  
Kim, Sang-Sup    Yun, Jeong-Wan    Kim, Min-Young    Jo, Man-Ki    Han, Min-Cheol    Han, Cheon-Goo

### Abstract

Recently, as the life quality has been increased, the demand of healthy environment has been increased. In this viewpoint, the living environment for health and comfort become one of the main factor of housing selection, and thus the attention on the eco-friendly building materials such as red clay, stone, wood, charcoal were increased. Therefore, the research on the feasibility of eco-friendly building materials using illite. In this research, the fundamental properties of the mortar incorporating illite depending on the types of binder and aggregate was evaluated.

키워드 : 일라이트

Keywords : Illit

### 1. 서 론

최근 국민들의 생활수준이 높아짐에 따라 건강에 대한 관심 또한 높아지고 있는 추세이다. 이에 주거선택의 기준에서 주거환경의 건강과 쾌적성이 하나의 중요한 요인으로 자리 잡고 있으며 이에 황토, 석재, 목재, 숯 등을 활용한 친환경 건축자재에 대한 관심이 증가하고 있다.

이중 천연점토 광물질인 일라이트는 국내 매장량이 5156천톤으로 전 세계적으로 현재 우리나라를 포함한 4개국에서 밖에 생산되지 않는 매우 유용한 광물로 중금속 및 유독가스에 대한 우수한 흡착·탈취·분해력, 상온에서의 높은 원적외선 방사와 음이온 발생능력, 향균성과 항바이러스 능력 등이 인정되어 있어 이를 활용한 친환경 건축자재, 건강, 미용, 친환경 농업 보조제 등에 폭 넓게 사용되고 있다. 하지만 현재 건축 자재로 활용하기에는 일라이트에 대한 연구가 부족한 상태이며, 이를 활용한 콘크리트 및 2차제품의 활용성 증진을 위한 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 일라이트의 건축용 자재로서 활용성 증진을 위한 기초적인 연구로 결합재 종류 및 골재 변화에 따른 일라이트 치환 시멘트 모르타르의 기초적 특성을 실험을 통해 고찰하고자 한다.

### 2. 실험 계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 먼저, W/B는 50%에 C:S 1:5 1수준에 목표 플로 180±10 mm, 목표 공기량 4.5±1.5 %를 만족하도록 계획하였다. 결합재로 보통포틀랜드 시멘트 (이하 OPC) 100 %, 고로슬래그 미분말 (이하 BS) 70 % 2가지 변수로 치환 하는 것으로 계획하였으며, 일라이트는 결합재에 대한 질량비로 치환율 0, 4, 8, 12 % 4수준으로 계획하였다. 실험사항으로 굳지 않은 모르타르에서는 플로 및 공기량을 측정하였고, 경화 모르타르에서는 재령별 압축강도 및 건조수축 길이변화율을 측정하였다. 사용재료는 국내산 시판품을 사용하였으며,

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정  
\*\* 청주대학교 건축공학과 박사과정  
\*\*\* 청주대학교 건축공학과 부교수  
(교신저자 : twhan@cju.ac.kr)  
\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수

표 2는 일라이트의 물리 화학적 성질을 나타낸 표이다. 실험방법은 KS에 준하여 실험하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
기본배합	W/B(%)	1	50
	B : S		1 : 5
	목표 플로(mm)		180±10
	목표 공기량(%)		4.5±1.5
실험변수	결합재 구성(%)	2	OPC <sup>1)</sup> 100 OPC 30 + BS <sup>2)</sup> 70
	골재		천연 잔골재 순환 잔골재
	일라이트 치환(%)	4	0, 4, 8, 12
실험사항	굳지 않은 모르타르	2	플로 공기량
	경화 모르타르	2	압축강도 (7, 28일) 건조수축 길이변화율 (180일까지)

1) OPC : 보통포틀랜드 시멘트

2) BS : 고로슬래그

표 2. 일라이트의 물리·화학적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	입자크기 (μm)	화학적 성분 (wt, %)					
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
2.70	2~4	52.01	30.50	2.30	0.01	7.26	0.46

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 모르타르 특성

굳지 않은 모르타르의 특성 분석으로 그림 1과 그림 2는 OPC 100 % BS 70 % 각각에 천연잔골재 및 순환잔골재에 대한 일라이트 치환율 변화에 따른 플로 및 공기량 시험 결과를 나타낸 그래프이다. 먼저 플로의 경우 순환잔골재를 사용함에 따라 천연잔골재 대비 플로 값이 낮게 측정된 것을 알 수 있으며, 일라이트 치환율이 증가함에 따라 플로 값이 점차 낮아지는 것을 알 수 있다. 이는 점토광물인 일라이트의 수분 흡착력이 강함에 따라 치환율 증가에 따른 점성 증가가 플로에 영향을 미친 것으로 사료된다.

공기량의 경우 천연골재를 사용함에 따라 순환골재 대비 공기량이 높게 측정되는 것을 알 수 있으며, 일라이트 치환율이 증가함에 따라 소폭 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 점토광물인 일라이트의 미세한 입자가 모르타르의 공극을 채워줌에 따라 공기량이 저하된 것으로 사료된다.

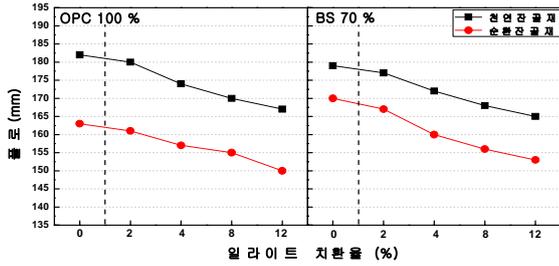


그림 1. 일라이트 치환율 변화에 따른 팽로

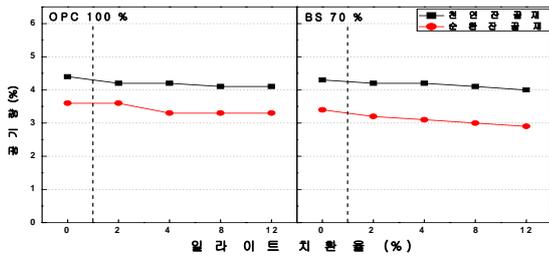


그림 2. 일라이트 치환율 변화에 따른 공기량

### 3.2 경화 모르타르 특성

경화 모르타르의 특성 분석으로 그림 3과 4는 OPC 100 % BS 70 % 각각에 천연잔골재 및 순환잔골재에 대한 일라이트 치환율 변화에 따른 압축강도를 나타낸 그래프 이고, 그림 5와 6은 건조수축 길이변화율의 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 먼저 압축강도의 경우 일라이트 치환율이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 결합재 중량비에 치환된 일라이트의 치환율이 증가할수록 수화 반응에 관여하는 결합재 저감으로 인해 강도가 감소되는 것으로 판단된다.

건조수축 길이변화율의 경우 순환잔골재를 사용함에 따라 천연잔골재 대비 길이변화 값이 큰 것을 알 수 있으며, 일라이트 치환율이 증가함에 따라 소폭 증가하는 것으로 나타내었다. 이는 점토광물인 일라이트의 수분 흡착력이 강함에 따라 측정 과정 중 일라이트 내에 머물고 있던 수분증발에 의한 것으로 사료되나, 그 차이는 미미하여 큰 영향은 없는 것으로 판단된다.

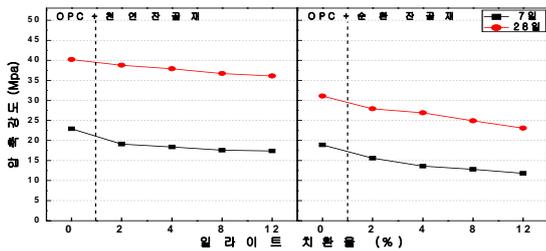


그림 3. 일라이트 치환율 변화에 따른 압축강도 (OPC)

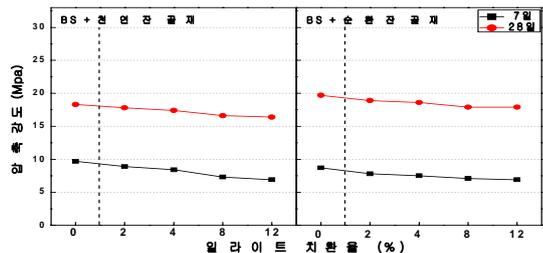


그림 4. 일라이트 치환율 변화에 따른 압축강도 (BS)

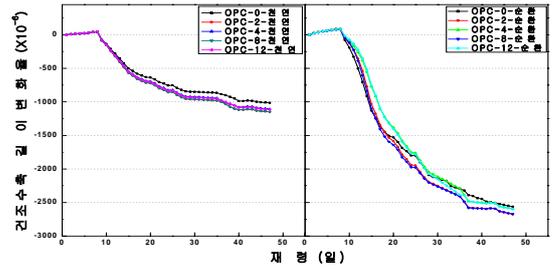


그림 5. 일라이트 치환율 변화에 따른 길이변화율 (OPC)

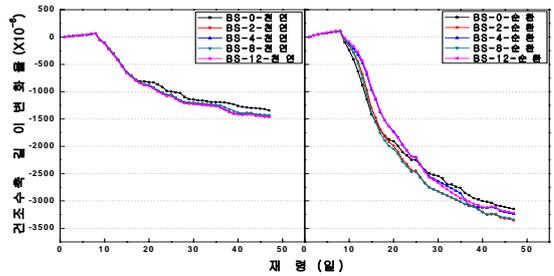


그림 6. 일라이트 치환율 변화에 따른 길이변화율 (BS)

## 4. 결 론

본 연구에서는 일라이트를 활용한 친환경 건축자재 개발을 목표로 두고 있으며, 이에 결합재 종류 및 골재 변화에 따른 일라이트 치환 모르타르의 기초적 특성을 실험을 통해 고찰하였는데 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지 않은 모르타르에서의 팽로, 공기량 측정 결과 일라이트 치환율이 증가함에 따라 값이 낮아지는 것으로 나타났다.

2) 경화 모르타르에서의 압축강도, 건조수축 길이변화율 측정 결과 일라이트 치환율 증가에 따라 압축강도의 경우 강도가 저하하는 경향을 나타내었으며, 길이변화율의 경우 수축율이 소폭 증가하거나 미미한 것으로 나타났다.

추후 일라이트의 특성분석과 치환에 따른 문제발생 요인에 대한 고찰, 압축강도 증진에 관한 추가적인 검토가 필요한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 한천구, 한민철, 강신구, 김대건, 백대현, 박경택, “순환골재 미분말 치환이 순환잔골재를 사용한 고로슬래그 모르타르의 특성에 미치는 영향” 대한건축학회 2011년도 춘계학술발표대회 논문집 - 구조계 제31권 제1호, 2011.4, 69-70 (2 pages)
2. 박경택, 손호정, 김대건, 김복규, 한민철, 한천구 “고로슬래그 미분말과 순환잔골재 사용 모르타르의 품질향상에 미치는 미분시멘트의 영향” 대한건축학회 2010년도 학술발표대회 논문집 - 구조계 제30권 제1호, 2010.10, 231-232 (2 pages)
3. 이충언, “일라이트의 친환경 건축자재화 연구” 동명대학교 건축공학과 학위논문(박사)
4. 김영규, “일라이트 표면에서 알칼리 금속들의 경쟁 및 흡착 특성” 2005년도 한국암석학회·한국광물학회 공동학술발표회 논문집, 2005.5, 7-10 (4 pages)

# 단독주택용 PV설비의 설치공간 활용 및 경관 개선방안

Improvement of Space Using and Landscape according to Installing Photovoltaic Equipment for Detached Houses

○박 병 훈\*      최 종 원\*\*      김 재 업\*\*\*  
Park, Byeong-Hun    Choei, Jong-Won    Kim, Jae-Yeop

## Abstract

This study aimed to discuss not only how to make the best use of these photovoltaic equipment installation spaces in detached houses but also how to deal with changes in the landscapes. According to the findings of the analysis, most of those spaces with the photovoltaic equipment installed are not being used most efficiently. The study also confirmed that the best use of the photovoltaic equipment installation spaces is realized when the spaces are used as a parking lot, a resting place, a storage room and others. When it comes to the landscapes, the study understood that how to make the photovoltaic equipment fit harmoniously into the current detached houses is what should be considered with the greatest significance.

키워드 : 단독주택, 태양광발전설비, 설치공간, 경관

Keywords : Detached House, Photovoltaic Equipment, Installation Space, Landscape

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

최근 신·재생 에너지의 보급이 확산되고 있으며, 그 중에서도 장소에 구애됨이 없이 에너지 취득이 가능하고 기존 건물외피에 시스템 적용이 어렵지 않은 PV시스템에 많은 지원과 보급이 이뤄지고 있다<sup>1)</sup>. 정부지원에 따라 단독주택용 PV설비를 설치하는 가구가 증가하고 있지만 설치된 공간 활용 및 경관에 대한 문제점들은 간과하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 논문에서는 단독주택에 보급되고 있는 3kW용량의 태양광발전설비를 기준으로 문헌조사와 현장방문조사 실시하였으며, 이를 통해 단독주택용 PV설비가 설치된 가구의 설치 공간 및 경관 실태를 분석하였다. 따라서 단독주택용 PV설비가 설치된 설치공간의 활용과 경관 문제에 대한 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

수 있다. 본 연구에서 태양광발전설비가 설치된 4개 지역 202가구를 분석해본 결과, 대부분의 가구가 옥상에 설치되는 것으로 분석되었다. 옥상이 109가구(54.0%)로 가장 많이 나타났으며, 지붕이 50가구(24.8%), 지면이 29가구(14.4%), 기타가 4가구(6.9%)의 순서로 설치되고 있었다.



그림 1. PV설비 설치유형

## 2. PV설비의 설치실태 분석

### 2.1 분석 방법

본 연구에서는 단독주택용 PV설비를 설치한 4개 지역(충주, 아산, 음성, 부여)의 현장방문을 통한 설문조사를 실시하였다. 총 202가구에 대해 설문조사가 이루어졌으며, 현장방문조사를 통해 PV설비가 설치된 단독주택의 공간 활용성과 경관 실태에 대해 분석하였다. 또한 PV설비의 설치 유형과 공간 활용의 성공 및 실패 사례를 분석함으로써 단독주택 경관에 미치는 영향을 분석하였다.

### 2.2 PV설비의 설치 위치

단독주택에 설치된 태양광발전설비의 설치유형으로는 옥상, 지붕, 지면 그리고 그 외의 것으로 4가지로 분류할

## 3. 사례분석을 통한 공간 활용 및 경관 개선방안

### 3.1 공간 활용의 성공 및 실패 사례

태양광발전설비를 설치한 202가구에 대한 현장방문조사를 해본 결과, 태양광발전설비의 공간을 휴식공간, 창고, 차고 등의 용도로 효율적으로 사용하는 가구가 있는 것으로 나타났다. 그 중 창고로 활용하는 가구가 가장 많았으며, 다음으로 휴식공간으로 나타났다. 그림 2와 같이 휴식공간과 창고의 용도로 활용하는 사례는 추가적인 구조물 또는 평상 등을 직접 설치하여 공간을 활용하였다. 그러나 대부분의 가구가 그림 3과 같이 태양광발전설비의 설치공간을 방치하거나 효율적으로 사용하고 있지 않았으며, 무분별한 물건의 적재로 인해 공간활용이 이루어지지 않을뿐더러 경관까지 훼손하는 모습을 볼 수 있었다.

\* 한국교통대 대학원 석사과정

\*\* 한국교통대 대학원 박사과정

\*\*\* 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : kimjy67@ut.ac.kr)



공간활용

휴식공간

그림 2. 공간활용



공간낭비

무분별한 적재

그림 3. 공간낭비

### 3.2 경관변화의 성공 및 실패 사례

태양광발전설비를 설치함으로써 경관이 향상되는 경우와 경관을 해치는 부분을 분석하였다. 경관이 향상되는 경우에는 아래 그림 4와 같이 지붕에 설치하는 경우와 모듈을 세로로 설치하여 차양설비의 기능까지 갖추어 경관을 향상시킨 사례를 발견할 수 있었다. 반면 경관을 해치는 사례로는 아래 그림 5와 같이 태양광발전설비를 정원이나 빈 공간에 그대로 설치하는 경우이다. 기존 주택과 어울림을 찾아보기 어렵고 태양광발전설비의 거치대인 철타물이 설치되면서 경관을 해치는 모습을 보이고 있다.



지붕

차양

그림 4. 미관이 향상된 예



정원

주택

그림 5. 미관이 해치된 예

## 4. PV설치공간 활용 및 경관 개선방안

### 4.1 PV설비 설치 공간의 활용방안

현장방문조사를 통해 단독주택에 설치된 태양광발전설비의 설치공간을 분석해본 결과 202가구 중 단 3.96%만이 공간 효율이 높은 것으로 나타났다. 태양광발전설비를 설치한 202가구 중 88.61%는 공간 활용이 전혀 이루어지지 않고 있었으며, 이러한 가구들은 빈 공간에 물건을 무분별하게 적재하는 등 사용 효율이 떨어지는 것으로 분석되었다. 따라서 설치공간을 보다 효율적으로 활용하기 위해서는 공간활용의 성공사례와 마찬가지로 참고형태

또는 태양광발전설비를 지면에 설치하여 휴식공간 및 차고로 사용하여 공간효율을 높여야 된다고 사료된다.

### 4.2 PV설비 설치에 따른 경관변화 개선방안

현장방문조사를 실시한 4개 지역 중 태양광발전설비가 설치된 55가구의 경관 변화에 대한 설문조사를 실시하였다. 건축전문가 10명과 건축공학과 학생 33명을 대상으로 설문조사가 실시되었다. 조사 결과, 태양광발전설비가 설치됨으로써 경관이 나빠졌다는 의견이 35.5%로 높게 나타나 경관에 대한 개선방안이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 태양광발전설비의 설치에 따라 경관을 향상시키기 위해서는 기존 주택과 조화를 이룰 수 있으며, 앞서 분석한 경관변화의 성공적인 사례와 마찬가지로 태양광발전설비를 이용하여 차양기능을 추가시켜 설치하는 등 경관을 해치는 것을 최소화 하여 설치되어야 한다고 사료된다.

## 5. 결론

본 논문은 단독주택용 PV설비가 설치된 가구의 설치공간 및 경관 실태를 분석하였다. 이를 통해 단독주택용 PV설비가 설치된 설치공간의 활용과 경관 문제에 대한 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 중요한 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 태양광발전설비의 설치공간의 활용이 매우 낮은 것으로 분석되었다. 현재 실태로는 물건을 무분별하게 적재하는 등 설치공간을 방치하는 것으로 나타났다. 설치공간의 활용을 높이기 위해서는 공간 활용의 성공사례와 마찬가지로 창고, 차고, 휴식공간 등의 용도로 사용하여 효율을 높여야 한다고 판단된다. 경관변화에 대한 설문조사를 실시한 결과, 태양광발전설비가 설치됨으로써 경관이 나빠졌다는 의견이 높게 나타났다. 경관을 향상시키기 위해선 기존 주택과 조화를 이룰 수 있으며, 앞서 분석한 경관변화의 성공적인 사례를 반영하고, 경관을 해치는 것을 최소화 하여 설치되어야 한다고 사료된다.

향후 연구에서는 좀더 조사범위를 넓히고, 보다 효율적인 공간활용 및 경관에 대한 추가적인 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 윤두영, 이웅직, 김준희, 이두호, 공공건물에 설치한PV시설 운영에 관한 실태조사 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 2013.5
2. 김지수, 이웅직, 김대현, 황슬기, 체전지역에 설치된 주택용 PV시스템 개선안에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, 2010.11
3. 정용복, 주택지붕 형상에 따른 태양광발전 모듈의 음영영향평가연구, 한밭대학교 석사학위논문, 2005.11

# 매트기초 타설을 위한 매스콘크리트 수화열 해석에 관한 연구

A Study on Hydration Heat Analysis of Mass Concrete for Mat Foundation Casting

○박길범\* 이창준\*\* 김옥규\*\*\* 김관구\*\*\*\* 최병주\*\*\*\*\*  
Park, Gil-Beom Lee, Chang-Joon Kim, Ok-Kue Kim, Kwan-Gu Choi, Byung-Ju

## Abstract

This study found out possibility of crack through hydration heat analysis of mass concrete for mat foundation casting. Therefore, it was to review the material properties. And these values were based on finite element analysis. As a result, possibility of crack of mat foundation was low.

키워드 : 수화열 해석, 매스콘크리트, 매트기초,

Keywords : Hydration Heat Analysis, Mass Concrete, Mat Foundation

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적<sup>1)</sup>

최근 국내에서의 고층 주거시설은 주상복합 건축물을 중심으로 빠른 속도로 증가하고 있으며 더욱 고층화 되고 있는 추세이다. 이러한 고층의 건축물을 지지하기 위해 매트기초가 매스콘크리트로 시공되는 경우가 많아지고 있는 상황이다.

