

2018년도

春季學術發表大會

論文集

2018년도 春季學術發表大會

論文集

第18卷 第1號 (通卷 第26輯)

▶ 일 시 : 2018. 03. 30.(금) 14:00

▶ 장 소 : 충북대학교 학연산공동기술연구원 1층 대회의실

대한건축학회 충북지회

대한건축학회
충북지회

충북지역 노후 영구임대주택의 거주자 특성에 따른 거주 후 평가(POE) 상관관계 연구

An Analysis of Post Occupancy Evaluation (POE) Correlation According to the Resident Characteristics of Permanent Rental Housing in Chungbuk area

○양 현 모* 김 기 수**
Yang, Hyun-Mo Kim, Gi-Soo

Abstract

The purpose of this study is to investigate the characteristics of the residents of the permanent rental housing in chungbuk area and to analyze the correlation between the residents post occupancy evaluation (POE). The study was conducted on six permanent housing complexes built in chungbuk area. The results of this study are as follows; The residential characteristics of permanent rental housing are resident of elderly people, resident in the long term, and households with one or two persons. Also, there was a difference in satisfaction according to the age group and the number of residents. The lower age of residents, the lower satisfaction and Four or more residents the lower satisfaction too.

키워드 : 영구임대주택, 거주자, 거주 후 평가

Keywords : Permanent Rental Housing, Residents, Post Occupancy Evaluation

1. 서 론

1.1 연구의 목적

영구임대주택은 1989년 정부의 『도시 영세민 주거안정 특별대책』의 수립에 따라 5년간 약 19만호가 공급되었으며, 사회취약계층이 주로 거주하는 주거로서 주거안정에 핵심적 역할을 담당해 왔다. 하지만 충청북도를 대상으로 하는 영구임대주택 거주자의 특성과 거주 후 평가의 상관관계에 대한 선행연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 충청북도 영구임대주택의 거주자의 특성을 조사하고 거주 후 평가를 시행하여 도출된 만족도와 상관관계를 분석하고자 한다. 분석결과를 통해 거주자 특성별로 만족도가 저하되는 요인을 발굴하여 향후 충청북도 지역에 건설되는 영구임대주택의 맞춤형 계획에 활용함을 본 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

연구의 범위는 충청북도에 건설된 영구임대주택 6개 단지를 대상으로 하였으며, 이는 충청북도에 건설된 영구임대주택 6,139호의 전량에 해당한다. 이들 6개 영구임대주택 단지는 1991~95년 사이에 건립되었으며, 준공 후 약 23~27년이 경과되었다.

연구의 방법으로는 거주자 특성 및 거주 후 평가를 설문문을 통해 시행하였으며, 설문지는 6개 단지별 120부씩 총 720부를 배포하였고, 이중 521부를 회수하여 전체 응답률은 72%이다. 분석방법으로는 microsoft excel 2007, IBM SPSS 22를 활용한 기술통계분석과 분산분석(ANOVA)의 통계분석을 시행하였다.

2. 거주자특성의 구성요소 및 거주 후 평가의 설정

2.1 거주자 특성의 구성요소

영구임대주택의 거주자 특성은 크게 연령대, 거주기간, 거주인원수의 3가지로 구분하였으며, 각 항목별 구간은 연령대는 10년, 거주기간은 5년, 거주인원은 1명 단위로 설정하였다.

2.2 거주 후 평가의 설정

거주 후 평가는 영구임대주택의 세대 내 전용공간과 세대 외 공용공간을 구분하여 설정하였으며, 각 항목별 지표는 매우만족을 5점, 매우불만족을 1점으로 하는 5점 리커트 척도를 적용하여 만족도를 조사하였다.

3. 영구임대주택 거주자 특성

충청북도 영구임대주택단지의 거주자 특성은 표1과 같이 조사되었다.

표1. 영구임대주택 거주자 특성

구 분		인원(명)	비율(%)
연령대	20대 이하	9	1.8
	30대	20	3.9
	40대	54	10.6
	50대	250	49.0
	60대 이상	177	34.7
거주기간	5년 이하	124	24.3
	5년초과~10년이하	126	24.7
	10년초과~15년이하	134	26.3
	15년초과~20년이하	54	10.6
	20년초과~25년이하	72	14.1
거주인원	1명	268	52.4
	2명	146	28.6
	3명	59	11.5
	4명	38	7.4

조사결과 연령대는 50대 이상이 약 83.7%로 주로 노년층이 거주하는 것으로 조사되었으며, 거주기간은 5년 초과 거주비율이 75.7%로 대부분 장기 거주자이다. 거주자의 가족은 2인 이하 가구가 81.0%이며, 1인 가구가 52.4%로 절반이 넘는 것으로 분석되었다.

* 충북대 대학원 박사과정/건축사/기술사

** 충북대 건축공학과 교수, 공학박사
(교신저자 : gskim@cbnu.ac.kr)

4. 영구임대주택 거주자 특성에 따른 만족도 상관관계

4.1 거주자 특성에 따른 세대 내 전용공간 만족도

거주자 특성에 따른 세대 내 전용공간 만족도의 분석 결과 표2와 같이 나타났으며, ‘연령대’와 ‘거주인원’에서 유의한 결과를 보여 연령대와 거주인원에 따라 만족도의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 연령대에 따른 만족도를 분석해 보면, 20대 미만의 만족도가 불만족으로 나타났으며, 그 이상의 연령은 보통의 만족도를 보이나 고령으로 갈수록 세대 내 전용공간에 대한 만족도가 소폭 상승하는 것으로 나타났다. 거주기간에 따른 만족도는 대부분의 기간에서 보통으로 기간에 따른 만족도의 차이는 발생하지 않았다. 거주인원은 인원이 3명까지의 만족도는 보통 이상이었으나, 4명 이상인 경우에는 만족도가 보통이하로 나타나 가구원 수가 많으면 세대 내 전용공간의 면적 협소로 인해 만족도가 저하되는 것으로 분석되었다.

표2. 거주자 특성에 따른 세대 내 전용공간 만족도

구 분		평균	표준 편차	F값	유의 확률
연령대	20대 미만	1.950	1.1910	7.961	.000
	20대	3.500	.9459		
	30대	3.463	.7700		
	40대	3.427	.8313		
	50대	3.582	.8522		
	60대 이상	3.615	.7475		
거주기간	5년 이하	3.127	1.1334	.261	.903
	5년초과~10년이하	3.112	1.0098		
	10년초과~15년이하	3.119	1.0263		
	15년초과~20년이하	3.259	.9553		
	20년초과~25년이하	3.083	.9457		
거주인원	1명	3.195	1.0926	3.062	.028
	2명	3.131	.9878		
	3명	3.119	.9484		
	4명 이상	2.658	.7081		

*p<0.05, (1-매우불만족, 2-불만족, 3-보통, 4-만족, 5-매우만족)

4.2 거주자 특성에 따른 세대 외 공용공간 만족도

거주자 특성에 따른 세대 외 공용공간 만족도의 분석 결과 표3과 같이 나타났으며, ‘연령대’와 ‘거주인원’에서 유의한 결과를 보여 연령대와 거주인원에 따라 만족도의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 연령대에 따른 만족도를 분석해 보면, 20대 미만의 만족도가 보통이하로 나타났으며, 그 이상의 연령은 세대 내 전용공간과 같이 보통의 만족도를 보이나 고령으로 갈수록 세대 내 전용공간에 대한 만족도가 소폭 상승하는 것으로 나타났다. 거주기간에 따른 만족도도 세대 외 공용공간과 동일하게 대부분의 기간에서 보통으로 기간에 따른 만족도의 차이는 발생하지 않았다. 거주인원은 인원이 3명까지의 만족도는 보통 이상이었으나, 세대 외부 공용공간에서도 4명 이상인 경우에는 만족도가 보통이하로 나타났으며, 세대 당 거주인원이 많을수록 전용공간에 대한 불만이 공용공간으로 전이되어 만족도에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