이때, 일정 두께 이상의 콘크리트 구조체(매트기초)는 수화열 발생으로 인한 구조체 내부 및 외부의 온도차이가 심하게 일어난다. 이 온도차는 콘크리트 구조체의 내·외부 균일하지 않는 부피팽창을 초래하고 이에 원치 않는 인장응력을 구조체에 유도한다. 이러한 인장 응력은 시간에 변화하며, 이 응력이 해당 시간의 콘크리트 인장강도보다 클 경우 콘크리트의 균열(수화열 균열)의 원인이 되기도 한다.

본 연구는 한중콘크리트 시공 환경 하에서 매트기초를 매스콘크리트로 타설 시에 발생하는 수화열에 대한 해석을 통하여 균열 발생 가능성을 알아보고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 매트기초를 위한 매스콘크리트의 수화열 해석을 위하여 주어진 재료로부터 가정된 열적, 역학적 재료 특성을 이용하여 열전도 해석과 열응력 해석을 수행한 후 균열발생 가능성에 대한 평가를 수행하였다.

연구의 대상이 되는 건물의 매트기초는 2.5m로서 설계 기준강도 30MPa로 설계되어 있고, 공정 상 한중콘크리트 시공 기간에 시공될 것으로 가정하였다.

## 2. 수화열 해석을 위한 조건

### 2.1 수화열 열해석을 위한 재료물성

수화열 열해석을 위한 열적 재료 물성으로는 콘크리트 자체에 대한 물성과 양생 시 타설면 재료의 물성이 있다. 다음 표 1은 열적재료 물성에 대한 가정을 보여준다.

표 1. 수화열 열해석을 위한 콘크리트의 열적재료 물성

항목	재료	타설면 재료	열전도율 (kcal/mh <sup>2</sup> °C)
비열 (kcal/kg <sup>2</sup> °C)	0.25	노출	14
밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	2300	목재거푸집	8
열전도율 (kcal/mh <sup>2</sup> °C)	2.3	버블시트	2

### 2.2 수화열 응력해석을 위한 재료물성

시간에 따른 수화열 열응력 해석 시에 콘크리트의 시간에 따른 탄성계수가 필요하며, 또한 응력해석 결과와 해당 재령의 인장강도의 비교를 통한 균열지수 평가를 위해서 강도 발현 계수가 필요하다. 이를 위한 콘크리트 역학적 재료 물성으로 다음 표 2의 값을 이용하였다.

표 2. 콘크리트의 역학적 재료 물성 가정 값

항목	상부	하부
28일 압축강도(MPa)	30	30
91일 압축강도(MPa)	34.56	42.08
91일 탄성계수(GPa)	27.63	30.49
압축강도발현계수 a	6.2	0.93
압축강도발현계수 b	16.2	0.82

### 2.3 수화열 해석을 위한 조건

매트기초와 같은 매스콘크리트 내부의 열적상태는 단열상태에서의 수화열 발생으로 가정할 수 있다. 상부 및 하부 타설 콘크리트의 단열온도 상승곡선을 가정하기 위한 모형인자는 표 3과 같으며, 이에 대한 단열상승온도 곡선은 그림 1과 같다.

표 3. 단열온도 상승곡선 모형계수

상부		하부	
최대단열 상승온도(°C)	반응속도 계수(r)	최대단열 상승온도(°C)	반응속도 계수(r)
42.7	0.9288	41.0	0.7671

\* 충북대 대학원 박사과정  
\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사  
(교신저자 : cjlee@chungbuk.ac.kr)  
\*\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\*\* 충북대 대학원 석사과정  
\*\*\*\*\* 충북대 건축공학과 겸임교수, 공학박사

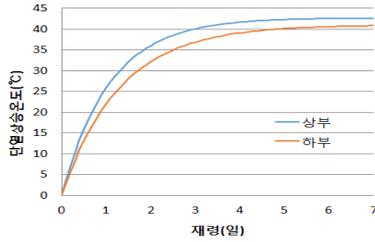


그림 1. 단열온도 상승곡선 모형

콘크리트 타설 시 온도는 영상5°C로 가정하였으며, 측면 거푸집은 합판 재질을 사용한 경우로 가정하였다. 또한 타설 표면의 양생은 버블시트를 사용한 것으로 가정하였고, 하부 콘크리트 타설과 상부 콘크리트 타설 시간 차이는 5시간으로 가정하였다.

외기온도는 청주의 2월 온도 30년 평균값으로 가정하였다.

표 4. 청주 2월 기온 평균값(1981~2010년)

평균기온(°C)	최고기온(°C)	최저기온(°C)
0.3	6.0	-4.6

### 3. 유한 요소 해석 모형

#### 3.1 유한 요소 해석 모형

본 연구에서는 매트콘크리트 기초의 수화열에 의한 열전달 해석과 열응력 해석을 위하여 유한 요소 해석방법을 이용하였다. 이를 위하여 상용 코드인 마이다스를 사용하였다.

본 해석에서 사용된 유한 요소 격자는 x-z평면과 y-z평면을 중심으로 대칭이며, 온도 및 응력의 변화가 큰 경계영역을 조밀하게 나누어 구성하였다.

또한, 매트기초 하부 구조와의 열전달을 고려하기 위하여 지반을 모형의 일부분으로 포함시켰다.

#### 3.2 온도해석 결과

해석 결과 최고 상승시점에서의 매트기초 중심부 온도가 42°C이고 표면의 온도가 30°C로써 약 12°C의 차이가 발생함을 알 수 있었다.

#### 3.2 응력해석 결과 및 온도균열 지수

다음 그림 3은 온도해석 결과를 바탕으로 산정된 매트기초의 응력 분포 예이다. 매트기초의 중앙부의 경우 낮은 응력의 균등한 분포를 보이며 경계로 갈수록 상대적으로 높은 응력의 급한 변화를 볼 수 있다.

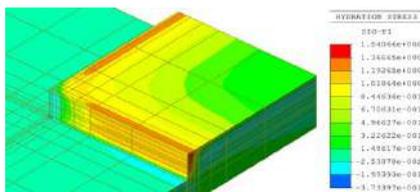


그림 3. 온도응력 분포 - 예시

온도균열 지수 평가 위치 선정은 응력의 크기가 클 것으로 예상되는 A점과 매트기초 중앙부의 표면 위치를 포함하여 총 4곳을 지정하였다. 그 위치는 그림 4와 같다.

며, 각 위치에 따른 온도균열 지수는 그림5와 같다.

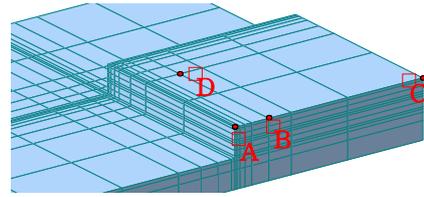


그림 4. 온도 균열 지수 평가 위치

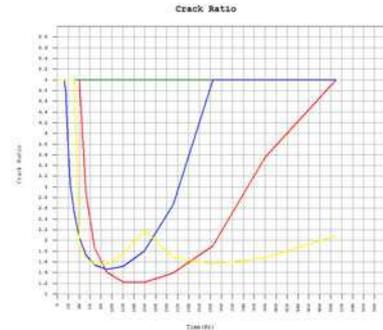


그림 5. 온도 균열 지수

위치	온도 균열 지수	온도균열 발생 가능성 순위
A	1.2	1
B,D	1.4	2
C	5	3

### 4. 결론

본 연구는 매트기초 타설 시 매트콘크리트의 수화열 발생에 대하여 해석을 실시하였다.

온도해석 결과 매트기초 중심부와 표면의 온도차는 약 12°C가 발생함을 알 수 있었다.

응력해석 결과, 매트기초의 중앙부의 경우 낮은 응력이 고루 분포하고 있었으며 외곽으로 갈수록 높은 응력을 갖는 것을 알 수 있었다.

온도균열 지수를 분석한 결과, 온도균열 취약부분의 균열지수가 1.0을 초과함으로써 균열 발생가능성은 다소 낮은 것으로 판단된다.

향후, 이 결과를 바탕으로 최적의 배합설계를 진행하고자 한다.

### 참고문헌

- 김남이, 김철성, 이응현, 이학기, 주상복합 건물의 유지관리 현황에 관한 연구, 한국건설관리학회 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 2008
- 이원동, 지남용, 박기봉, 정행철, 강대훈, 수화열 해석을 통한 매트기초의 양생방법에 관한 해석적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2007
- 콘크리트표준시방서, 국토교통부
- 한중 매트콘크리트 배합설계, 수화열해석 및 온도 균열 저감 방안 제시와 고강도 콘크리트의 제조 및 시공 품질관리, 충북대학교 산학협력단, 2015

# 생산지별 고로슬래그미분말 치환 시멘트 모르타르의 유동특성

## Fluidity Properties of Cement Mortar Incorporating Blast Furnace Slag from Various Sources

○이 건 영\*                      이 건 철\*\*                      최 중 구\*                      고 동 근\*  
Lee, Gun-Young                      Lee, Gun-Cheol                      Choi, Jung-Gu                      Ko, Dong-Guen

### Abstract

In this research, to evaluate the effect of blast furnace slag from various sources on the workability of fresh state concrete, the rheological properties of fresh state mortar incorporated blast furnace slag were examined quantitatively. The summary of the results is as follows: For the different sources of the blast furnace slags, as the replacing ratio was increased, the shear stress was decreased from 12 to 619 Pa to 0 to 140 Pa. It suggests that the increased replacing ratio decreases the degree of the impact of different sources of the blast furnace slag.

키워드 : 고로슬래그 미분말, 생산지, 유동특성

Keywords : Blast Furnace Slag Powder, Various Sources, Fluidity Properties

### 1. 서 론

고로슬래그 미분말은 생산지에 따라 원재료인 슬래그의 품질, 생산방법의 차이로 물리·화학 성질이 서로 상이하여 고로슬래그 미분말을 사용하는 콘크리트의 품질 및 굳지 않은 성질에도 영향을 미칠 것이라 예상된다. 그러나 고로슬래그 미분말 생산지별 차이에 대한 검토 및 정량적 연구는 미미한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 고로슬래그미분말 생산지에 따른 품질이 유동성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 고로슬래그 미분말을 치환한 고강도 모르타르를 대상으로 레올로지 시험을 통해 정량적으로 검토하였다.

### 2. 실험개요

본 연구의 실험 계획은 표 1과 같다. 고로슬래그 미분말은 국내 A 사(인천), B 사(포항), C 사(광양)의 3종 고로슬래그미분말을 사용하였다. 배합은 국내 현장에서 적용되는 목표설계기준강도 60, 100 MPa의 배합을 기초로 시험을 실시하였으며 고로슬래그미분말의 치환율은 시멘트 질량대비 0, 20, 40, 60 %로 각각 치환하여 실험하였다. 시험방법으로 1/2 슬럼프 플로는 KS F

2476에 의거하여 시험 후 퍼짐량을 측정하였다. 레올로지 정수 측정은 Brookfield사의 R/S Solids 타입의 레오미터를 사용하고, 스펀들은 가로×세로의 비 30×60 mm의 베인스핀을 사용하였으며, 레올로지 정수를 측정하기 위한 전단변형 속도는 0.1~10/s 범위로 설정하였다.

### 3. 실험 결과 및 분석

\* 한국교통대학교 대학원 석사과정

\*\* 한국교통대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

(Corresponding author: gcleee@ut.ac.kr)

### 3.1 1/2 슬럼프 플로

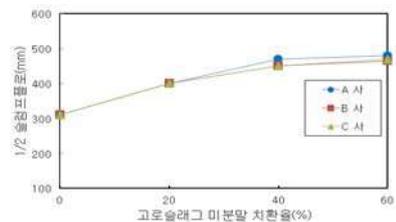
그림 1은 고로슬래그미분말 생산지 및 치환율에 따른 1/2 슬럼프 플로를 목표 설계 기준 강도에 따라 각각 나타

표 1. 실험계획

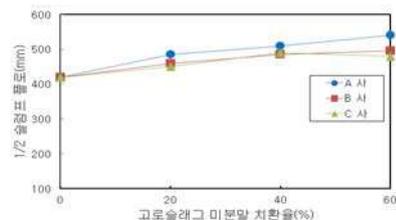
실험요인	실험수준	
목표 강도(MPa)	2	60, 100
고로슬래그미분말 종류	3	A사, B사, C사
고로슬래그미분말 치환율(%)	4	0, 20, 40, 60
실험사항	2	- 1/2 슬럼프 플로 시험 - 레오미터 시험

표 2. 고로슬래그미분말의 물리·화학적 성질

구분	A사	B사	C사	
밀도(g/cm <sup>3</sup> )	2.85	2.85	2.85	
분말도(cm <sup>2</sup> /g)	5 829	6 471	6 792	
화학 성분	CaO	42.0	42.2	40.3
	SiO <sub>2</sub>	32.1	33.1	32.1
	MgO	3.3	2.7	4.5
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.9	14.0	13.8
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4	0.4	0.4
SO <sub>3</sub>	3.6	1.7	2.7	



a) 60 MPa



b) 100 MPa

그림 1 BS 생산지 및 치환율 변화에 따른 1/2 슬럼프 플로

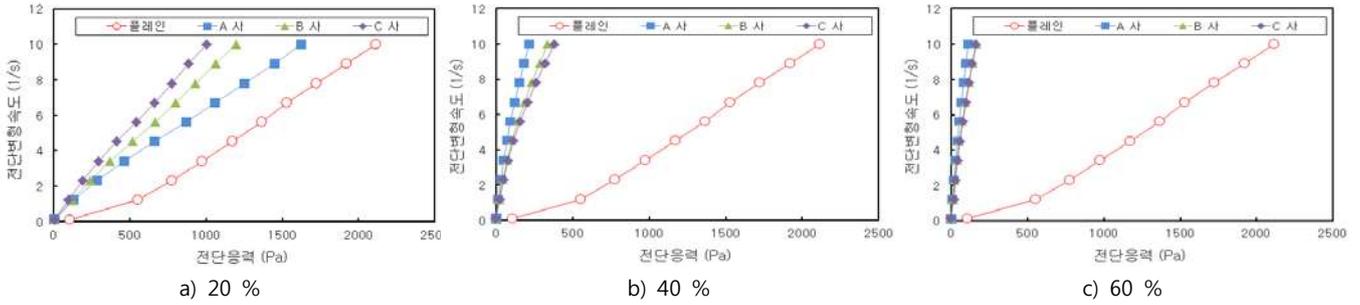


그림 2 BS 산지 및 치환율 변화에 따른 컨시스턴시 곡선 (60 MPa)

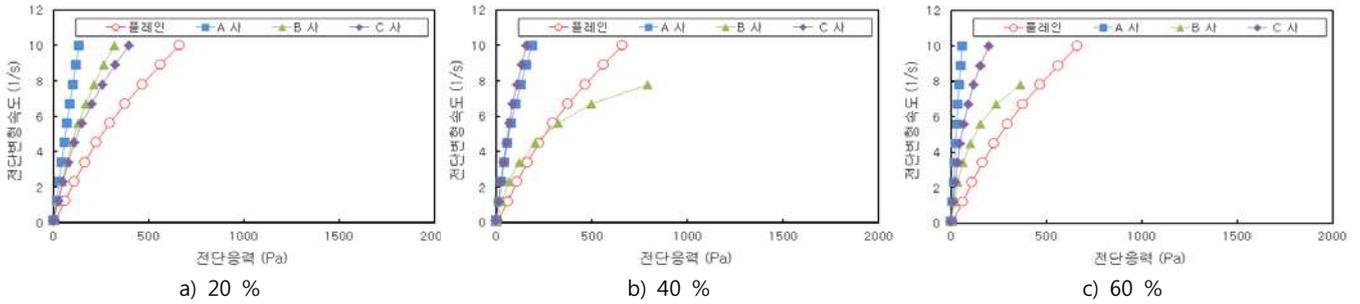


그림 3 BS 산지 및 치환율 변화에 따른 컨시스턴시 곡선 (100 MPa)

낸 것이다. 60 MPa의 경우 300~350mm를 목표 1/2 슬럼프 플로로 설정하였으며, 100MPa 배합의 경우 400mm 이상을 목표 1/2 슬럼프 플로로 설정하여 실험하였다.

전반적으로 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 1/2 슬럼프 플로의 값은 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 고로슬래그 미분말의 경우 물과 접촉 시  $Ca^{2+}$  이온의 용출로 표면에 불투과성 산화피막을 형성시키는데 이 피막에 의한 코팅효과로 고로슬래그 미분말이 물을 구속하지 못하는 효과 즉, 응집력 저하하기 때문으로 사료된다. 생산지에 따라 60 MPa의 경우 플로의 차이는 0~20 mm내로 미미한 차이를 나타내었으며 100MPa의 경우 40 %이하의 범위에서 25mm내의 미미한 차이를 나타내었다.

### 3.2 컨시스턴시 곡선

그림 2와 3은 레오미터 시험을 통해 얻어진 컨시스턴시 곡선으로 전단응력과 전단속도와의 관계를 목표 강도에 따라 각각 나타낸 것이다. 전반적으로 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 전단속도에 따른 전단응력은 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 앞서 말한 바와 같이 고로슬래그 미분말의 특성에 의한 영향으로 응집력의 저하에 의한 점성이 감소하기 때문으로 사료된다.

한편, 60 MPa의 전단응력보다 100 MPa의 전단응력이 더 작은 것으로 나타났는데 이는 초기 목표 1/2 슬럼프 플로를 만족하기 위한 혼화제의 첨가량에 따라 결합력의 감소에 의한 것으로 사료된다.

생산지에 따라 60 MPa의 전단응력의 차이는 치환율 20 %에서 423~619 Pa, 40 %에서는 119~163 Pa, 60 %에서는 7~56 Pa의 범위를 나타내 치환율이 증가 할수록

차이는 감소하는 것으로 나타났다. 100 MPa의 경우 치환율 20 %에서 전단응력은 0~395 Pa의 범위를 나타내었으며 상대적으로 A 사의 경우 낮은 전단응력을 나타내었다. 치환율 40 %이상에서 B 사의 경우 전단응력이 급격히 증가하는 경향을 나타냈는데 이는 고밀도의 서스펜션 상태에서 혼화제 및 잉여수에 의해 널리 분포되어있던 입자들 다수가 회전전도계에 의해 뭉침 현상 즉, 다일레이턴시 현상이 발생하였기 때문으로 사료된다.

### 4. 결 론

본 연구는 고로슬래그 미분말 생산지에 따른 시멘트 모르타르의 유동특성을 레올로지 시험을 통해 정량적으로 검토하였는데 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 1/2 슬럼프 플로는 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났으며, 생산지 별 플로의 차이는 미미한 것으로 나타났다.
- 2) 전단응력은 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 60MPa의 경우 고로슬래그 미분말 치환율이 증가함에 따라 생산지 별 전단응력의 차이는 미미해 지는 것으로 나타났으나 100 MPa의 경우 뚜렷한 경향은 나타나지 않았다.

### 참고문헌

1. 임지희, 이진철, 고로슬래그미분말의 분말도가 모르타르의 레올로지 성질에 미치는 영향, 대한건축학회 논문집-구조계, Vol 30, No.6, pp.51-58, 2014, 06

# 시공 VE 사례분석 및 개선방안

## Construction VE(Value Engineering) case analysis and Improvement

○ 서 유 현\*      박 길 범\*\*      김 옥 규\*\*\*      최 병 주\*\*\*\*  
Seo, Yu-Hyun      Park Gil-Beom      Kim, Ok-Kyue      Choi, Byung-Ju

### Abstract

The purpose of this study is to improve construction VE by understanding problems of the current construction VE. And two case analysis of construction VE, and analyzed the various documents. The results of analysis, lack of awareness of construction VE, approval period of VE, a new choice of risk, the problem became clear at the portion of the incentive system. The presented the idea of construction VE database construction in order to solve this problem.

키워드 : 시공 VE, 사례분석, 데이터베이스

Keywords : Construction VE, Case Analysis, Database

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

국내의 VE(Value Engineering)는 1980년대 중반부터 도입 되었고, 정부는 기술개발보상제도를 제정하여 시공 VE 정착에 노력하고 있지만 현재 시공VE의 사례가 적고 적용된 시공VE의 사례에도 성과가 효과적이지 않았다. 본 연구에서는 시공VE의 적용사례와 전문가 인터뷰, 각종 관련논문을 참고하여 진행과정을 파악하고, 시공VE의 문제점을 찾아 개선하는데 목적을 두었다.

#### 1.2 연구의 방법

본 연구는 국내 시공VE관련 논문과 사례를 바탕으로 연구,조사 하였다. 연구한 자료를 바탕으로 실제 시공VE현장을 방문해 문제점, 적용성과, 진행과정 등을 조사하였다.

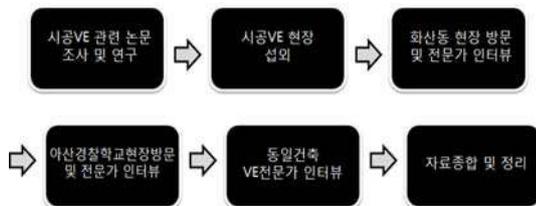


그림 1. 연구 진행과정

### 2. 이론적 고찰

#### 2.1 VE사례 분석

화산동 주민 복지 센터현장과 아산시 경찰학교 현장 두 현장 모두 실제 VE를 실행한 현장이다. 실제 현장에서 제안한 VE를 시공하여 시공성 향상, 미관성 향상, 경제적 효과 등을 표 2와 표 4를 통해 보여 주고자 하였다.