표3. 거주자 특성에 따른 세대 외 공용공간 만족도

구 분		평균	표준 편차	F값	유의 확률
연령대	20대 미만	2.450	.7592	7.961	.000
	20대	3.250	.9105		
	30대	3.352	.8502		
	40대	3.427	.8215		
	50대	3.470	.8901		
	60대 이상	3.524	.7726		
거주기간	5년 이하	3.403	.7863	.696	.595
	5년초과~10년이하	3.432	.9188		
	10년초과~15년이하	3.376	.9661		
	15년초과~20년이하	3.500	.8849		
	20년초과~25년이하	3.264	.6278		
거주인원	1명	3.478	.8136	6.806	.000
	2명	3.331	.8902		
	3명	3.492	.9354		
	4명	2.838	.7270		

*p<0.05, (1-매우불만족, 2-불만족, 3-보통, 4-만족, 5-매우만족)

5. 결 론

본 연구는 충청북도 내 6개 영구임대주택단지에 거주하는 거주자의 특성과 세대 내 전용공간과 세대 외 공용공간에 대한 만족도 분석의 차이를 통해 현재 영구임대주택이 직면한 계획적 문제점을 찾아내고자 하였다. 그 결과 전용과 공용공간의 만족도 차이는 크지 않았으나, 고령자가 장기적으로 거주하는 1,2인 가구위주의 영구임대주택에서 20대 이하의 젊은 계층과 4인 이상의 가족을 가진 거주자는 만족도가 떨어지는 것으로 조사될 수 밖에 없었다. 충청북도 내 영구임대주택은 이러한 특성으로 인해 인근 주민들에게 이미 지역 혐오시설로 낙인찍혀 왔다. 현재 기존 영구임대주택인 청주산남2-1지구에 추진되고 있는 주거복지동 사업도 130호 중 66호를 젊은 계층을 위한 행복주택으로 복합화하여 건설하고 있는 실정이다. 본 연구에서 조사된 바와 같이 향후 건설 영구임대주택은 3인 이상의 가구수를 수용할 수 있는 평형 다양화와 다양한 복지 프로그램의 연계, 젊은 계층과의 소셜믹스 등의 계획으로 진행되어야 할 것이며, 기존 노후 영구임대주택의 리모델링 시에도 위의 계획방향에 따라 근본적 문제를 해결하고 거주자 모두의 만족도를 높이는 방향으로 추진되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 양현모, 노후 영구임대주택 단지별 특성에 따른 거주자 만족도 및 리모델링 선호도 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 제37권 제2호, 2017
2. 안치환, 임대유형별 공공임대주택 주거만족도 연구 박사학위논문, 가천대학교 대학원 지역개발학 전공, 2014

전단보강량에 따른 슬래브 기둥 접합부 거동 분석

Analysis on Behavior of Slab Column Connection According to the Amount of Shear Reinforcement

○장 재 익* 강 수 민**
Jang, Jae-Ick Kang, Su-Min

Abstract

The purpose of this study is to analyze the behaviors of shear reinforcement in slab column connection according to the amount of shear reinforcement. For the study, three specimens were tested. The experiments were designed to cause punching shear failure by applying gravity load and to investigate the contribution of concrete and shear reinforcement to punching shear strength. In this study, the behavior of the slab column connection was analyzed based on the punching shear strength code and the punching shear strength prediction formula proposed in the previous research.