\* 충북대 대학원 석사과정  
\*\* 충북대 대학원 박사과정  
\*\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\*\* 충북대 공학박사

표 1. 화산동 주민 복지 센터 건물개요

	화산동 주민복지 센터	
	연면적	13,706m <sup>2</sup>
	구 조	철근콘크리트조 부분철골조
	규 모	지하 1층 지상 4층

표 2. 제안한 VE 의견 사례

개선전	개선후
지하주차장 바닥 침투성 방수 → 배수관 추가 시공성 향상/ 약 3100만원 절감효과	

표 3. 경찰학교 건물개요

	아산시 경찰학교	
	연면적	81,336m <sup>2</sup>
	구 조	철근콘크리트 부분철골조
	규 모	지하 1층 지상 6층

표 4. 제안한 VE 의견 사례

개선전	개선후
본관 주출입구 장애인용 램프 옹벽 삭제 입구의 개방성 개선/ 약 250만원 절감효과	

### 3. 시공 VE의 문제점

#### 3.1 시공VE에 대한 인식 부족

발주자 대부분 시공VE에 대한 개념에 대해 이해가 부족하여 새로운 대안에 대해 긍정적이기 어렵다.

#### 3.2 시공VE의 승인 기간

시공VE를 실시하여 변경된 사항이 있어 관련 기관에 허가를 받을 때에 기간이 오래걸린다.

#### 3.3 새로운 제안에 대한 위험부담

새로운 대안으로 제안을 하여 시공을 했을 때 실패할 경우 시간적, 경제적, 기술적 부담이 크다.

#### 3.4 시공VE의 인센티브 제도

현재 국내에서도 인센티브 제도로 기술개발보상제도가 있지만 보상제도가 국내사정에 맞지 않아 적절한 보상을 받지 못한다.

### 4. 시공 VE의 개선방안

각 건설사 마다 자료를 가지고 있기 때문에 그 자료들을 종합하여 데이터베이스를 구축하고, 구축한 자료를 바탕으로 실제 시공현장마다 적합한 사례를 찾아 그 사례를 참고하여 시공의 아이디어를 제시한다.

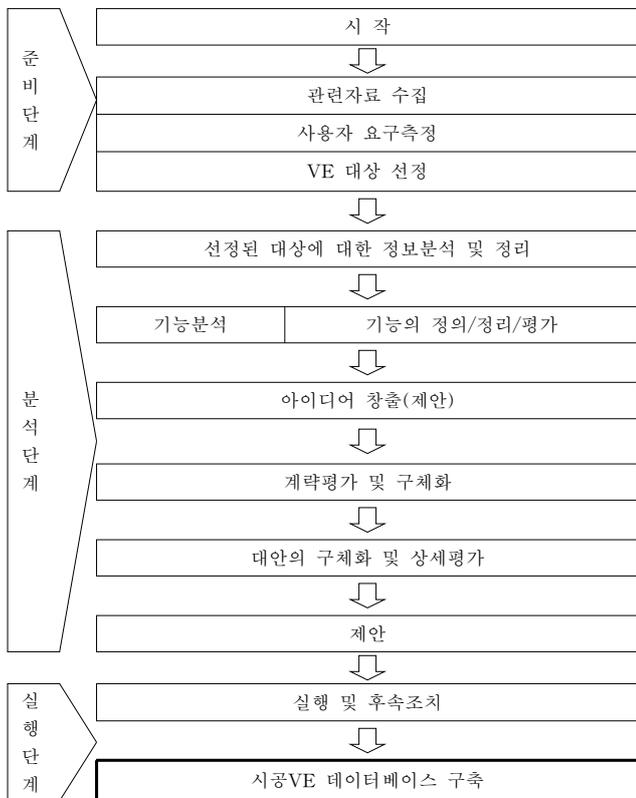


그림 2. 개선방안의 진행과정

### 5. 개선방안에 대한 전문가 인터뷰

개선방안에 대한 인터뷰 결과 1.VE사례를 활용한다면 도움이 될 것 2.항목별로 세분화 한다면 긍정적 효과기대 3.대외비성 자료를 제외 한다면 긍정적임 이처럼 3가지로 요약 할 수 있고 인터뷰내용은 표5와 같다.

표 5. 인터뷰 내용

구분	내용
VE전문가 A	각 건설사마다 VE자료는 있기 때문에 데이터베이스화 시키기는 쉽고, 항목별로 구분을 짓는다면 효율적인 방안이라고 생각됨.
VE전문가 B	자료 중 대외비성을 제외하고 자료를 공개한다면 전체적으로 긍정적인 효과가 있을 거라고 생각함.
VE전문가 C	비슷한 시공VE 사례가 있을 경우 아이디어 측면에서 도움이 될 것이라고 생각함.
시공전문가 A	자료를 세분화 한다면 좋은 아이디어라고 생각함.

### 6. 결 론

건설사들은 고비용, 저효율의 생산구조를 줄이고 고품질의 건축물을 위해 VE를 도입하였지만 시공VE의 경우 법적으로 강제하지 않기 때문에 적용사례가 미비하고 적용성과도 저조하다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 시공VE의 절차를 이해하고, 시공VE의 사례와 전문가 인터뷰, 관련논문 등을 연구하여 문제점을 파악한 후 개선방안을 제시하였다.

제시한 방안으로는 시공VE의 데이터베이스 시스템을 활용한다면 이전의 사례들을 보고 시공VE를 보다 쉽게 활용할수 있어 적용사례가 증가되고, 상황에 맞는 시공을 하게 됨으로서 성과가 높아질 것으로 예상되어 보다 현실성 있는 시공VE가 적용 될 것이라고 예상된다.

제시한 개선방안 외에도 많은 개선방안들이 존재하는데 이를 적극적으로 활용하고 발전 시킨다면 국내 건설 VE를 더욱 적극적으로 활용 될 것 이며, 국내 건설 업계의 기술을 강화 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 서용철 (2007). 국내 건설VE 운영현황과 발전방향
2. 김용수, 김영훈 (2010). 공동주택 시공VE 사례분석을 통한 설계VE 효율화방안
3. 한국건설산업연구원. 박찬식, 최석인, 이영환, 이종수, 이지영. 건설공사 생산성 향상을 위한 시공 VE 제도 개선방안
4. 손명섭, (2008). 시공VE도 준비 할 때다. CM News
5. 선엔지니어링, 화산동 VE보고서
6. 신화엔지니어링, 경찰대학 VE보고서

# 실험실 가속 조건에 따른 건축용 유기계 단열재의 단열성능 변화에 관한 연구

A Study on the Change of the Thermal Insulating Performance of Building Organic Insulating Material in Accordance with the Acceleration test in the lab

○ 임 순 현\*      이 건 철\*\*      최 중 구\*\*\*      이 건 영\*\*\*      고 동 근\*\*\*  
Lim, Soon-Hyun      Lee, Gun-Cheol      Choi, Jung-Gu      Lee, Gun-young      Ko, Dong-Guen

## Abstract

Comparing change with passage of time under environmental condition of method of acceleration test in the lab for 100 days, type 1 item 1 and type 2 item 2 of bead method for foamed polystyrene insulating material showed no change with the passage of time and type 1 of extrusion method for foamed polystyrene insulating material showed deterioration of change with the passage of time in 14 %. The type 2 item 2 of hard polyurethane foam insulating material showed the largest deterioration of change with the passage of time in 24 %.

Generalizing the above details, insulating material for architecture showed very high correlation depending on materials, types or environmental condition of the place of installation.

키워드 : 건축용 유기계 단열재, 실험실 가속 조건, 단열성능

Keywords : Building Organic Insulating Materials, Acceleration test in the lab, Insulating Performance

## 1. 서 론

건축물에서 소비되는 에너지를 절감하기 위한 사회적 요구가 높아짐에 따라 건축용 단열재의 역할이 더욱 중요시 되고 있다. 현재 구조물에 사용되는 단열재의 단열 성능은 초기성능을 기준으로 설계 시에만 반영되고 있으며, 건축물에 시공 된 후의 단열성능의 변화에 대한 관리는 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 단열재의 수명기간 동안 건축 구조물에서 단열성능을 유지하기 위해서는 시간과 환경영향에 따른 단열재의 성능저하가 고려되어야 하나 이러한 장기적인 단열재의 성능변화에 대한 평가는 미미한 상태이다. 특히 침수가 되거나 결로에 의해 발생된 수분으로 인한 동결 융해가 반복되는 환경에서의 단열성능 저하에 대한 연구는 전무하며, 건축 구조물의 사용 환경에 따른 단열성능의 평가에 어려움을 겪고 있다<sup>1)</sup>.

따라서 본 연구에서는 우리 건축물에 대표적으로 많이 사용되고 있는 단열재 중 발포 폴리스티렌 단열재(EPS 1종 1호, EPS 2종 1호, XPS 1호) 및 경질 폴리우레탄폼 단열재(PUR 2종 2호)로 환경 및 시간의 변화에 따른 단열성능저하 변화를 정량적으로 상대 비교 분석하여 각각의 조건별 단열성능을 비교하였으며, 이 측정된 결과를 바탕으로 제품별 사용수명, 기간별 단열성능 저하량 평가 조건에 맞는 단열재 선택 등의 하나의 참고자료로 제시하고자 한다.

## 2. 실험 개요

### 2.1 실험계획

단열재 종류로는 건축공사 현장에서 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 발포 폴리스티렌 단열재(비드법 1종, 비드법 2종, 압출법) 및 경질 폴리우레탄폼 단열재(2종) 4 종류를 선정하였다. 표준 환경 조건에서 4개월의 예비실험 후 전처리 방법으로 실험실 가속 조건 방법에 의하여 실시하였다. 실험실 가속 조건의 측정 시기는 0, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100일에서 측정을 실시하였다. 측정항목으로는 열전도율을 측정하였다.

표1. 단열재의 물리적 성질

단열재 종류	밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	압축강도 (N/cm <sup>2</sup> )	흡수량 (g/100 cm <sup>3</sup> )	열전도율 [평균온도 : (23±2) °C] [W/(m · K)]
발포 폴리스티렌 (비드법 1종 1호)	38	26	0.2	0.034
발포 폴리스티렌 (비드법 2종 1호)	31	20	0.3	0.032
발포 폴리스티렌 (압출법 1호)	34	31	0.1	0.024
경질 폴리우레탄폼 (2종 2호)	38	12	1.3	0.019

### 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 단열재로는 발포 폴리스티렌 단열재 EPS 1종 1호, 발포 폴리스티렌 단열재 EPS 2종 1호, 발포 폴리스티렌 단열재 XPS 1호는 2014년 1월 국내 G사에 생산된 제품을 사용하였으며, 경질 폴리우레탄 폼 단열재

\* 한국교통대학교 공학석사

\*\* 한국교통대 건축공학과 부교수, 공학박사  
(Corresponding author : glee@ut.ac.kr)

\*\*\* 한국교통대학교 석사과정

PUR 2종 2호는 2014년 2월 국내 Y사에서 생산된 제품을 사용하였는데, 각 재료의 물리적 성질은 표1와 같다.

### 2.2 실험방법

가속 조건시험은 표면을 처리하지 않는 단열재 제품의 열전도율을 측정하는 시험 방법으로 사진1와 같이 10±0.5 mm의 균질한 두께로 슬라이스 한 시험편을 KS M ISO 11561 규정에 따라 91±7일 동안 동일한 조건에서 전처리 한 후 여러 개의 슬라이스를 적층하여 시험편의 열전도율을 측정 하였다.

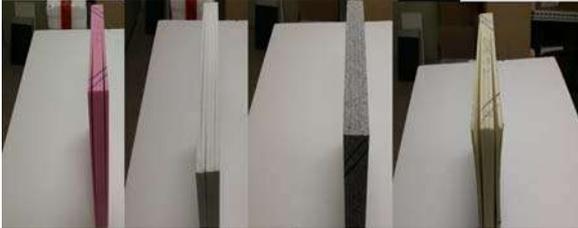


사진1. 실험실 가속 시험

### 3. 실험결과 및 분석

그림 1은 실험실 가속 시험에 의한 단열재 종류별 열전도율 변화를 나타낸 것이다. EPS-1-1은 24시간 경과 후를 0일로 하여 측정을 시작하였는데, 이 때의 열전도율은 0.033 W/(m·K)이 었으며, 100일 후의 측정값도 0.033 W/(m·K)으로 나타나, 초기에 비해 경시변화는 발생하지 않았다. 또한, EPS-2-1은 초기 열전도율이 0.032 W/(m·K), 100일의 열전도율이 0.033 W/(m·K)으로 측정되어, 경시변화가 미미하였다. 또한 초기 측정된 열전도율 값은 KS M 3808 품질 규정 기준 값 0.031 W/(m·K)보다 약간 높게 측정 되었다.

XPS-1는 초기 열전도율이 0.029 W/(m·K)이 었으며, 100일이 0.033 W/(m·K)으로 나타났다. 또한 초기 측정된 열전도율 값은 KS M 3808 품질 규정 기준 값 0.028 W/(m·K)보다 약간 높은 0.029 W/(m·K)의 결과 값이 측정 되었다. 경시변화율은 약 14 %로 초기 20일까지는 경시변화가 빠르게 나타나고 20일 후에는 서서히 경시변화가 진행되었다.

PUR-2-2은 초기 열전도율이 0.021 W/(m·K), 100일의 값이 0.026 W/(m·K)으로 나타났다. 또한 KS M 3809 품질규정 기준 값은 0.023 W/(m·K) 이하로 규정하고 있으며 20일 이 후 0.024 W/(m·K)로 평가되어 품질규정을 초과하기 시작 하였다. 경시변화량은 0.005 W/(m·K)으로 초기 열전도율 대비 약 24 % 단열성능이 저하 되었다. 총 4종의 단열재를 실험실 가속 시험(B법)에서 경시변화를 비교한 결과, EPS-2종, EPS-1종은 경시변화가 거의 나타나지 않았으며, XPS-1호는 초기 열전도율(0일) 대비 14 %의 경시변화가 발생하였다. 또한, PUR-2종은 초기 열전도율(0일) 대비 24 %의 경시변화가 발생하여 경질 폴리우레탄 폼 단열재가 경시변화율이 가장 높게 나타났다.

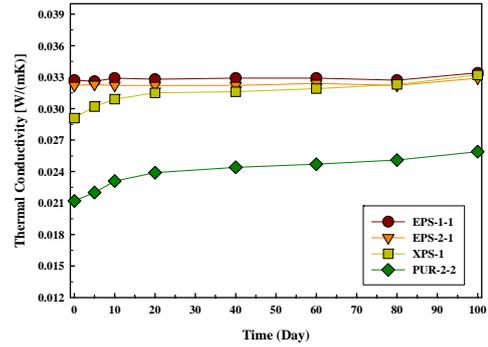


그림 1. 실험실 가속 시험에 의한(B법) 열전도율 변화 비교

### 4. 결 론

본 연구는 건축용 유기계 단열재를 대상으로 가속 내구성 조건에서의 단열 성능 변화를 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

실험실 가속 시험 조건에서 100일 동안 경시변화를 비교한 결과 발포폴리스티렌 단열재 비드법 1종 1호, 2종 2호는 경시변화가 일어나지 않았으며, 발포폴리스티렌 단열재 압출법 1호는 경시변화율이 14 %로 초기 20일까지는 빠른 경시변화가 나타나지만 이후 경시변화가 감소하였다. 반면, 경질 폴리우레탄 폼 단열재 2종 2호는 장기간에 걸쳐 경시변화가 계속해서 일어나 경시변화는 24 %로 가장 큰 저하를 보였다.

이상을 종합해 볼 때 건축용 유기계 단열재는 종류 및 시공된 장소의 환경 조건에 따라 단열재의 경시변화가 달라질 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 일부 연구 내용의 보완이 필요하지만 시공 장소 및 주위 환경에 따라 적절한 단열재를 선정해야 하고자하는 경우 환경 조건의 모델화 등을 통해 경시변화에 관한 정량화가 가능할 수도 있을 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 김용길 외, 주기적 동결 용해에 따른 단열재의 재료별 열전도율 특성변화 비교에 관한 연구, 한국압출발포폴리스티렌 협의회, 2008. 3

# 폐수를 이용한 고로슬래그 기반 모르타르의 품질향상에 미치는 영향

Quality Enhance of the Blast Furnace Slag Based Mortar by Utilizing waste Water

○송 원 루\*      김 민 영\*      이 순 재\*      이 홍 규\*      한 민 철\*\*      한 천 구\*\*  
Song, Yuan-Lou      Kim, Min-Young      Lee, Sun-Jae      Lee, Hong-Kyu      Han, Min-Cheol      Han, Cheon-Goo

## Abstract

The purpose of this study is to analyze the fundamental characteristics of blast-furnace slag based cementless mortar with wastewater Taken together, the results are as follows. Characteristics as slump and air amount of mortar that is gutji tended to decrease the volume fraction increases, in the case of the setting time is shown that there is no difference, the compressive strength and bending strength properties of the hardened mortar is to indicate to have reached the low intensity region were

키워드 : 폐수, 고로슬래, 모르타르

Keywords : Wastewater, blast furnace slag powder, mortar

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

최근 지구온난화등 환경문제의 심각성을 인식하여 전 세계적으로는 이산화탄소 배출량을 줄이려는 노력을 경주하고 있다. 지구를 보호하고자하는 세계정세의 흐름에 동참하고 있으며 특히, 건설산업 분야에서는 CO<sub>2</sub>저감뿐만 아니라 건설폐기물이나 산업부산물을 재활용하여 환경 파괴 및 고갈자원에 대한 대비책으로도 활용 영역을 넓혀가고 있다.

이러한 산업부산물 중 고로슬래그미분말은 잠재수경성 반응 줄길로써 순환잔골재(이하 RFA) 표면의 미수화 시멘트 입자 및 KOH등 추가적인 알칼리 자극제를 이용한 강도발현으로 콘크리트 및 2차 제품에 활용되고 있으나, 강알칼리 사용에 따른 비경제성과 순환자원 사용에 따른 낮은 영역의 강도발현 등의 문제점으로 이를 해결하기 위한 대책 방안이 필요한 실정이다

따라서, 본 연구에서는 기존강알칼리를 투입하여 제조하는 지오폴리머 콘크리트(Geopolymer concrete)와 또 다른 관점으로 버려지거나 처리가 곤란한 RFA습식제조과정의 회수수 및 가죽공정의 공업용 폐수 등 1차생산품에 의해 발생하는 알칼리성분의 2차폐기물의 활용여부를 검토하기 위한 연구로써, 폐수를 사용한 고로슬래그 기반 무시멘트 모르타르의 기초적 특성을 분석 하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 모르타르 배합비는 1 : 3 W/B 50 % 1수준에 대하여, OPC를 100 % 결합재로 사용한 배합을 목표 플로우는 160±20mm, 목표

공기량은 4.5±1.5 %를 만족하도록 배합설계를 하였다. 또한, 실험변수로 RFA제조폐수는 BS를 결합재로 사용한 배합중 0, 25, 50, 75, 100 % 치환사용하는 것으로 계획을 하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험내용	
기본 배합	B <sup>1)</sup> : S	1	1 : 3
	W <sup>2)</sup> /B(%)	1	50
	골재	1	RFA <sup>3)</sup>
	목표플로(mm)	1	160±20
	목표공기량(%)	1	4.5±1.5
실험 변수	결합재종류	2	BS, OPC
	RFA제조수치 환율(%) <sup>5)</sup>	6	Plain <sup>4)</sup> , 0, 25, 50, 75, 100
실험 사항	굳지않은 모르타르	3	플로, 공기량, 응결시간
	경화 모르타르	2	압축강도 (3, 7, 28 일 ) 휨강도 (3, 28 일)

1) B: 결합재: BS

2) W: 순환수

3) RFA: 순환잔골재

4) Plain: OPC + 순환잔골재 + 수돗물

5) pH: 10.82

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1. 굳지 않은 모르타르의 특성

그림 1은 RFA 폐수 치환율에 따른 플로우를 나타낸 그래프이다. 먼저 RFA 폐수 치환율이 증가할수록 플로우가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 RFA 폐수의 점성이 수돗물보다 높고 있으며, RFA 폐수내부에 순환잔골재의 미립자성분을 가지고 있어 유동성저하에 영향을 끼친 것으로 사료된다. 그림 2는 RFA 폐수 치환율에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다. RFA 폐수 치환율이 증가할수록 공기량이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 특성은 RFA 폐수 성분 중 순환잔골재 미립자가 모르타르 내의 공극에 충전하고 공기를 폐수내부의 고형분량에 의

\* 청주대학교 건축공학과 재료시공연구실 석사과정

\*\* 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 e-mail : sylkeniubila@126.com)

해 공기량이 감소한 것으로 사료된다. 그림 3은 RFA 폐수 치환율에 따른 응결시간을 나타낸 그래프이다. RFA 폐수 치환율이 증가함에 따라 응결시간이 촉진 또는 지연되는 경향을 나타내고 있으나 그 차이는 미미한 것으로 나타났다.

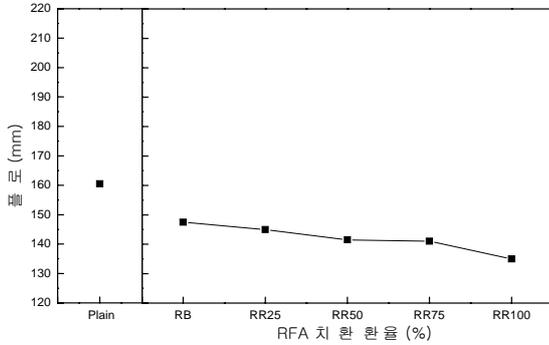


그림 1. RFA치환에 따른 플로

의 경우는 압축강도와 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 RFA 제조수를 이용한 무시멘트 모르타르는, 저장도 영역에서의 활용성이 가능할 것으로 판단되며 일반강도 영역에서의 추가적인 알칼리 자극제가 필요한 것으로 사료된다.

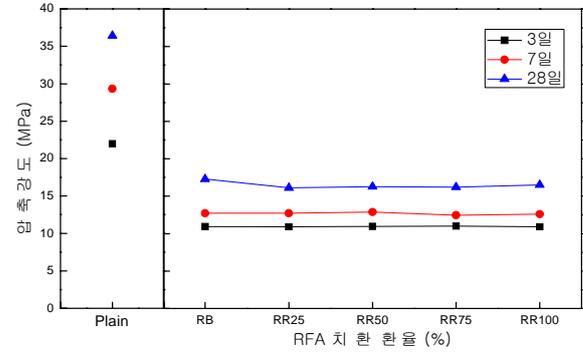


그림 4. RFA치환에 따른 압축강도

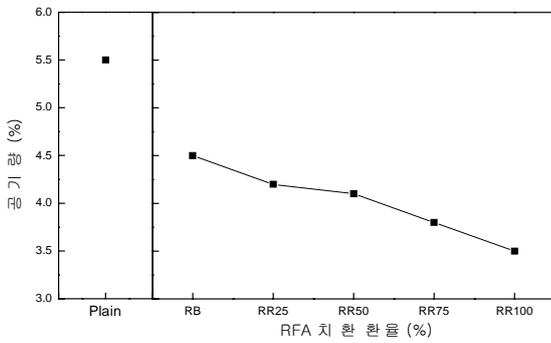


그림 2. RFA치환에 따른 공기량

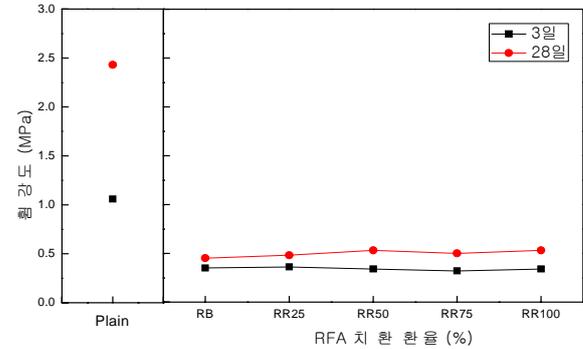


그림 5. RFA치환에 따른 휨강도

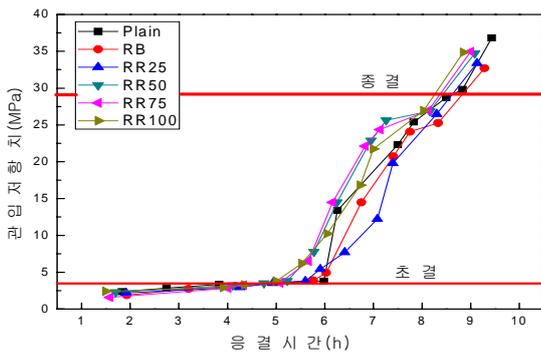


그림 3. RFA치환에 따른 응결시간

### 3.2. 경화 모르타르의 특성

그림 4와 5는 RFA 폐수 치환율에 따른 압축강도 및 휨강도 나타나는 그래프이다. 먼저 압축강도의 경우는 RFA 폐수 치환율이 증가함에 따라 압축강도가 약간 증가하는 경향을 나타냈으나 그 차이는 미미하여 강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한, 휨강도

### 4. 결 론

굳지 않은 상태에서 플로와 공기량은 RFA 폐수 치환율이 증가함에 따라 감소하였고, 응결시간은 유사한 결과를 나타내었다.

경화상태에서 압축강도와 휨강도는 RFA 폐수 치환율이 증가함에 따라 큰 강도를 나타내지 않지만 저장도 영역에 도달하였다.

폐수를 이용한 고로슬래그 모르타르는 순환잔골재 및 폐수, 산업부산 자원의 재활용으로 강도를 발휘되었고, 폐기물 처리 문제도 해결할 수 있다.

### 참고문헌

1. 한천구, 레미콘 회수수의 효율적인 활용 방안, 2004
2. 한천구, 회수수 안정화제를 사용한 콘크리트의 공학적 특성, 2005
3. 한천구 ; 회수수의 정의 및 굳지않은 콘크리트의 품질에 미치는 영향, 레미콘·아스콘·골재, 2002, 7

# 온도조건에 따른 내화뿔칠재 종류별 함수율 변화 및 내화성능 검토

Evaluation of Sprayed Fire Resistive Agent Moisture Content and Fire Resistance Performance Depending on Temperature Conditions

○고 동근\* 이 건 철\*\* 최 중 구\* 이 건 영\*  
Ko, Dong-Guen Lee, Gun-Cheol Choi, Jung-Gu Lee, Gun-young

## Abstract

In this research, to evaluate the effect of the moisture content in fire resistive covering materials on fire resistance performance, change of moisture content was evaluated in sprayed fire resistive agent depending on temperature conditions and various thicknesses as well as types of material. For the test factors, the types of sprayed fire resistive agent such as vermiculite-based, cement-based and gypsum-based agents were used, and the thickness was prepared to 12, 22, 32, and 42 mm. The results showed that the moisture content suffered faster decreases as the temperature is higher and the thickness is decreased. For the fire resistance performance, the most favorable performance was obtained around 100 °C where the boiling point with vermiculite-based agent.

키워드 : 내화뿔칠재, 함수율, 내화성능

Keywords : Sprayed fire-resistive material(SFRM), Moisture content, Fire resistive properties

## 1. 서 론

현대 건축이 고층화됨에 따라 철골구조물의 비중이 점점 높아지고 있다. 그리고 철골구조물의 경우 화재에 취약한 점을 보완하고 안전성 확보를 위하여 철골표면에 내화피복을 필수적으로 실시하고 있다.

본 연구에서는 내화성능 평가 시 내화뿔칠 피복재내에 존재하는 함수율이 내화성능에 미치는 영향에 대한 검토로써 온도조건 및 두께 변화에 따른 내화뿔칠피복재의 함수율 변화를 검토하고 각 재료별 내화성능의 차이를 검토 하였으며 내화관리기준의 활용에 있어 참고자료로 활용하고자 한다.

## 2. 실험 개요

### 2.1 실험계획

본 연구 실험계획은 표 1과 같다. 시리즈 I에서의 시험체는 가로×세로 400×400으로 고정하고 두께는 4가지 수준으로 하였으며 상대습도를 고정 후 온도 조건을 변화시켜 각각의 질량감소율을 측정하여 함수율을 측정 하였다. 시리즈 II에서는 시험체를 제작하여 건축부재의 내화 시험 방법에 따라 가열시간에 따른 표면온도를 측정하여 내화성능을 평가하였다. 내화뿔칠재는 분말 형태인 3종류로 배합비는 뿔칠재: 물 = 1 : 1.2로 고정하였다.

표1. 실험계획

실험요인		실험수준		
공통 사항	내화뿔칠재 종류	3	질석계, 시멘트계, 석고계	
	배합비	1	뿔칠재: 물 = 1: 1.2	
시리즈 I	시험체 두께 (mm)	4	12, 22, 32, 42	
		온도 (°C)	4	10, 20, 30, 40
	시험조건	습도 (%)	1	50
		시험항목	1	함수율
시리즈 II	시험체 사이즈 (mm)	1	300×300×3.2 t	
	시험조건	1	KS F 2257-1	
	시험항목	1	내화성능	

### 2.2 사용재료 및 실험방법

본 연구에서 사용된 재료로는 H사의 석고계, K사의 시멘트계, S사의 질석계 내화뿔칠재를 사용하였으며, 내화뿔칠재는 시방서에 규정한 배합에 따라 분말과 혼합수 비율을 1 : 1.2로 고정하여 몰탈 믹서기로 5분간 혼합 사용하였다. 함수율 변화 측정은 시리즈 I의 조건으로 하여 시간의 경과에 따른 질량 감소율을 측정하였고 함수식을 이용하여 함수율을 계산하였다. 내화성능 측정은 시리즈 II의 조건으로 하여 KS F 2257-1<sup>1)</sup>에서 정하고 있는 ISO 표준가열곡선에 따라 내화시험을 실시하였다.

## 3. 실험 결과 및 분석

그림 1은 온도 변화에 따른 함수율 변화를 시험체 두께별로 각각 나타낸 그래프다. 전반적으로 시험체의 두께가 증가 할수록 각 재료별 함수율의 최대치가 증가하는

\* 한국교통대 건축공학과 석사과정

\*\* 한국교통대 건축공학과 석사과정

(Corresponding author : gclee@ut.ac.kr)

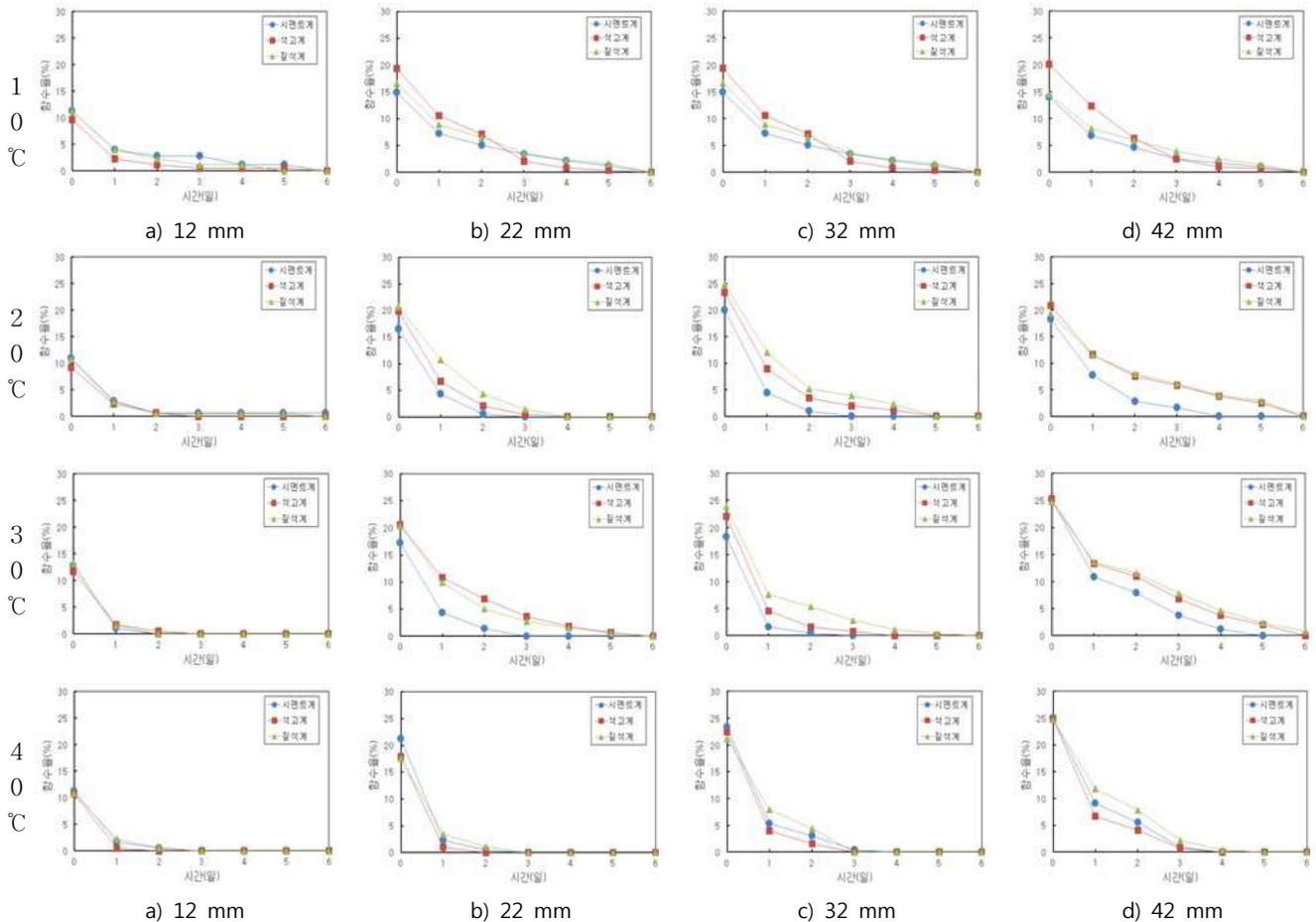


그림1. 시간 경과에 따른 함수율

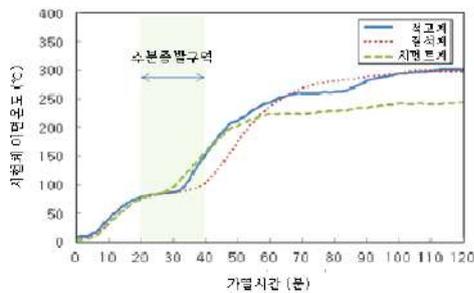


그림2. 내화뿔칠재 종류에 따른 가열온도곡선

경향을 나타내며, 두께 12 mm에 비해 두께 40 mm의 경우 함수율의 감소가 현저히 지연되는 것으로 나타났다.

이는 동일한 습도조건 50 % 유지 시 내화뿔칠재의 두께가 두꺼울수록 시험체 내부의 수분흡수량이 크기 때문으로 판단된다. 그리고 온도가 높을수록 시험체 내부의 수분증발의 속도가 증가하기 때문에 시험체의 함수율 감소가 빠른 것으로 판단된다. 종류별로 분석했을 때 질석계의 경우 다른 재료들에 비해 함수율의 최대치가 높게 나타났으며, 시간에 따른 함수율의 저하가 가장 낮은 것으로 나타났다. 그림 2는 내화성능 시험을 통해 가열시간에 따른 표면온도를 나타낸 그래프이다. 각 종류별 내화뿔칠재의 표면온도로 석고계 301 °C, 질석계 299 °C, 시멘트계

244 °C로 시멘트계가 가장 낮은 표면온도를 나타내어 3개의 시험체중 가장 우수한 내화성능을 나타내었다.

#### 4. 결론

내화뿔칠재의 두께가 증가할수록 온도가 낮을수록 시간 경과에 따른 함수율 감소가 완만하게 나타났고 3종의 내화뿔칠재 중 질석계의 함수율 저하가 가장 낮았다. 내화성능 실험의 경우 120분 경과 시 시멘트계의 내화뿔칠재 표면온도가 가장 낮아 내화성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 온도가열곡선에서 온도 유지 구간은 수분증발로 인한 구간으로 판단되며 그중 질석계의 내화뿔칠재가 가장 오래 유지되었다.

#### 참고문헌

1. 한국표준협회, KS F 2257-1, 건축부재의 내화시험방법 - 일반요구 사항, 2005.7.29
2. 이종찬, 송영찬, 이세현, 민병렬, 김공환 “석고 및 질석계 내화뿔칠재의 온·습도조건에 따른 내화성능” 대한건축학회 논문집, 구조계, 22권, 8호, 2006.8, pp. 109~116.

■ 학술발표

# 제 4 분과

## (환경 및 설비)

진행위원 : 정유근(한국교통대학교 교수), 채영태(청주대학교 교수)



# LED램프의 성능별 건물에너지 소비량 비교 및 분석

## LED Lamps Performance Analysis in Building Energy and Lighting Quality

○신 상 용\* 서 동 현\*\*  
Shin, Sang-Yong Seo, Dong-Hyun

### Abstract

LED lamp has excellent electrical energy saving performance compared to fluorescent lamps. However, LED lamp is required higher cooling energy than fluorescent lamp because thermal energy emitted by LED lamp is higher than fluorescent lamp.

The availability by indoor lighting was evaluated in the following order: selecting LED lamps that is sold in the market as alternatives, lighting system design, lighting quality evaluation, and building energy consumption.

As a result, Total Building Energy consumption decreased by about 12% LED lamps compared to fluorescent lamps, LED lamp is evaluated as a more economical.

키워드 : LED lamp, DIALux, e-Quest

Keywords : LED lamp, DIALux, e-Quest

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

우리나라의 에너지사용량 중 건물부문에서 차지하는 비율은 약28%이며 건물부문에서도 조명부문이 약 20% 차지한다. 건물의 실내조명기구의 성능을 개선하기 위해 LED램프를 도입하고 있지만 램프의 높은 효율과 긴 수명과 달리 램프에서 자체적으로 발생하는 열은 램프의 성능과 수명을 줄일 뿐만 아니라 건물 내부의 냉방 부하를 증가시키는 원인이 되며 결과적으로 건물의 에너지소비량을 증가시키게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 현재 조명 시장에서 판매되고 있는 LED램프를 선정하여 형광등을 대체할 수 있는 광원인지를 조명성능 및 경제성으로 비교·검토하였다.

### 1.2 연구방법

현재 시장에서 LED램프를 판매하고 있는 업체들 중 주요 업체 2곳을 선정한 뒤, 각 업체별로 LED램프를 1개씩 선정한다. 기존에 사용 중인 형광등과 LED램프의 시환경 평가, 건물에너지 소비량 비교를 통해 실내조명의 광원으로써 LED램프의 경제성 검토를 진행하였다.

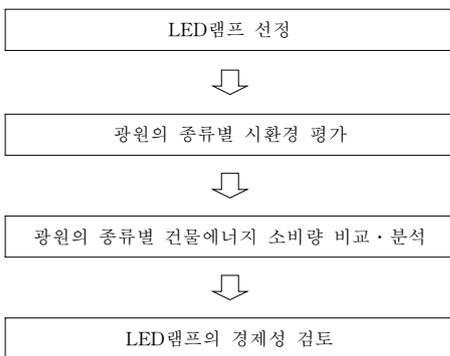


그림 1. 연구진행방법

## 2. 광원의 종류별 시환경 평가

### 2.1 설계조건

조명업체에서 제공하는 배광곡선을 이용하여 건물의 실

내·외 조명설계를 할 수 있는 3D 시뮬레이션 프로그램인 DIALux를 사용한다. 사무소 건물을 대상으로 각 조명 업체별로 제공하는 조명기구의 배광곡선 데이터를 DIALux 프로그램에 입력하여 작업면의 설계조도인 400lux를 만족하는 조명기구의 개수와 균제도를 산정하고 그에 따른 전력소요량을 계산한다. 설계조건은 표 1과 같다.

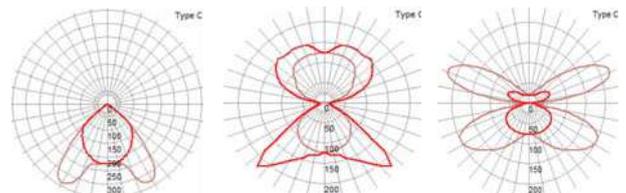


그림 2. 'G'사 형광등 배광곡선

그림 3. 'O'사 LED램프 배광곡선

그림 4. 'G'사 LED램프 배광곡선

표 1. 조명설계조건

길이(m)				
가로	세로	층고	반자높이	작업면높이
24.4	26.6	3.6	3	0.8
반사율(%)				
천장		벽		바닥
70		50		20
보수율(%)	설계조도(lux)	층수	면적(m <sup>2</sup> )	
0.8	400	10	649.04	

### 2.2 조도 시뮬레이션 결과 비교

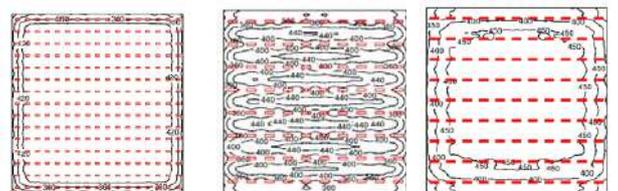


그림 5. 'G'사 형광등

그림 6. 'O'사 LED램프 배광곡선

그림 7. 'G'사 LED램프 배광곡선

동일한 시환경을 조성하기 위해 사용되는 형광등의 개수는 두 LED램프에 비해 약 3배가 더 소요되었다. 램프

의 개수가 많아진 만큼 형광등의 전력소비량은 'O'사 LED 램프에 비해 17%, 'G'사 LED램프에 비해 20% 높게 계산되었으며 균제도(최소조도/평균조도)는 더 낮게 계산되었다.

표 2. 각 램프별 조도 시뮬레이션 결과

	Workplane					광효율 (W/m <sup>2</sup> )
	E <sub>av</sub> (lux)	E <sub>min</sub> (lux)	E <sub>max</sub> (lux)	균제도	개수	
'G'사 형광등	429	209	471	0.488	255	12.6
'O'사 LED램프	392	273	463	0.697	80	8.6
'G'사 LED램프	433	264	503	0.609	99	8.4

### 3. 광원의 종류별 건물에너지 소비량 비교 · 분석

건물에너지 소비량 분석에는 3D모델링을 통하여 건물의 냉·난방에너지를 계산하는데 주로 사용되는 동적에너지 시뮬레이션 프로그램인 eQuest를 사용한다.

#### 3.1 계산조건의 변화에 따른 건물에너지 소비량 비교

##### 3.1.1 각 광원의 전력소비량만을 고려한 건물에너지 소비량 비교

형광등 대비 LED램프의 전력소비량이 감소하는 만큼 실내에 미치는 각 램프의 열에너지가 감소되기 때문에 가스 소비량이 증가하게 되었다.

표 3. 전력소비량만을 고려한 건물에너지 소비량 비교

	'G'사 LED램프	'O'사 LED램프
전력 소비량	21.6% 감소	20.6% 감소
가스 소비량	26.0% 증가	24.5% 증가

##### 3.1.2 발열부하 처리방식의 변화에 따른 건물에너지 소비량 비교

팬던트 형태로 설치되는 LED램프로부터 방출되는 열에너지는 실내에 100% 방출되지만 매입형인 형광등의 경우 매입된 부분으로 일부분이 빠져나가기 때문에 LED램프에 비해 상대적으로 실내에 방출하는 열에너지의 비율이 낮다. 이러한 요인을 두 번째 계산조건으로 설정하여 건물에너지 소비량을 계산한 결과, 첫 번째 계산조건에 비해 전력 소비량이 감소, 가스 소비량이 증가하게 되었다.

표4는 실에 직접적인 영향을 미치는 양과 배출되는 양의 비율을 나타내었다.

표 4. 발열부하 처리방식 비율

Light to Space(ratio)	0.6
Light to Return(ratio)	0.4

표 5. 발열부하 처리방식에 따른 건물에너지 소비량 비교

	'G'사 LED램프	'O'사 LED램프
전력 소비량	21.1% 감소	20% 감소
가스 소비량	10.4% 증가	9.1% 증가

##### 3.1.3 LED램프의 디밍 조명제어기능을 반영한 건물에너지 소비량 비교

광센서로 측정된 실내조도가 목표값을 만족시키도록 디밍제어가 가능한 LED조명의 데이터를 입력한 뒤 그에 따른 건물에너지 소비량을 분석한다.

두 번째 계산조건에 비해 전력 소비량은 15% 감소했고, 가스 소비량은 25% 증가했다.

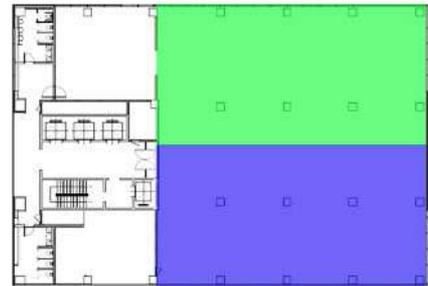


그림 8. 사무소 평면도(광센서 조도측정범위)

표 6. LED램프의 디밍 조명제어기능을 반영한 건물에너지 소비량 비교

	'G'사 LED램프	'O'사 LED램프
전력 소비량	37.1% 감소	36.6% 감소
가스 소비량	47.6% 증가	46.5% 증가

### 4. 결론

실내공간에서 동일한 시환경 조성을 위해 기존에 사용되고 있는 형광등은 LED램프에 비해 조명밀도가 높게 계산되었다. 형광등의 높은 조명밀도로 인해 가스 소비량은 상대적으로 LED램프에 비해 낮게 계산되었지만 건물의 총 에너지 소비량에서는 LED램프가 형광등에 비해 12% 낮게 계산되어 더욱 경제적인 것으로 평가된다.

LED램프의 성능이 기존에 사용되고 있는 형광등을 대체할 수 있다고 하지만 LED램프의 제품 단가가 굉장히 높으며 자체적으로 발생하는 열에 의한 성능저하, 수명단축으로 사용에 부담이 있다는 사실은 변함이 없다.

조명기구를 사용하기 전 계획단계에서 LCC분석을 통한 경제성 평가가 이루어지도록 함으로써 건물부문에서 낭비되는 에너지를 줄이도록 해야 한다.

#### 참고문헌

- 강정화, 2014년 전환기를 맞이하는 LED조명산업, 한국수출입은행, 2014
- 유하늬, 김지현, 이주윤, 송규동, 건축공간의 조명광원으로서 LED조명의 효율성 평가, 2009
- 김병수, 홍원표, LED램프를 적용한 사무소 건물의 실내조명환경 및 에너지 성능분석, 조명·전기설비학회논문지 제24권 제5호, 2010
- 정호연, 김효인, 김곤, 윤근영, LED조명의 분광 분포에 따른 건물에너지 소비, 2012

# 건강환경 구축을 위한 교육시설 기준 정립 연구

- 자연환기 · 자연채광을 중심으로 -

A Study on Establishing Healthy Environment Standard for Educational Facilities

○ 황 윤 하\*                      조 하 늘\*                      이 병 연\*\*  
Hwang, Yun-Ha                  Jo, Ha-Neul                  Lee, Byung-Yun

## Abstract

The purpose of this study is to establish basic criteria for healthy educational facilities and comparative analysis among three countries including US, UK and Korea. Indoor air quality and lighting quality, key comfort factors excluding temp and moisture level, are analyzed. It is proved that evidence-based planning system comprised of definite standards, proper design strategies and performance evaluation tools is most important. The criteria for indoor environment qualities also affects energy demand and the passive design strategies are required to provided for students, teachers and architects.

키워드 : 교육시설, 건강환경, 실내공기질, 자연환기, 자연채광

Keywords : Educational facility, healthy environment, indoor air quality, natural ventilation, Natural lighting

## 1. 서      론

### 1.1 연구의 목적

최근 국가적인 이산화탄소 배출량 절감을 위한 거시정책들이 구축됨에 따라 교육시설도 환경을 보존하고 에너지를 절약하는 친환경적 계획을 시행하고 있다.

미국, 영국 등의 국가는 쾌적한 교육환경을 만드는 동시에 에너지 절약을 해나가는 전략으로 자국의 실정에 맞는 세밀한 기준과 성능평가 제도를 통하여 교육환경을 제공하고 있다. 반면, 국내 교육시설의 에너지소비와 관련된 지표는 실내 쾌적성을 충분히 담보하고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 국·내외 친환경 교육시설 기준 비교를 통하여, 추후 개선방안 제시를 위한 기초 연구를 수행하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 논문에서는 국·내외 교육시설의 실내 환경 기준을 비교하기 위해 국내의 녹색건축인증제도(G-SEED), 영국의 PSPB (Priority School Building Programme), 미국의 LEED V4를 살펴보았다. 교육공간의 실내환경 질을 결정하고, 에너지 소비량 평가의 핵심 지표인 최소 환기량, 최소 조도 항목을 통하여 에너지를 최소로 소비하여 쾌적 범위를 달성할 수 있는 자연환기 자연채광 기준을 비교 분석하였다.

## 2. 실내공기질 및 자연환기 관련 기준

### 2.1 한국 실내공기질 및 자연환기 관련 기준

실내공기질 기준은 G-SEED 상의 정확한 기준을 가지

고 있지 않으며, 보육 시설의 경우 실내공기질 의무규정 및 권고규정을 가지고 있다. 자연환기 관련 규정은 전체 창호 중 개폐 가능한 창호 또는 환기구(Vent solt)의 설치 면적 비율에 의한 점수를 부여하고 있다.

### 2.2 영국 실내공기질 및 자연환기 관련 기준

환기 기준은 Building Bulletin 101- Ventilation of School Building, PBPS Baseline Design - Natural Ventilation strategy를 토대로 정리하고 있다.

이산화탄소 농도와 관련하여, 학생의 앉은키를 기준으로 측정된 평균 실내 이산화탄소 농도가 1,500ppm이하로 규정되어 있다. 또한, 각 실별로 일반 교실은 2.5ACH, 세탁실 5ACH, 실험실, 탈의실, 의료실과 같이 높은 수준의 위생기준을 필요로 하는 곳은 10ACH, 과학실과 조리실과 같은 공간은 기계적인 환기장치를 통해서 배기를 중심으로 환기 계획을 권장하고 있다.

ClassVent라는 평가도구를 도입하여 교육시설 자연환기 계획에 적용될 수 있는 창의 크기, 굴뚝높이 등을 검토할 수 있도록 제공하고 있다.

### 2.3 미국 실내공기질 및 자연환기 관련 기준

실내공기질의 질 및 자연환기 관련 기준은 LEED 중 최소 실내공기질 확보(Minimum Indoor Air Quality Performance)와 배점 항목인 자연환기 전략(Enhanced Indoor Air Quality Strategies), 실내 공기질 평가(Indoor Air Quality Assessment)에 나타나 있다.

최소환기량은 영유아 교육시설 10cfm(약 17m<sup>3</sup>/h), 초·중등학교 7.5cfm(약 12.7m<sup>3</sup>/h)로 신선한 외기를 공급하도록 하고 있다. 적정한 환기량을 얻더라도 실외에서 유입되는 공기질을 보장하기 위해 외부 오염원의 연간 평균 농도가 미국 대기질 기준 (Natioanl Ambient Air Quality Standards NAAQS)을 만족해야 한다. 또한 급격한 환기량의 유입으로 실내 온열환경이 급격히 영향을 받거나 돌풍수준의 바람이 불지 않도록 규정하고 있다.

\* 충북대 건축학과 대학원 석사과정

\*\* 충북대 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author: ecovile@cbnu.ac.kr)

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2014R1A1A2058127)

표 1. 자연환기 및 자연채광 기준-계획-성능 비교 분석

		한국	영국	미국
자연 환기	기준	· 보육시설의 경우 실내공기질 기준 적용: CO <sub>2</sub> 1,000ppm 이하 · 외주부 바닥면적 20㎡ 당 개폐창 또는 환기구설치 / 기준중 창면적의 최소 10% 이상 개폐가능 창	· 실내 CO <sub>2</sub> 농도 1,500ppm 이하 (수업시간 중 학생의 앉은 키 기준) · 1인당 초당 최소 8L 공급 · 최소환기량 : 교실 2.5ACH / 세탁실 5ACH / 실험실,탈의실,의료실 10ACH	· ASHRAE 62.1-2010, Appendix C 기준 적용 · 최소환기량 : 영유아-10cfm(약 17m <sup>3</sup> /h) / 초중 등-7.5cfm(약 12.7m <sup>3</sup> /h)
	계획	-	· 건물의 기밀도 적정 수준 유지 · 측창환기, 맞통풍, 굴뚝환기, 굴뚝복합 환기 방식 권장	· 자연 환기 시 교실의 적정 길이 기준제공 · 굴뚝 및 높이차 활용 환기, 아트리움, 이중외피, 지붕 설치형 자연환기탑 등의 전략 권장
	성능검증	-	· classvent 프로그램 : 자연환기 방식 적용시, 필요 환기량 충족여부 검증 시뮬레이션	· 환기 모니터링 : 배기풍속 측정장치 설치, 최소실외풍속 ±10%이내 유지, 15%이상일 경우 알람 / 자연환기 창문 중 폐쇄 필요 시 알람 / CO <sub>2</sub> 농도 모니터링 센서 900-1800mm사이 설치, 설정값 초과시 알람
자연 채광	기준	조도	· 일반교실 300lux / 미술실,공작실 500lux / 복도공간 80-120lux / 아트리움 400lux / 입구 및 로비 175 - 250lux	· 일반교실 50fc (540lux) / 미술실,실험실 100fc (1,080lux)
		현황	· 광선반, 차양, 루버, 천창 등 일반교실의 15%이상 권장	-
	계획	-	· 7.2m 깊이교실 : 30%정도 채광량 적절 · 실내마감재 반사율 : 최소 70/50/20(RGB) · 차양장치를 통해 일사조절	· 측창, 고측창, 고측창+광선반, 벽부천창, 중앙천창, 선형천창, 아트리움, 광덕트 방식의 자연채광 방식별로 장단점 제공
	성능검증	-	· 실제기상데이터에 기반한 UDI, DA지표 · UDI 100-2,000lux	· 조도 검증 : DA300 · 자연채광 성능 검증 : ASE 1000,250

### 3. 실내 적정조도 및 자연채광 관련 기준

#### 3.1 한국 적정조도 및 자연채광 관련 기준

국내의 경우 KS A 3011에서 각 시설별 공간에 대한 적정 조도기준을 정립해두고 있으며, 학교의 경우 이 분류체계에 맞추어 공간별로 제시하고 있다.

자연채광을 활용한 계획에 대한 기준 및 평가방식이 정립되어 있지 않으며, 다만, 천창의 설치 및 눈부심을 방지하기 위한 광선반, 루버, 차양의 설치를 고려한다.

#### 3.2 영국 적정조도 및 자연채광 관련 기준

영국의 자연채광 기준은 Building Bulletin 90 - Lighting Design for Schools를 기반으로 최신 자연채광 시뮬레이션 기법을 수용한 PSPB Baseline Design-Daylight Strategy에서 제시되고 있다.

적정 조도기준은 일반교실의 경우 300lux, 미술실, 공작실 등 세밀한 작업이 필요한 곳은 500lux, 복도공간 80-120lux등으로 규정하고 있다. 자연채광의 가능성과 에너지 절감량을 예측하기 위해서 실제 기상데이터에 기반한 UDI(Useful Daylight Index)와 DA(Daylight Autonomy) 지표를 기준으로 제시하고 있다.

자연채광의 현황 기준은 최대 8,900cd/m<sup>2</sup> 이하로 정하고, 실내 마감재료 반사율은 벽 0.6, 천장 0.7 이상이 되도록 하여 자연광이 실내 깊숙이 유입될 수 있도록 한다. 조도 균제도는 교실 0.3~0.4, 천창공간은 0.7로 규정한다.

#### 3.3 미국 적정조도 및 자연채광 관련 기준

미국 채광기준은 일반교실의 경우 50fc(540 lux)을 충족하여야 하고, 미술실, 실험실 등의 특별교실에는 100fc (1,080lux)를 기준으로 하고 있다.

자연채광 성능의 검증은 DA300과 연간 자연채광 노출(ASE 1000, 250) 기준으로 검증하고 있다. DA300은 연평

균 300lux 이상의 자연채광이 유입되는 공간의 면적비율이 최소 55%이상, 75%이상으로 규정하고 있으며, ASE는 연간 1000lux 이상의 자연광을 250시간 이상 확보하는 공간의 비율을 의미하는 것으로, 만약 이 수치가 높은 경우 눈부심과 과도한 일사량 유입으로 인한 냉방에너지 증가가 예상된다는 의미로 최대 10%로 기준을 정하고 있다.

### 4. 결론

대표적인 해외 친환경 학교 계획 기준 비교 연구를 통하여, 실내 환경의 건강성은 다양한 외부환경에 대응하는 명확한 실내환경 기준 정립이 필요하며, 적합한 계획방법, 검증기준이 종합적으로 구축되어야 함을 알 수 있다.

쾌적한 실내공기질을 위하여 국외에서는 공간의 특성과 학생의 신체적, 사회적 요구조건에 따른 기준 지표를 설정하고, 계획방법으로 자연환기를 권장한다. 계획의 방향과 성능 평가틀을 제공하여 기준 지표에 도달하도록 한다.

적절한 시환경 조성을 위해서 조도기준과 현황기준으로 나누고, 구체적으로 공간의 특성과 재료에 따른 기준을 제시하고 있다. 실제 기상데이터를 기반으로 효과적인 자연채광계획이 일어날 수 있도록 검증하는 방법 또한 규정하고 있다.

#### 참고문헌

1. Education Funding Agency, Building Bulletin 101-Ventilation of School Buildings : Regulations, Standards and Design Guidance, UK, 2006
2. CIBSE, Natural Ventilation in Non-domestic Buildings, UK, 2005
3. Education Funding Agency, Priority School Building Programme - Baseline Designs: Natural Ventilation Strategy,

# 건물 에너지에 영향을 미치는 주요 변수간의 중요도 평가

## Importance Rating among the Major Variables Effecting the Building Energy

○문민호\*      정유근\*\*  
Moon, Min-ho    Chung, Yu-Gun

### Abstract

The study analyze the buliding energy loads and suggest the main variables,(VLT, U-Value, SHGC, Window Ratio). For the study, the computer simulation by Energy Plus are conducted. The cooling, heating and illumination load are analyzed Also, the statistic analyzes is conducted to investigate the influence degree among variables. We proposed a more detailed research results with the relative influence and it can be utilized to control or manage the risk in advance.

키워드 : 가시광선 투과율, 열관류율, 일사열취득계수, 창면적비, 에너지 부하      Keywords : VLT, U-value, SHGC, Window to Wall Ratio, Energy Loads

### 1. 서      론

우리나라 전체 에너지 소비량의 약 1/5 이상을 차지하는 건축 분야에서 특히 창호는 건축물에서 손실되는 에너지의 약 25%~40%를 나타내어 비용대비 에너지 절약 효과가 큰 분야로 주목받고 있다. 기존의 논문은 창호성능들 중 열관류율, 일사열취득계수, 가시광선투과율 등을 에너지 성능의 주요 요소로 평가하고 있다.

본 연구에서는 기존 연구에서 제시하고 있는 창호 성능의 주요 변수인 열관류율(U-value), 일사열취득계수(SHGC) 가시광선투과율(VLT) 및 창면적비 등 변수간의 중요도를 평가하여 실내 에너지성능에 영향을 미치는 주요 인자를 분석하고자 한다. 이를 통해 나온 변수간의 중요도를 에너지절약이 필요한 건물을 지을 때 가장 우선적으로 생각해야하는 변수에 대한 정보를 제공하는데 그 목적이 있다.

### 2. 사전연구 고찰

창호는 건물에너지를 낭비하는 가장 큰 주범으로 지적되어 지고 있다. 따라서 창호의 성능을 결정짓는 데에는 어떠한 변수들이 있는지 알아보기 위하여 여러 문헌을 분석을 하고 이 중에서도 비교적 에너지소비량에 끼치는 영향이 큰 창면적비, 열관류율, SHGC, VLT를 주요 변수로 선정하였다.

### 3. 시뮬레이션 평가

#### 3.1 시뮬레이션 개요

본 연구에서 건물 에너지 해석을 위해서 Energyplus 프로그램이 사용되었다. 시뮬레이션을 위해 가상의 사무실을 바닥면적 32m<sup>2</sup>, 높이 2.7m 모델링 하였으며 건물의 운용시간은 7:00부터 19:00이며 인체 및 기기발열은 '건축물에너지 효율등급 인증제도 운영규정'에서 제시하는 사무실 기준 2.325W/m<sup>2</sup>, 5.25W/m<sup>2</sup>을 적용하였다. 또한 조도기준은 KSA 3011 사무실 기준인 400lux를 적용하였다. 기상데이

터는 DOE에서 제공하는 인천지역 EPW기상데이터 자료로 설정하였다. 건물의 벽체 구성은 국토부의 '건축물의 에너지 절약 설계기준에 따라 내벽은 0.370이하, 천장은 0.260이하, 바닥은 0.290이하를 적용하였다.

#### 3.2 변수선정

앞서 기존 문헌 고찰을 통해 본 연구에서 선정한 변수들의 값은 표 1과 같다.

표 1. 주요 변수 및 범위

변수	변수범위				
창면적비(%)	30	40	50	60	70
열관류율(W/m <sup>2</sup> ·K)	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
SHGC	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
VLT	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

본 연구에서는 이러한 변수 값들로 총 625개의 경우를 구성하여 시뮬레이션을 통해 냉방부하, 난방부하, 조명부하의 값을 얻어 총 에너지 소비량을 분석하였다.

#### 3.3 시뮬레이션 결과 분석

각 변수에 따른 건물에너지를 파악하기 위해서 3가지 변수를 고정 나머지 한 변수를 조절해 가며 결과를 정리하였다. 그림 1은 창면적비가 증가함에 따라 난방 및 조명부하는 감소하지만 냉방부하는 일정한 간격으로 5%씩 증가 하였고 다른 변수들에 비해 창면적비 30%와 70%일 때의 차이가 약 19%정도 차이가 있는 것으로 분석되었다.

그림 2는 열관류율이 증가함에 따라 냉방부하가 8%감소하는 것으로 나타났고, 난방부하는 16% 증가하는 것으로 분석되었다.

그림 3은 SHGC가 증가 할수록 난방부하는 17%감소하는 것으로 나타났으며 냉방부하는 29%증가 하였다. 또한 변수들 간에 냉.난방 부하에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

그림 4는 VLT가 작아질수록 냉방부하와 난방부하는 각각 6%증가, 5% 감소하는 것으로 나타났으며 조명부하는 30%증가하는 것으로 나타났다. 또한 조명부하에 가장 큰 영향을 미친다.

\* 한국교통대 대학원 석사과정

\*\* 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자:ygchung@ut.ac.kr)

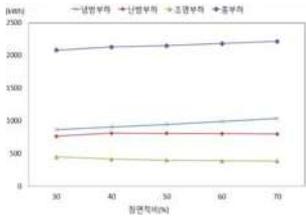


그림 1. 창면적비에 따른 항목별 연간부하 분포 [kwh]

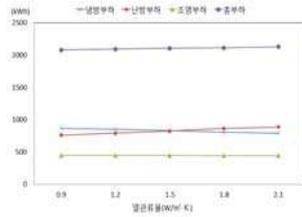


그림 2. 열관류율에 따른 항목별 연간부하 분포 [kwh]

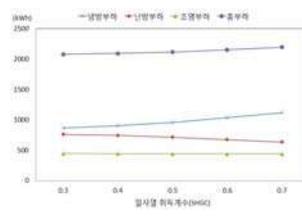


그림 3. SHGC에 따른 항목별 연간부하 분포 [kwh]

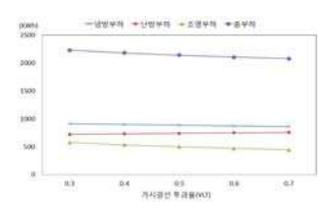


그림 4. VLT에 따른 항목별 연간부하 분포 [kwh]

\* ( )안은 유의확률을 의미

#### 4. 에너지 성능에 영향을 미치는 주요 변수 분석

##### 4.1 에너지 성능 변수간 상관관계

총부하에 가장 높은 상관관계 보이는 것은 창면적비로 분석되었고 4개의 독립변수 투입결과 종속변수인 총부하를 89.4% 설명하고 있다. 조명부하에서는 VLT가 가장 높게 나타났다. 그러나 조명부하에 열관류율의 설명력이 낮아 독립변수로서 투입되지 못하였다. 그 결과는 3개의 독립변수들이 종속변수인 조명부하를 95.8% 설명하고 있음을 분석하였다. 난방부하는 SHGC가 가장 높게 나타났다. 4개의 독립변수들이 투입된 결과는 종속변수인 난방부하를 92.0% 설명하고 있음을 분석하였다. 냉방부하에서 SHGC가 가장 높게 나타났다. 4개의 독립변수들이 투입된 결과는 종속변수인 냉방부하를 93.5% 설명하고 있음을 분석하였다. 위와 같은 결과는 표 2와 같다.

표 2. 변수 요인간의 상관계수 및 유의확률

	창면적비	열관류율	SHGC	VLT
총부하	.615 (.000)	.180 (.000)	.577 (.000)	-.388 (.000)
조명 에너지	-.478 (.000)	.001 (.489)	-.041 (.154)	-.853 (.000)
난방부하	.093 (.010)	.573 (.000)	-.753 (.000)	.125 (.001)
냉방부하	.500 (.000)	-.179 (.000)	.802 (.000)	-.096 (.008)

\* ( )안은 유의확률을 의미

총부하에 대해 가장 높은 상관관계는 냉방부하이며 조명부하는 대부분 근소한 차이지만 냉방부하가 근소한 상관관계를 가지고 있다고 분석되었다. 총부하에 영향을 미치는 변수를 크게 냉방부하, 난방부하, 조명부하 3가지의 독립변수로 투입 하였을 때 95%의 설명력을 가지고 있다고 분석되었다. 위와 같은 결과는 다음 표 3과 같다.

표 3. 부하 요인간의 상관계수 및 유의확률

	냉방부하	난방부하	조명부하	총부하
총부하	.828 (.000)	-.354 (.000)	.021 (.000)	1.000 (. )
조명부하	-.183 (.000)	-.143 (.000)	1.000 (. )	.021 (.297)
난방부하	-.730 (.000)	1.000 (. )	-.143 (.000)	-.354 (.000)
냉방부하	1.000 (. )	-.730 (.000)	-.183 (.000)	.828 (.000)

또한 단계선택방식을 통해 회귀식을 도출하였다.

표 4. 변수의 회귀식

	회귀식	설명력	유효율
냉방부하	$Y = 422.112 + 6.645X_1 - 79.509X_2 + 1066.618X_3 - 127.860X_4$	93.5%	0.00
난방부하	$Y = 765.468 + 0.649X_1 + 133.492X_2 - 526.450X_3 + 87.685X_4$	92.0%	0.00
조명부하	$Y = 716.854 - 1.796X_1 - 15.356X_3 - 320.478X_4$	95.8%	0.00
총부하	$Y = 1890.623 + 5.2625X_1 + 54.899X_2 + 528.299X_3 - 354.865X_4$	89.4%	0.00

\*  $X_1$ -창면적비,  $X_2$ -열관류율,  $X_3$ -SHGC,  $X_4$ -VLT

#### 5. 결론

본 연구는 사전연구 고찰을 통해 주요변수로 선정하여 에너지소비 분석결과 및 상관관계는 다음과 같다.

총부하에서는 창면적비가 .615의 상관계수로, 조명부하에서는 VLT가 .853의 상관계수로, 난방부하에서는 SHGC가 .753의 상관계수로, 냉방부하에서도 SHGC가 .802의 상관계수로 서로 다른 변수가 높은 상관관계를 나타내는 것으로 분석되었다. 조명부하에 대해 열관류율은 비유의적으로 분석되었기 때문에 유의성 검증이 어려우므로 조명부하에 대해 설명력을 증가시키기 위해 독립변수로서 열관류율을 추가 하는 것은 부적절하다.

이때, 종속부하간의 관계는 총부하에 대해 가장 높은 상관관계는 냉방부하이며 조명부하는 대부분 근소한 차이지만 냉방부하가 있고 난방부하는 냉방부하가 있는 것으로 분석되었다. 총부하에 영향을 미치는 변수를 크게 냉방부하, 난방부하, 조명부하로 투입 하였을 때 95%의 설명력을 가지고 있다고 분석되었다. 그러나 향후 연구에서는 실제 건물을 토대로 시뮬레이션 및 실험을 통하여 보다 정확한 변수 간 에너지 소비량과 상관관계를 알아볼 필요가 있다.

#### 참고문헌

- 1) 박승길 외 1명, 에너지 효율로 본 상업용 건물의 적정 창면적비에 관한 연구
- 2) 하대웅 외 3명, 건물 외피 상호면적 변화에 따른 에너지 소비량에 관한연구
- 3) 국토교통부, “건축물의 에너지절약 설계기준”, 제2013-587

Abstract

This study attempts the acoustic measurements of a hall in Korea Traditional Music Center in order to evaluate the acoustic performance and to investigate the acoustic problems of current situation. As a results RT and Sound Clarity were improved when sound curtains were drapped along the side walls. It was anticipated that acoustic improvement can be acquired through the treatment of sound absorptive materials in the hall.

키워드 : 국악, 흡음재, 음향실험

Keywords : Korean traditional music, Sound absorption Materials, Acoustic measurement

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

서양악기와 달리 국악기는 주로 무대 바닥에 가까운 높이에서 공연이 이루어진다. 연주하는 국악기에 따라 음향 방사와 연주 위치 및 형태가 각기 다르다. 또한 국악 공연장은 서양음악을 위한 공연장과 객석의 형태 및 특성이 매우 다르다. 따라서 국악 전용 공연장은 일반 공연장과는 구분되는 연주 공간성능이 요구되며, 이를 위한 연구가 필요하다.

국악 공연장의 실내음향 성능과 관련한 이전의 문헌을 살펴보면 기존 국립국악원의 실내음향성능을 측정 한 결과가 나타나 있다. 국악당 별 잔향시간 평균(RT mid)는 최소 0.9에서 최대 1.24초로 나타났지만 대부분 타 문헌에서 제안한 국악전용 공연장의 적정 잔향시간 기준인 1.0초를 초과하고 있다.

현재 국립국악원 풍류사랑방은 긴 후기잔향음으로 인해 실내 명료도가 크게 저하된 상태이다. 이를 위해 실내 흡음 면적의 확보가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 측면 차양막의 설치 여부, 측벽 흡음창의 개폐 여부, 뒷벽 흡음재 설치 여부에 따른 객석의 음향 특성을 검토하는 연구를 수행하였다.

2. 연구의 방법

2.1 실험대상

본 연구에서는 국립국악원 풍류사랑방을 대상으로 선정하였다. 현재 국립국악원 풍류사랑방은 차양막을 설치하지 않고, 흡음창을 폐쇄한 상태로 활용하고 있으며, 차양막과 흡음창을 제외하고 별도의 흡음장치가 없었다. 따라서 실험은 풍류사랑방의 객석 측벽 및 뒷벽에 다양한 형태의 흡음장치를 설치하여 진행하였다. 각 실험의 조건

은 다음 표 1과 같다.

표 1. 각 실험의 흡음 조건

구분	실험내용	실내 마감 조건			비고
		측벽 흡음창	측면 차양막	뒷벽 흡음	
실험 1	현재상태	-	-	-	
실험 2	측벽 흡음창의 영향검토	설치	-	-	
실험 3	측면 차양막의 영향검토	-	설치	-	
실험 4-1	뒷벽 흡음재의 영향검토	-	-	설치	하부
실험 4-2	뒷벽 흡음재의 영향검토	-	-	설치	상부
실험 4-3	뒷벽 흡음재의 영향검토	-	-	설치	전체

2.2 측정방법

모든 실험에서의 수음점의 위치와 개수는 15개소로 동일하며, 평면상 음원의 위치도 동일하다. 음원은 무대 위에 사람이 서서 말할 때 입의 높이를 고려하여 1.5m 높이로 무지향성 스피커를 설치하였다. 객석에서의 수음점은 a, b, c세 구간으로 구분하고 각 좌석별로 위치를 선정하였다. 수음점은 성인남성 평균 앉은키를 고려하여 93cm 높이로 설치하였다.

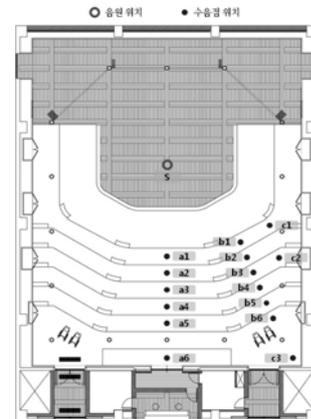


그림 1. 음원과 수음점의 위치

2.3 측정기기의 구성

실험 대상의 현장실험에 사용된 실험 기기와 그 구성도는 다음 그림 2와 같다.

\* 충북대 대학원 석사과정  
\*\* 충북대 건축공학과 교수, 건축학박사  
(Corresponding author : chhaan@chungbuk.ac.kr)

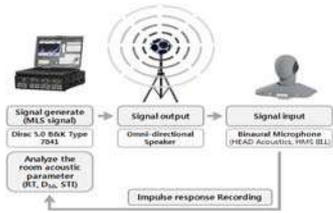


그림 2. 실험기기 구성도

## 2.4 결과 분석 방법

풍류사랑방의 음향성능 평가 항목은 잔향시간, 음압레벨, 음악명료도이며, 평가기준은 관련문헌에서 발췌한 다음 표 2를 기준으로 하였다.

표 2. 국악음악의 음향설계기준

No	항목	서양음악	국악음악
1	잔향시간	1.5초 이상	0.8 ~ 1.0초
2	저음비	1.2	1.0 ~ 1.1
3	고음비	1.0	0.8 ~ 0.9
4	음의세기	4.0 ~ 5.5dB	3dB 이하
5	초기감쇠시간	20ms 이하	9ms 이하
6	음악명료도	0dB 이하	3dB 이상
7	음성전달지수	0.5 이하	0.6 이상

## 3. 측정결과

### 3.1 잔향시간

풍류사랑방의 공식시 중간주파수 대역의 객석 평균 잔향시간은 흡음재의 설치에 따라 큰 편차를 보인다. 특히 측면에 차양막을 설치한 경우 잔향시간(RT\_mid)이 약 1.30초로 가장 짧은 것으로 나타난다. 모든 실험에서 앞에서 제시한 국악음악 설계기준을 만족하지 못하는 것을 볼 수 있다.

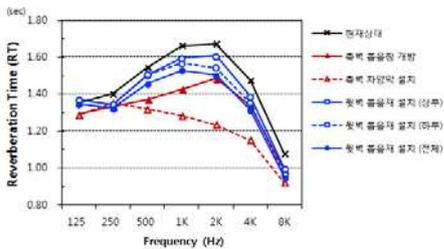


그림 3. 각 실험의 흡음조건에 따른 잔향시간 비교

### 3.2 음압레벨

측정 결과 흡음재 설치에 따른 풍류사랑방 객석의 음압레벨에는 큰 차이가 없으나 측정 결과 중 음압레벨이 가장 낮은 것은 측면에 차양막을 설치한 경우로서 객석의 평균 음압레벨이 약 72.8dB로 나타났다. 각 수음점 별 비교 결과 모두 3dB이내의 차이를 보임으로 음압레벨 편차는 국악음악 음향설계기준에 적합한 것으로 나타났다.

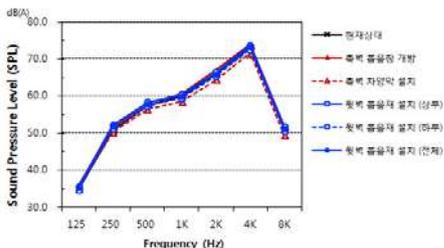


그림 4. 각 실험의 흡음조건에 따른 음압레벨 비교

### 3.3 음악명료도

측정결과 현재 풍류사랑방의 객석평균 음악명료도는 0.38dB로 나타났고 측면 및 뒷벽에 흡음재를 설치한 경우 약 0.96~1.52dB로 다소 개선되는 양상을 보이고 있다. 특히 측면에 차양막을 설치한 경우 객석의 평균 음악명료도는 약 1.52dB로 가장 높게 나타났다. 객석의 뒷벽에 흡음재를 설치한 경우도 음악명료도가 개선되는 것을 알 수 있다. 특히 상부 및 전체에 흡음재를 설치할 경우 그 값이 각각 1.11dB, 1.27dB로 나타났다. 모든 실험에서 국악음악 음향설계기준인 3dB이상을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

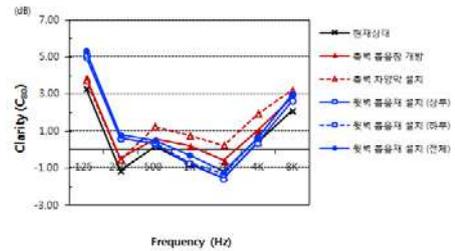


그림 5. 각 실험의 흡음조건에 따른 음악명료도 비교

## 4. 결론

국립국악원 풍류사랑방의 실내 흡음재별 변화에 따른 음향성능 검토 결과, 모든 실험에서 잔향시간은 국악설계기준의 1.0초를 넘어섰고, 음악명료도는 모두 3dB 이하로 나타났다. 음압레벨의 편차는 적합한 것으로 나타났지만, 전체적으로 국악 전용 공연장으로서 기준 이하의 성능을 발휘하는 공간이라고 판단할 수 있다.

여러 가지 형태의 흡음장치 설치를 통하여 실험해본 결과 측면에 차양막을 설치하는 경우의 실험값이 가장 준수하게 나타났으며, 현재의 사용 상태보다 어떤 형태로든 흡음장치를 설치한 경우가 음향성능이 비교적 개선되어 나타났다. 이는 현재 국립국악원 풍류사랑방의 흡음면적이 부족함을 나타낸다. 따라서 국립국악원 풍류사랑방의 국악전용 공연장으로서 실내 음향 성능의 향상을 위해서는 객석 측면 및 뒷벽의 흡음 계획을 통해 흡음면적의 확보가 필요하다고 사료된다.

## 참고문헌

- 이원구, “국악음원의 음향특성을 고려한 공연장의 음향설계 인자 설정”, 2005
- 신직수, 이원구, 한찬훈, “국악공연장 음향설계기준에 따른 음향개선 사례연구”, 한국음향학회 학술발표대회 논문집 제24권 제1(s)호, 2004
- 정철호, 이정권, 연철호, 한찬훈, “국악음원의 방사특성을 고려한 국악원의 음향성능 예측”, 한국음향학회지 제23권 제2호, 2004
- 한찬훈, 이원구, 정철호, “국악기의 음향방사 특성에 따른 국악당의 음향성능 조사”, 한국음향학회지 제24권 제8호, 2005
- 한찬훈, 신직수, “청감실험에 의한 국악당의 음향설계조건 설정”, 한국음향학회지 제26권 제7호, 2007

## Abstract

The purpose of this study is to estimate the energy consumption of the apartment houses by utilizing the degree-days method which one of the estimation method of energy consumption. It is analyzed the errors between the estimated the energy consumption and actual energy consumption the results to verify the accuracy of the estimation result. The estimated energy consumption was below the tolerance range that belonging to the MBE 15% and Cv 5%. Thus, estimation result of energy consumption using the degree-days method shows a level of trust degree of accuracy.

키워드 : 도일법, 에너지사용량, 단열성능

Keywords : Degree-Days, Energy Consumption, Heat Insulation Property

## 1. 서 론

## 1.1 연구의 목적

건물에너지 예측기법 중 하나인 도일법은 기후상태에 따른 건물의 에너지소비량을 추정 할 수 있는 가장 단순한 방법이다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고, 국내에서는 도일법을 활용한 에너지소비량 추정에 관한 연구 및 추정된 에너지소비량의 정확도 검증에 관한 연구가 부족한 상황이다.

이에 본 연구에서는 도일법 기반 에너지사용량 추정 방법을 고찰하고, 도일법을 활용하여 공동주택의 에너지사용량을 추정한다. 추정 결과를 실제 에너지사용량 데이터와 비교를 통해 도일법 기반 에너지사용량 추정의 정확도를 검증 방법을 고찰하고자 한다.

## 1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 국내 기상청에서 관측한 청주시역의 2014년 1월~12월의 일평균 외기온을 활용하였다. 기상청 데이터를 기반으로 도일법을 활용하여 공동주택의 에너지소비량을 추정한다.

추정된 결과와 실제 에너지사용량 데이터의 월별 에너지소비량의 오차를 MBE(Mean Bias Error)와 변동계수(Cv(RMSE), Coefficient of Variation of RMSE)를 비교하여 월별 오차를 분석한다. 오차 분석을 통한 추정의 정확도 검증 방법을 고찰한다.

## 2. 문헌고찰 및 에너지사용량 추정방법

## 2.1 도일법 기반 연구

도일법은 기후의 변화를 파악 할 뿐만 아니라 건물의 에너지 성능 평가의 지표로서 활용할 수 있다.

국외의 많은 연구자들은 도일법을 활용하여 건물의 에너지소비량을 추정하고 분석하였다. Mattia De Rosa et al. (2014)는 냉난방도일을 계산하여 건물의 냉난방에너지 수요량을 평가하였는데, 냉난방도일의 증감에 따라 건물 내에서 소비되는 냉난방에너지 역시 증감되는 것으로 분석하였다. 또한, M.Chritenson et al. (2006)은 스위스의 냉난방도일을 계산하였다. 계산결과를 기반으로 미래의 스위스 냉난방도일 감소를 분석하여 기후 온난화에 의한 건물 에너지 수요를 분석하였다.

국내에서도 도일을 활용하여 건물의 에너지수요를 추정하고 평가하는데 활용하고 있다. 김지혜(2007)는 도일법 기반으로 공동주택의 에너지사용량을 추정하여 기후 변화에 따른 건물에서의 냉난방부하를 예측하였다. 또한, 최상호 등(2013)은 도일을 기반으로 베이스라인 모델을 개발하고 이를 보정하는 방안을 제시하였다. 비선형 회귀분석 결과  $R^2$ 값이 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, 미국공조냉동학회)의 가이드 라인에서 요구하는 0.7 이상이었으며, Cv값 또한 7%보다 작아 안정적인 모델이라고 분석하였다.

이상과 같은 도일법 관련 연구들의 고찰을 통해 도일법을 활용한 연구가 건물의 에너지 수요 추정 및 분석을 하는 지표로서 좋은 도구가 될 수 있음을 파악하였다.

## 3. 공동주택 에너지사용량 추정 및 정확도 검증 방법

## 3.1 에너지사용량 추정방법

본 연구의 공동주택 에너지사용량 추정 방법은 그림 1과 표 1의 과정으로 계산한다.

도일법을 기반으로 에너지사용량을 추정하기 위해선 건물시간상수, 최적의 기기 작동온도, 예열시간, 24시간 실내온도의합, 평균내부온도, 기준온도, 월별 도일값에 대한 입력값이 필요하다. 표 1에서는 각각의 입력요소에 대한 예를 보여주고 있으며, 그림 1에서는 입력요소에 대한 계산식에 대하여 제시하고 있다.

\* 충북대 대학원 석사과정

\*\* 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : seodh@chungbuk.ac.kr)

### 2.3 정확도 검증 방법

추정된 에너지사용량 결과를 실제 에너지사용량 결과와 비교하여 정확도를 검증한다. 에너지사용량 추정 결과의 정확도 검증에 관하여 콕영훈 등(2013)은 MBE(Mean Bias Error) 식 (1)과 변동계수(Cv(RMSE), Coefficient of Variation of RMSE) 식 (2), (3)으로 정의하였으며, 월별 허용오차가 “MBE 5%, Cv(RMSE) 15% 이하” 일 경우 정확도가 높은 것으로 분석하였다.

표 1. 에너지사용량 추정을 위한 입력 데이터

Parameter	Value (입력값)	Unit
Building thermal capacity	2000000	kJ/K
$\Sigma(UA)$	20000	W/K
Volume	50000	m <sup>3</sup>
Air changes	0.5	h <sup>-1</sup>
Occupancy	8	h
Unoccupiedhours(t <sub>3</sub> -t <sub>1</sub> )	16	h
Ventilation loss	8325	W/K
Heat loss coefficient	28.325	W/K
U'	28.325	kW/K
Set point temperature	20	℃
Outdoor design temperature	-2	℃
Plant output	750	kW
Casual gains	120	kW
Days in the week (5 or 7)	7	days
System efficient	0.75	
Cost of gas	0.01	£/kW · h
CO <sub>2</sub> factor	0.194	kg/kW · h
k	0.71	
Outdoor temperature	5	℃
Number of Month	31	

Step 1	건물시각상수( $\tau$ )	건물시각상수 = $\frac{\text{건물의 열용량}(C)}$ $3600 \times \text{일문일계수}(D)$
Step 2	최소의 기온 구간 온도 (℃)	$\text{최저기온} - \text{일문일계수} \times \text{외부공기온도} - \text{외부공기온도} \times \text{외부공기온도}$ $\frac{\text{건물열용량} - \text{외부공기온도} \times \text{외부공기온도}}{\text{외부공기온도} - \text{외부공기온도}}$
Step 3	예열시간( $t_2 - t_1$ ) (h)	$\frac{\text{건물열용량}}{3600 \times \text{일문일계수}} \times \frac{\text{기온변화량} - \text{일문일계수} \times (\text{실온도} - \text{외부공기온도})}{\text{외부공기온도} - \text{외부공기온도}}$
Step 4	$t_2 - t_1$ (h)	$t_2 - t_1 = \text{비개실시간} - \text{예열시간}$
Step 5	$\sum_{i=1}^n \Delta t_i$	
Step 6	평균내부온도( $\theta$ )	평균내부온도 = $\frac{\text{내부온도의 변화량} + (\text{실온도} \times \text{계열시간})}{24 \text{시간}}$
Step 7	기준온도( $\theta_0$ )	기준온도 = $\frac{\text{평균내부온도} - \text{casual gain}}{\text{일문일계수}}$
Step 8	Hitchcock 보정 (K-day)	$\text{Hitchcock 보정} = \frac{\text{실온도의 변화량} + (\text{실온도} \times \text{계열시간})}{\text{일문일계수} - \text{외부공기온도} \times \text{계열시간}}$
Step 9	가스소비량 (kWh)	가스소비량 = $\frac{24 \text{시간} \times \text{일문일계수} \times \text{도열}}{\text{시스템효율}}$
Step 10	$\theta_{\text{error}}$ (%)	월별에너지추정의 불확실성 = $130 \times \text{월평균난방도일}^{-1.5} \times 100$
Step 11	비용	비용 = $\text{가스소비량} \times \text{가스요금}$
Step 12	CO <sub>2</sub> 발생량 (ton)	CO <sub>2</sub> 발생량 = $\frac{\text{가스소비량} \times \text{CO}_2 \text{계수}}{1000}$

그림 1. 독일법 기반 에너지사용량 추정 방법

### 4. 결 론

본 연구에선 독일법 기반 에너지사용량 추정 방법과 결과의 정확도 검증 방법에 관하여 고찰하였다. 실제 데이터와 추정한 에너지사용량의 데이터의 월별 오차가 MBE 15%, Cv 5% 이내일 경우 허용오차범위에 속해 도

일법 기반 에너지사용량 추정의 정확도하다고 사료된다. 향후 연구에선 독일법과 eQUEST, 실제에너지사용량 데이터를 기반으로 에너지사용량의 정확도 검증에 관한 연구를 진행 할 예정이다.

$$MBE(\%) = \frac{\sum_{Period} (S - M)_{Interval}}{\sum_{Period} M_{Interval}} \times 100 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (S - M)_{Interval}^2}{N_{Interval}}} \quad (2)$$

$$Cv(RMSE) = \frac{RMSE}{A_{Period}} \times 100 \quad (3)$$

여기서,  $S$  : 시뮬레이션 에너지 사용량 (kWh)  
 $M$  : 실제 에너지 사용량 (kWh)  
 $A_{Period}$  : 실제 에너지 사용량의 평균  
 $N_{Interval}$  : 데이터의 개월수

### 참고문헌

1. CIBSE, Degree-days: theory and application, 2006
2. M.Chritenson et al, Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland, Energy Conversion and Management, 47, 2006
3. Mattia De Rosa, Vincenzo Bianco, Federico Scarpa, Luca A. Tagliafico, Heating and cooling building energy demand evaluation: a simplified model and a modified degree days approach, Energy, 128, 2014
4. 김지혜, 기후 시나리오에 의한 온난화에 따른 건물의 냉난방에너지 수요량 변화에 관한 연구 석사학위논문, 인하대학교 대학원 건축공학과 건축공학 전공, 2007
5. 최상호, 이상준, 조성환, 이민환, 냉난방도일을 활용한 에너지베이스라인 보정 모델 개발, 대한설비공학회 하계 학술 발표대회 논문집, 2013
6. 최상호, 이상준, 조성환, IWEC 기상 데이터 및 냉난방도일을 활용한 에너지사용량 베이스라인 보정에 관한 연구, 대한설비공학회 하계 학술 발표대회 논문집, 2013
7. 콕영훈, 천세환, 허정호, 냉방 에너지 절감을 위한 시뮬레이션 기반 에너지관리 시스템 적용, 대한건축학회논문집, 28(1), 2013

# 빛 공해 방지법 제정 및 연구 동향에 관한 연구

The Study on the Analysis of The Light Pollution Laws and the Related Company Situations

○박 우 현\*      정 유 근\*\*

Park, Woo-Hyoun      Chung, Yu-Gun

## Abstract

The outdoor lighting allows us to please the night live and makes a beautiful city night. However, the overflow of outdoor lighting makes the light pollution and disturbs the our night life. This study aims to analysis the light pollution laws and investigate the current outdoor lighting companies. As results, the local government ordinances have not been established on the characteristics of rural conditions and situations because there are not different between light pollution ordinances. Also, many civil companies on the light pollution are not solved because of the absence of the object of regulations the standard lighting environment control areas.

키워드 : 빛 공해 방지법, 야간조명, 연구동향

Keywords : light pollution laws, Outdoor lighting, Research trends

## 1. 서 론

우리나라는 2013년 ‘인공조명에 의한 빛 공해 방지법’이 제정되었다, 빛 공해란 인공조명이 너무 밝거나 지나치게 많아 야간에도 낮처럼 밝은 상태가 유지되는 현상을 가리킨다. 본 연구는 빛 공해 방지법 제정 및 연구동향을 통해 쾌적한 빛환경 조성을 위한 기초자료를 제시하고, 이를 위해 환경부에서 제정된 빛 공해 관련법규와 빛 공해 방지를 위한 연구동향을 분석함으로써, 흐름을 파악하고 빛 공해의 대중화와 연구 활성화를 위한 기초 자료를 제공하려는 목적이다. 관련법이 제정된 지자체 중 주요 지자체라 판단되는 서울시, 세종시, 경기도, 대전시, 광주시, 대구시, 부산시, 울산시를 대상으로 조사하였고 인천시는 법령이 제정되지 않았기 때문에 본 연구에서 제외되었다.

## 2. 빛 공해 관련 법제정 현황

우리나라 주요 빛공해 방지법령 제정현황은 표 1과 같다.

표 1. 빛 공해 방지법 제정 현황

구분	조사대상	시행일자
환경부	인공조명에 의한 빛 공해 방지법	12.02월
	이하 방지법 시행령	14.07월
	이하 방지법 시행규칙	13.02월
특별시	서울특별시	14.07월
특별자치시	세종특별자치시	13.09월
시·도	경기도	13.12월
광역시	대전광역시	14.04월
	광주광역시	14.03월
	대구광역시	14.05월
	부산광역시	14.08월
	울산광역시	14.05월

환경부의 ‘인공조명에 의한 빛 공해 방지법’은 크게 빛 공해 방지계획 및 빛환경 관리계획 수립과 조명환경관리구역의 지정 및 빛 방사 허용기준이 있다. 조명환경관리구역

은 시·도지사가 효율적인 빛환경 관리를 위해 빛 공해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역을 총 4종으로 구분하여 지정·운영하게 된다. 빛 방사 허용기준은 지정된 관리지역을 효율적으로 관리하기 위하여 에너지 절약과 기술의 발전을 고려하여 정한다. 빛 공해 환경영향평가는 시·도지사가 환경부령에 따라 관할 지역의 빛환경이 주변지역에 미치는 환경상 영향을 3년마다 1회 이상 평가하게 된다. 빛 공해 방지계획의 수립·수행 등에 관한 사항을 심의하기 위하여 환경부 소속으로 빛 공해 방지위원회를 두며 표 2와 같다.

표 2. 환경부 위원회 구성 및 심의기능

구분	소속 위원회	위원회 심의기능
법규		
환경부	빛 공해 방지 위원회	1. 빛 공해 방지계획 수립 2. 빛 공해 방지계획 법제정 3. 빛 공해 방지사업 추진 4. 빛 공해 방지실적 평가

## 3. 빛 공해 관련 민원 및 처리결과

민원은 주요 지자체의 2000~2014년도까지의 민원을 조사·분석하였으며, 가장 많은 민원이 보고된 서울과 부산을 중심으로 분류하였다. 민원내용은 크게 수면방해 및 시야방해, 생태교란으로 나누었으며, 처리결과도 조명기구 조정·교체·철거, 건물과 조명 사이에 차단막 설치, 법안미비, 민원처리 불가 등 4가지로 분류하였다. 각 지자체에서는 다양한 방법으로 민원을 처리하고 있으며, 현재 조명기구 조정·교체를 통한 처리가 가장 많이 진행된 것으로 분석되었다. 수면방해의 경우는 가장 많이 보고되고 있으며, 대부분 건물과 근접하게 설치된 가로등으로 인한 침입광이 원인이었다. 이에 대한 건물과 가로등 사이에 차단막을 설치하거나 조명높이 조정 및 이설 등의 조치로 민원처리가 진행되었다. 현재 조명환경관리구역 지정이 제대로 이루어지지 않았고, 해당민원구역의 경우 환경부에서 제정된 빛 공해 방지법의 규제대상에 해당되지 않아 규제할 방법이 없다고 통보하여 이를 처리하기 위한 조속한 법제 규정이 필요하다. 빛 공해로 인한 지자체 별 민원 및 처리결과는 다음 표 3과 같다.

## 4. 연구 동양 분석

\* 한국교통대 대학원 석사과정

\*\* 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : ygchung@ut.ac.kr)

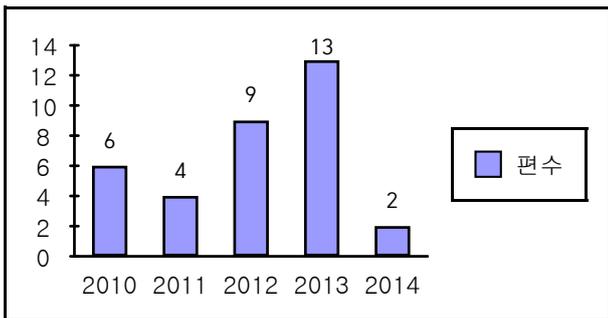
표 3. 빛공해 민원 및 처리결과

년도 지역	2000 ~ 2010			2011			2012			2013			2014		
	수면방해	시아방해	생태교란	수면방해	시아방해	생태교란	수면방해	시아방해	생태교란	수면방해	시아방해	생태교란	수면방해	시아방해	생태교란
서울	42	19	1	12	5	-	6	4	-	6	6	-	9	3	-
	1)24건 2)12건 3)2건 4)4건	1)13건 2)1건 3)4건 4)1건	3)1건	1)8건 2)3건 3)1건	1)3건 3)1건 4)1건	-	1)5건 2)1건	1)4건	-	1)5건 2)1건	1)5건 3)1건	-	1)6건 2)3건	1)3건	-
부산	22	3	-	5	2	1	5	4	1	2	2	-	9	2	-
	1)19건 2)2건 4)1건	1)3건	-	1)4건 2)1건	2)1건 3)1건	3)1건	1)5건	1)1건 3)3건	1)1건	1)2건	1)1건 2)1건	-	1)6건 2)3건	1)1건 3)1건	-
기타	41	5	4	10	6	1	16	1	1	6	5	1	14	1	1
	1)36건 2)3건 3)2건	1)5건	1)2건 2)2건	1)10건	1)6건	1)1건	1)13건 2)3건	1)1건	1)1건	1)6건	1)5건	1)1건	1)10건 2)1건 3)2건 4)1건	3)1건	1)1건
합계	105	27	5	27	13	2	27	9	2	14	13	1	32	6	1

- 민원결과 : 1) 조명기구 조정·교체·철거, 2) 건물과 조명 사이 차단막 설치, 3) 법안미비, 4) 민원처리 불가(안전, 방법 상 이유)

- 기타지역 : 세종시, 대전시, 광주시, 대구시, 울산시

본 연구는 국내에서 연구되고 있는 빛 공해 논문을 대상으로 학술연구정보서비스(RISS)에서 2010년부터 2014년까지의 학회지 논문과 학술발표대회 논문 34건을 선정하여 분류 및 분석을 하였다. 34건 중 년도 별로 등재되어 있는 수는 그림과 같다.



### 5. 연구동향 분석

연구방법 중 시뮬레이션에 의한 연구가 많이 진행되었다. 대상으로는 가로·도로조명과 옥외조명으로 분류되었고, 그 중 가로·도로조명이 주요 대상이었으며, 가장 많이 사용된 프로그램은 Relux이다. 시뮬레이션 프로그램을 이용한 연구에서는 대부분 평균 조도 값, 연면적 조도 값 등 주로 조도에 관련된 값을 도출하였고, 그 결과값을 도로조명기준 등에 비교하여 기준에 적합한지의 여부를 판단하였다. 그 외에 시뮬레이션 연구 내용은 표 4과 같다.

표 4. 대상 및 연구방법 분류

대상	시뮬레이션 프로그램	측정 값
가로·도로 조명	Light scape	조도, 휘도 값
	Relux	연직면조도 최대값
	Optisworks	광속
	Road pollution	상향 광속비
옥외조명	OSP	평균조도
	Road Pollution	상향 광속비
	OSP	평균조도, 최대조도

현장실측의 대상은 옥외조명과 경관조명등으로 분류되었다. 주로 옥외 조명등을 대상으로 하였으며, 측정기기는 휘도계를 이용한 측정이 많이 이루어졌다. 실측연구에서는 모두 2회 이상 측정하였고, 측정결과로는 휘도가 허

용기준을 초과하는 경우가 많았으며, 규제안을 제시하거나 규제기준 마련 등을 요구하였다. 그 외 실측 연구내용은 표 5와 같다.

표 5. 실측 연구내용

측정대상	측정기기	측정 값	측정횟수
옥외광고물	휘도계	평균 휘도값	7회
	휘도계	휘도값	2회
옥외조명	휘도계, 조도계	평균 조도값, 최대 휘도값	2회 이상
	대면휘도계	휘도값	
	휘도계	평균 휘도값, 최대 휘도값	
체육시설조명	조도계, 휘도계	연직면 조도값, 광도값	5회
미디어 파사드	대면휘도계	평균 휘도값	5회
경관조명	대면휘도계	평균 휘도값	2회

### 6. 결 론

본 연구는 환경부에서 제정·시행되는 관련법규와 2010년부터 2014년까지의 전문학술지 중심으로 선정하였다. 이를 연구대상, 연구방법으로 분석함으로써 빛 공해의 대중화와 연구 활성화를 위한 기초자료를 제공하는데 연구목적이 있다. 분석결과, 관련법 제정 후에도 규제대상이 구체적으로 정의되지 못하고 조명환경관리구역 또한 제대로 수립되지 못해, 빛 공해 민원을 해결하지 못하고 있는 것으로 분석되었다. 경기도의 빛 공해 관련 시범사업 추가 발굴지원 규정처럼 적극적인 관련 사업추진과 동시에 관련법의 꾸준한 피드백을 유도·개정해 나가는 과정이 필요하다고 판단된다. 빛 공해 관련 연구가 초기 단계이며, 연구 대상이나 방법 등이 한정적이었다. 규제 및 기준 마련 등의 결론들이 많은 것으로 분석되었다. 추후 빛 공해 관련 연구를 진행할 경우 여러 분야의 학회에서 다양한 대상의 연구가 진행되어야 할 것이라고 사료된다.

### 참고문헌

1. 안내영 외 2명, 야간 도시 조명 관리 방안에 관한 연구, 한국 도시행정학회 도시행정학보 제 21집 제1호, 2008
2. 법제처 홈페이지(www.moleg.go.kr), 환경부, 인공조명에 의한 빛 공해 방지법, 법률 제11261호, 2012 외 10개 법령
3. 서울특별시청 홈페이지(www.seoul.go.kr)

Abstract

The purpose of this study is building performance analysis based on 6 typical building layouts with 3 level of envelope standards in Hanok, traditional Korean Houses. The most critical factor for energy demand is infiltration level, so it is necessary to improve envelope air-tightness criteria. In a current standard, energy demand for layout types varies due to difference of building conductive loss, solar gain and natural ventilation loss. Under the envelope of semi-passive standard, the cooling demand surpasses the heating demand and the potential for natural ventilation according to building layouts is required to be analyzed in the future.

키워드 : 한옥, 배치유형, 외피성능, 환경성능, 기밀, 자연환기      Keywords : hanok, building layout types, envelope performance, environmental performance, airtightness, natural ventilation

1. 서론

최근 국가적인 이산화탄소 배출량 절감을 위한 거시정책들이 구축되면서 건물 에너지 소비량에 대한 관심이 증대하고 있다. 그에 따라 한옥으로 대표되는 한국의 전통건축 양식이 주택에 집중되어 있기 때문에 패시브 하우스로 대표되는 중부유럽 기후에 적합한 에너지 절감 전략이 한국에 직접적으로 소개되고 있다. 그러나 한국 기후대에 맞지 않아 한국 미시기후 특성에 적절한 전략을 수립할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서 한옥 유형별 외피성능 개선에 따른 환경성능 시뮬레이션을 통해 한국의 미시기후 특성을 고려한 에너지 절감 전략에 대해 알아보고자 한다.

신한옥의 평면유형에 따른 환경성능 시뮬레이션을 위해 한옥의 평면, 입면, 지붕특징 및 구성 원리, 구조적 특징에 대해 분석하였다. 연구 내용을 바탕으로 4인 가족의 주거공간으로 건축면적 90~100㎡의 범위(에너지사용량 비교 위한 난방공간 면적 94.5㎡ 동일), 기본 모듈 10자(3m, 필요에 따라 8~10자 사이로 계획), 퇴칸 900mm로 산정하여 총 6개의 유형으로 계획하였다. 실구성은 거실, 부엌, 방 3개, 화장실 1개, 현관이며, 화장실과 현관은 비난방공간으로 분류된다.

또한, 통합 건물에너지 시뮬레이션 프로그램 IES-VE를 통한 평면 유형에 따른 환경성능을 비교를 위해 Sketch-Up에서 유형별로 3D 모델링하였다.

2. 신한옥 환경성능 시뮬레이션

2.1 신한옥 공간·구조 분석 및 유형화

표 1. 신한옥 평면 유형화

유형	Type1. -자형	Type2. ㄱ자형	Type3. ㄷ자형
평면도			
환경성능 3D			
유형	Type4. ㅁ자형	Type5. ㅂ자형	Type6. ㅅ자형
평면도			
환경성능 3D			

2.2 환경성능분석 주요 변수

한옥의 환경성능 예측 및 비교를 위해 외피조건은 한옥외피의 환경성능과 가장 밀접한 주요 구조부인 외벽, 지붕, 바닥, 창호를 변수로 전통한옥, 건축법규 수준(중부지방 기준), 패시브하우스 수준의 세 단계로 나누어 설정하였으며, 외피수준의 기밀에 따라 침기량도 설정하였다.

표 2. 외피성능 수준별 요소별 물성치

수준 요소	전통한옥		건축법규 수준 (중부지방 기준)		패시브하우스 수준	
	d=두께	K=열관류율	d=두께	K=열관류율	d=두께	K=열관류율
벽체	90	3.77	175	0.24	315	0.14
지붕	330	1.26	255	0.16	295	0.14
바닥	100	2.47	610	0.22	700	0.14
창호	0.87	8.16	22	2.05	86	0.77

표 3. 외피 기준에 따른 침기량

	ACH <sub>50</sub>	ACH <sub>Natural</sub>
전통한옥	92.5	5
건축법규 수준 (중부지방 기준)	37.43	2.02
패시브하우스 수준	11	0.6

표 4. 냉난방시스템

구분 스케줄	냉난방시 스템 없음	바닥난방 +자연환기	바닥난방 +자연환기 + ac	ac
	캐줄			

\* 충북대 건축학과 대학원 석사과정

\*\* 충북대 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : ecoville@cbnu.ac.kr)

이 연구는 2014년도 건축도시공간연구소 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

표 5. 배치 유형별 건축물 에너지 사용량(바닥난방+자연환기+AC)\_건축법규 수준

건축법규수준	type	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	total
일사획득량 Solar gain (MWh)	1	0.5936	0.5931	0.4286	0.4235	0.5052	0.4638	0.4137	0.4374	0.3568	0.6692	0.5843	0.7405	6.2098
	2	0.492	0.507	0.422	0.439	0.527	0.473	0.419	0.439	0.369	0.587	0.486	0.6039	5.7644
	3	0.366	0.411	0.374	0.397	0.470	0.426	0.376	0.413	0.330	0.493	0.372	0.4273	4.8534
	4	0.214	0.275	0.298	0.327	0.388	0.353	0.311	0.343	0.267	0.340	0.224	0.2299	3.5704
	5	0.368	0.419	0.338	0.355	0.429	0.386	0.339	0.352	0.312	0.496	0.378	0.4226	4.594
	6	0.163	0.199	0.236	0.309	0.364	0.334	0.295	0.309	0.233	0.240	0.164	0.172	3.019
외피 전도 손실 External conduction gain (MWh)	1	-1.058	-0.835	-0.778	-0.330	-0.175	-0.039	0.024	0.020	-0.097	-0.303	-0.613	-0.9093	-5.0921
	2	-1.046	-0.823	-0.767	-0.324	-0.171	-0.037	0.025	0.022	-0.094	-0.294	-0.604	-0.8971	-5.0083
	3	-1.140	-0.896	-0.835	-0.347	-0.178	-0.032	0.035	0.032	-0.097	-0.314	-0.654	-0.974	-5.3983
	4	-1.148	-0.900	-0.836	-0.338	-0.166	-0.023	0.042	0.040	-0.088	-0.302	-0.653	-0.9788	-5.3518
	5	-1.189	-0.935	-0.869	-0.358	-0.178	-0.032	0.038	0.036	-0.098	-0.324	-0.685	-1.0182	-5.612
	6	-1.126	-0.884	-0.823	-0.337	-0.161	-0.024	0.039	0.035	-0.087	-0.295	-0.642	-0.9616	-5.2678
자연환기 MacroFlo ext vent gain (MWh)	1	0	0	0	-0.0203	-0.1507	-0.3643	-0.1909	-0.1989	-0.2669	-0.1596	-0.0319	-0.0025	-1.3859
	2	0	0	0	-0.0262	-0.157	-0.3507	-0.1821	-0.1931	-0.2626	-0.1333	-0.0273	-0.0024	-1.3348
	3	0	0	0	-0.0256	-0.1487	-0.3296	-0.1892	-0.2052	-0.2539	-0.0932	-0.0114	-0.0001	-1.2571
	4	0	0	0	-0.0127	-0.1084	-0.3065	-0.1769	-0.1948	-0.2274	-0.0354	-0.0006	0	-1.0627
	5	0	0	-0.0008	-0.025	-0.1238	-0.2991	-0.1777	-0.1874	-0.234	-0.1193	-0.0227	-0.0018	-1.1918
	6	0	0	0	-0.0295	-0.1289	-0.2846	-0.172	-0.1844	-0.2131	-0.0189	0	0	-1.0318
건물 에너지 요구량 load (MWh)	1	3.983	2.972	2.866	0.878	0.157	-0.190	-0.611	-0.688	-0.064	0.516	1.879	3.1074	17.9105
	2	4.108	3.078	2.886	0.873	0.148	-0.202	-0.623	-0.697	-0.073	0.554	1.984	3.26	18.4848
	3	4.169	3.122	2.876	0.872	0.160	-0.197	-0.599	-0.676	-0.065	0.583	2.047	3.3822	18.6823
	4	4.396	3.316	3.001	0.935	0.192	-0.158	-0.542	-0.619	-0.039	0.662	2.215	3.6347	19.7091
	5	4.395	3.299	3.089	0.978	0.188	-0.188	-0.580	-0.647	-0.064	0.648	2.177	3.5781	19.8305
	6	4.522	3.456	3.126	0.994	0.210	-0.172	-0.541	-0.607	-0.032	0.747	2.322	3.7605	20.4884

내부발열은 사람, 조명, 조리, 기기발열로 분류하고, 거주자의 생활패턴에 따라 차이를 갖기에 내부발열량 기준을 참고하여 내부발열량을 설정하였다.

냉난방시스템은 냉난방시스템이 설치되지 않은 조건을 기준으로 세 가지 방법을 비교 값으로 설정하였다. 우리나라에서 적용되고 있는 바닥난방시스템과 공기조화방식으로 분류하고, 자연환기, 자연환기와 공기조화, 공기조화방식을 통한 냉방시스템을 조합한 조건으로 설정하였다. 자연환기와 비교를 위해 공기냉방시스템 선정 시 제습이 되지 않는 시스템을 적용하였다.

### 3. 시뮬레이션 결과 분석

#### 3.1 외피성능 수준별 에너지사용량 및 실내환경 쾌적도

외피 성능 수준 차이에 의한 단위면적당 에너지 사용량 차이는 극심하여 겨울철 난방에너지 사용량에 큰 영향을 미치며, 자연환기를 통한 냉방에너지 절감 전략이 전체 에너지 절감 전략에 큰 효과를 보인다. 특히 준 패시브하우스 수준으로 진입 시 전체 에너지 사용량은 줄어들지만, 냉방에너지 사용량의 비중이 급증하여 오히려 전체 에너지 사용량 중에서 냉방에너지 사용량이 증가한다. 따라서 전체적인 공조방식에 비하여 자연환기를 통한 냉방에너지 절감 전략이 전체 에너지 절감 전략에서 큰 의미를 갖는다.

실내 환경 쾌적도 비교를 통해 현재 겨울철 바닥난방과 전공조방식이 아닌 냉방시설과 같은 실내 습도 조절을 하지 않는 온도중심의 실내 쾌적조건을 습도까지 포함하는 전략적 접근이 요구된다.

#### 3.2 배치 유형별 냉·난방시스템 에너지사용량 비교

한옥 유형별 냉·난방에너지소비 월별 사용량을 기준으로 외부의 기후와의 관계를 통해 분석결과 첫째, 침기에 따른 열손실의 경우 여전히 기밀성능의 많은 향상이 필요하며, 이를 개선하는 것이 전체적인 에너지 소비량을

줄이는 가장 시급한 전략이다. 둘째, 침기량을 전제로 평면 유형에 따라 가장 큰 특징을 보인 것은 배치별 외피면적과 일사획득량에 따른 에너지 사용량 변화이다. 바닥면적 대비 외피면적 값이 작은 형태일수록 에너지 소비량에 유리하며, -자형에 비해 날개가 늘어나는 형태일수록 본체에 의한 일사 방해로 일사 획득 값이 낮아져, 겨울철에 직접적으로 난방에너지 증가로 연결되고 있다. 따라서 충분한 일사획득을 위해서는 마당면적 확보가 중요하다. 마지막으로 비난방 공간 쪽으로 많은 열이 손실되고 있으며, 이 점은 그동안 외피 성능을 통한 열손실에만 집중했던 면에서 나아가 이를 해결하기 위한 다른 대책이 필요함을 알 수 있다.

### 4. 결론

한옥배치유형 및 외피성능 수준별 냉·난방 시스템 에너지 사용량 및 실내 환경 쾌적도에 대한 시뮬레이션 결과 첫째, 침기에 따른 열손실이 크며, 이에 대한 기밀성능 향상이 가장 시급하고 둘째, 이를 전제로 배치별 외피면적과 일사획득량 변화에 따라 유형별 에너지사용량 변화가 큼을 알 수 있었다. 마지막으로, 외피성능 향상은 겨울철 난방에서 사용량 절감에 큰 영향을 미치나 오히려 전체 에너지 사용량의 냉방에너지 사용량 비중을 증가시킨다. 따라서 자연환기를 통한 적극적인 냉방에너지 절감전략이 필요하다.

### 참고문헌

1. 한옥과 한국 주택의 역사, 전봉희 외1명, 동녘, 2012.
2. 한옥 설계의 원리와 실무, 국토교통부, 2014
3. 조영민, 현대한옥의 단위공간 모듈 설정에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제28권 제10호, 2012.10
4. 박진아 외 1명, 신한옥의 평면구성에 따른 공간활용상태에 관한 연구, 한국주거학회, 2012
5. 이재욱, 신한옥 부재요소 성능지표 설정을 통한 난방에너지 평가, 한국건축친환경설비학회논문집, 2011

Abstract

This study investigates the minimum absorptive area satisfying with the acoustic performance criteria of school classrooms which aims to suggest the guideline of the acoustic standards. In order this, area of sound absorptive materials and ratio of absorptive area to the floor area were calculated using Sabin's reverberation formula. As a result, it was found that the whole ceiling is not need to be treated as sound absorptive materials(sound absorbing coefficient of 500, 1kHz: over 0.40) to achieve the acoustic standard of RT of 0.8sec.

키워드 : 교실, 음환경 기준, 흡음재 설치면적(비율)

Keywords : Classroom, Acoustical Performance Criteria, Area of sound absorptive material

1. 서    론

1.1 연구의 배경 및 목적

학교시설에서의 핵심은 단위교실에 있으며 교실 공간의 특성상 바람직한 청취환경은 매우 중요하므로 학생들에게 질 높은 환경을 동등하게 제공해야 한다. 하지만 1990년대 이후 표준설계도서의 폐지 이후 교실 설계의 기준이 마련되어 있지 않아 신축 및 리모델링 시 적절한 음환경을 실현하는데 큰 어려움을 겪고 있다. 또한 교육과정 변화에 따른 다양한 수업방식이 이루어지면서 이에 따른 다양한 교실의 평면과 규모의 필요성이 높아지고 있는 실정이다. 따라서 적합한 청취환경을 균등하게 제공하기 위하여 일반 교실의 설계 시 실내음향성능 기준을 만족시킬 뿐만 아니라 다양한 교실 설계의 가이드라인이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 교실의 음환경 기준을 만족하기 위한 실내마감 방안 설정을 위한 사전연구로써 교실의 실내음향 기준을 만족하기 위해 필요한 교실 내의 적정 흡음면적에 대해 알아보고자 한다. 이를 위해 표준교실과 이론적 수식을 이용하여 마감 재료의 흡음률과 높이 변화에 따라 기준을 만족하기 위해 필요한 흡음재의 권장설치면적을 계산하였다. 또한 다양한 제원을 가진 교실에 적용하기 위하여 흡음재를 설치해야 하는 바닥면적 대비 권장 설치비율을 산출하였다.

2. 연구의 방법

2.1 실험대상의 건축적 제원

흡음률과 높이 변화에 따라 필요한 흡음면적을 계산하기 위해서는 대상 교실을 선정해야 한다. 특히 대상 교실을 선정 시에는 국내 교실의 건축적 특성을 대표하는 공간으로 설정하여 면적을 산출하는 것이 중요하다. 따라서

청주시 소재 중학교 17개와 고등학교 7개 학교의 일반교실에 대한 건축제원을 조사하고 각 부위의 평균값을 이용해 작성한 표준교실을 사용하였다. 다음 그림 1에서는 국내 표준교실의 3차원 형상과 건축 제원을 나타내고 있다.

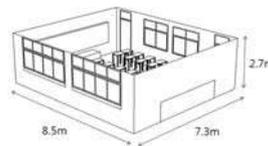


그림 2. 국내 교실의 표준모델

표 1. 대상 교실의 건축 제원

구분	내용
길이	8.5m
폭	7.3m
높이	2.7m
실용적(V)	167.5m <sup>3</sup>
바닥면적(F)	62.1m <sup>2</sup>
좌석수(N)	32석

2.2 국내 교실의 음환경 기준

국외에서는 일찍이 교실의 음환경에 대해 연구해왔으며 그에 대한 결과로써 미국과 영국에는 기준이 성립되어 있어 이를 교실의 설계 및 시공 시 준수하도록 규제하고 있다. 국내의 경우 최근 박찬재(2014)의 논문에서 교실 내 사용 언어별 음성명료도 차이를 분석하여 국내 교실의 기준이 필요함을 강조한 바 있으며 다양한 실험을 통해 국내 교실의 음환경 평가 기준을 발표한 바 있다. 다음의 표 2에서는 국내외 교실의 음환경 평가 기준을 나타내고 있다.

표 2. 국내 교실의 음환경 기준

대상 교실의 체적	실내음향성능 지표	
	배경소음	잔향시간
220m <sup>3</sup> 이하	35dB(A)*	0.8초 이하**

\* 전주파수대역(125Hz~4KHz)의 음압레벨 평균

\*\* 중간주파수대역(500Hz~1KHz)의 잔향시간 평균

따라서 본 연구에서는 국내 음환경 기준을 중심으로 실내음향성능 지표를 만족시키기 위해 필요한 흡음면적에 대해 산출하고자 한다.

2.3 교실의 최소흡음면적 산출 근거

국내 교실의 음환경 기준을 만족하기 위해 필요한 흡음면적을 산출하기 위하여 이론적 수식을 사용하고자 한다. 따라서 가장 보편적으로 사용하는 Sabin의 잔향공식을 이용하여 다양한 흡음률과 교실의 높이에 따른 흡음

\* 충북대 대학원 석사

\*\* 충북대 건축공학과 교수, 건축학박사

(Corresponding author : chhaan@chungbuk.ac.kr)

이 연구는 2014년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부분임. 과제번호:NRF-2011-0008137

면적을 계산하였으며 계산공식은 다음 식 (1)과 같다.

$$T = K \cdot \frac{V}{A} \quad (1)$$

여기서,

T : 잔향시간(sec), K : 비례상수(0.161), V:실의 체적(m<sup>3</sup>), A:흡음력

식 (1)에서 흡음력(A)을 계산하기 위해서는 각각의 흡음재 면적과 흡음률을 사용하여 산출하며 그 식은 아래와 같다.

$$A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \dots + \alpha_i \cdot S_i + A_R \quad (2)$$

여기서,

A:흡음력,  $\alpha$ :흡음률, S:흡음재가 설치된 면적(m<sup>2</sup>)

따라서 본 연구에서 표준교실의 바닥면적(Sf=62,05m<sup>2</sup>)을 가진 교실 및 다양한 채원을 가진 교실에서 실내음향성능 기준을 만족시키기 위해 필요한 권장설치면적과 바닥면적 대비 비율 계산에 사용한 식은 다음과 같다.

$$S_1 = \{(K \cdot H / T_{60}) - (S_f \cdot 0.15)\} / \alpha_1 \quad (3)$$

$$100 \cdot (S_1 / S_f) = 100 \cdot \{(K \cdot H / T_{60}) - 0.15\} / \alpha_1 \quad (4)$$

여기서,

S<sub>1</sub> : 흡음재의 권장설치면적(m<sup>2</sup>), K:비례상수(0.161),

H:높이(m), T<sub>60</sub>: 잔향시간(sec), S<sub>f</sub>:바닥면적(m<sup>2</sup>),  $\alpha$  :흡음률

### 3. 산출 결과

본 연구에서 표준교실의 바닥면적을 가진 국내 교실에서 실내음향성능을 만족하기 위해 필요한 최소흡음면적을 계산한 결과는 표 3에 나타내었다. 또한 다양한 건축채원을 사용한 교실을 위해 산출한 권장설치비율(바닥면적대비)의 결과를 다음 표 4에 나타내었다.

표 3. 잔향시간 0.8초 - 흡음재의 권장설치면적  
(표준교실 바닥면적 : 62.05m<sup>2</sup>기준)

흡음률*	천장 높이 H (m)					
	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5
	흡음재의 최소면적(m <sup>2</sup> )**					
0.40	55	61	67	74	80	86
0.45	49	54	60	65	71	76
0.50	44	49	54	59	64	69
0.55	40	44	49	53	58	63
0.60	37	41	45	49	53	57
0.65	34	38	41	45	49	53
0.70	31	35	38	42	46	49
0.75	29	33	36	39	43	46
0.80	27	31	34	37	40	43

\* 흡음재료의 500, 1KHz에서의 평균 흡음률

\*\* 책상, 조명, 사물함, 교단, 스크린 등의 면적은 포함하지 않음

표준교실에서 실내음향성능 기준을 만족하기 위해서 흡음재의흡음률이 0.60인 재료를 사용한다면 41m<sup>2</sup>의 면적이 필요하며 교실의 각 부위에 면적을 확보한다면 교실의 실내음향성능을 만족시킬 수 있다.

또한 표준교실의 바닥 면적이 다른 교실의 경우 표 5에 나타난 바와 같이 교실의 높이가 2.9m이고 흡음재의 평균 흡음률이 0.40인 재료를 사용한다면 바닥면적의 108%가 흡음이 되어야 실내음향성능을 만족시킬 수 있으며 바닥면적과 같은 천장을 모두 흡음하고 8%에 해당하

는 면적을 교실의 각 부위에 적용해야 함을 알 수 있다.

표 4. 잔향시간 0.8초 - 흡음재의 권장설치비율  
(바닥면적 대비)

흡음률*	천장 높이 H (m)					
	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5
	흡음재의 바닥면적에 대한 최소면적비율(%)**					
0.40	88	98	108	118	129	139
0.45	78	87	96	105	114	123
0.50	71	79	87	95	103	111
0.55	64	72	79	86	93	101
0.60	59	66	72	79	86	92
0.65	54	61	67	73	79	85
0.70	50	56	62	68	73	79
0.75	47	52	58	63	69	74
0.80	44	49	54	59	64	69

\* 흡음재료의 500, 1KHz에서의 평균 흡음률

\*\* 책상, 조명, 사물함, 교단, 스크린 등의 면적은 포함하지 않음

특히 표준 교실의 높이는 2.7m이고 흡음재로 가장 많이 사용 되고 있는 마이텍스(500Hz, 1kHz의 평균 흡음률 : 약 0.60)를 적용한다면 바닥면적의 66%만 흡음을 하여도 잔향시간 0.8초를 만족할 수 있음을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 국내 음환경 기준을 만족하기 위해 필요한 면적에 대한 사전연구이다. 이를 위해 국내 교실의 실내음향성능을 만족시키기 위해 필요한 최소흡음면적과 바닥면적에 대한 비율로써 산출하였으며, 이를 분석한 결과는 다음과 같이 요약 할 수 있다.

1) 표준교실의 천장에 미네랄 흡음텍스(평균 흡음률(500, 1kHz) : 약 0.60)를 적용하였을 때 실내음향기준인 잔향시간 0.8초를 만족하기 위해서는 41m<sup>2</sup>의 면적이 필요한 것으로 산출되었으며 이에 해당하는 비율은 66%이다.

2) 흡음률 0.60의 재료를 사용하는 경우, 높이가 3.5m 이상이 되어야 바닥면적과 같은 천장의 전체 면적을 흡음해야 하는 것으로 나타났다.

3) 국내 교실의 실내음향 기준인 잔향시간 0.8초를 만족하기 위해서는 천장의 모든 면적에 흡음재를 설치할 필요는 없는 것으로 나타났다.

위의 연구 결과를 바탕으로 실내음향성능 기준을 만족할 뿐만 아니라 음명료도 제고를 위한 교실 내에 적절한 흡음재의 설치위치 및 면적을 설정하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 박찬재, 한국 중·고등학교 교실의 실내음향성능 기준 설정 박사학위논문, 충북대학교 대학원 건축공학과 전공, 2014
2. ANSI/ASA S12.60, "Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools", American National Standard, 2010.
3. David,E,(1988), "Architectural Acoustics", McGraw-Hill.

# 협 찬

---

건양기술공사건축사사무소

태영건설

(주)한솔HWD

선엔지니어링종합건축사사무소

해마건축사사무소

대림산업

다산에드컴

탐엔지니어링

JW구조기술사사무소

계룡건설

유탑엔지니어링

고려캐슬건설(주)

신성건축사사무소

청우종합건축사사무소

(주)부원비엠에스

황두구조

건축공방화담

---



---

2015年度 春季學術發表大會  
第15卷 第1號(通卷 第23輯)

---

일시 : 2015. 4. 3.  
장소 : 충북대학교 학·연·산 공동연구원 1층

---

발행인 : 윤 승 조  
편집인 : 이 건 철(한국교통대학교), 심 규 영(충북대학교)  
발 행 : 대한건축학회 충북지회  
충청북도 충주시 대학로 50  
한국교통대학교 건축공학과  
전화 : 043)841-5201 FAX : 043)841-5200

---

**리** 사  
법  
인 **대한건축학회**  
**총 북 지 회**