키워드 : 무량판 슬래브, 전단보강재, 뿔림전단강도

Keywords : Flat Slab, Shear Reinforcement, Punching Shear Strength

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근 공동주택, 오피스, 초고층 건축물 등에 보가 없이 슬래브와 기둥으로만 이루어진 무량판 구조가 폭넓게 활용되고 있다. 무량판 구조는 보를 제거함으로써 골조형상이 단순해져 시공이 간편하며, 공간가변형 설계에 유리하다는 장점이 있다. 하지만 보를 제거함으로써 기둥과 슬래브만으로 하중을 지탱해야하며, 슬래브 두께가 얇기 때문에 슬래브-기둥 접합부는 뿔림전단파괴에 취약하다. 구조물 전체의 파괴를 가지고 올 수 있는 뿔림전단파괴에 저항하기 위해 국내외 기준에서는 뿔림전단파괴가 일어날 수 있는 슬래브-기둥 접합부 주변에 철근, 스티드같이 별도의 전단보강재를 설치하여 전단강도를 높여 연성적인 거동을 유도하고 있다. 철근이나 스티드로 전단보강이 된 슬래브-기둥 접합부의 뿔림전단강도를 국내외 기준들은 각자의 설계 철학에 따라 상이한 값을 취하고 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 국내외 설계기준과 최근 발표된 연구의 뿔림전단강도 모델을 전단보강량에 따라서 실제 실험결과와 비교 분석하는데 있다.

2. 문헌고찰

2.1 국내외 기준

슬래브-기둥 접합부에서 뿔림전단강도를 추정하는 식은 국내외 기준에서 상당한 차이를 보이며, ACI 318¹⁾에서 제시하고 있는 뿔림전단강도식은 식 (1)과 같다.

$$V_{n,ACI} = \begin{cases} V_{c,ACI} & \text{for } V_s = 0 \\ 0.5V_{c,ACI} + V_s & \text{for } V_s \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

* 충북대학교 대학원 석사과정

** 충북대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

(교신저자 : jaei7@naver.com)

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2015R1C1A1A01053471).

여기서,

$V_{c,ACI}$: 콘크리트에 의한 전단저항

V_s : 전단보강근에 의한 전단저항

ACI 기준에의하면 슬래브-기둥 접합부에 전단보강시 접합부가 최대강도에 도달하는 시점에서 전단보강근이 항복하며, 반면에 콘크리트는 최대강도 시점에서 기여도가 줄어드는 것으로 보고 있다.

이에 반해, 국내기준인 KCI 2012²⁾에서는 식 (2)와 같이 뿔림전단강도를 규정하고 있다.

$$V_{n,KCI} = \begin{cases} V_{c,KCI} & \text{for } V_s = 0 \\ V_{c,KCI} + 0.5V_s & \text{for } V_s \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

여기서,

$V_{c,KCI}$: 콘크리트에 의한 전단저항

V_s : 전단보강근에 의한 전단저항

KCI 2012에서는 접합부가 최대강도에 도달한 시점에서 ACI 318기준과는 반대로 전단보강근의 기여도를 50%로 제한하고 있다. 이는 최대강도 도달 시점에서 배근된 전단보강근이 항복하지 않는다는 국내외 실험결과를 바탕으로 평가한 것으로 ACI 기준과는 설계철학이 상이하다. 이에 따라서 뿔림전단 설계강도는 기준에 따라서 상당히 다른 결과를 보여준다.

2.2 뿔림전단강도 추정 모델

선행연구에(Eom et al.2018³⁾) 따르면 슬래브-기둥의 극한강도는 전단보강재의 전단보강량에 따라 전혀 다른 거동을 보인다. Eom et al³⁾의 연구에 의하면 전단보강된 슬래브-기둥 접합부에서는 콘크리트와 전단보강재의 기여도가 다른 두 번의 극한 강도상태를 보인다. 이는 전단보강량에 따라 극한강도가 나타나는 시점이 다르며, 콘크리트와 전단보강재의 기여도 또한 다르다는 것을 보여준다.

선행연구에서는(Eom et al.2018³⁾) 이를 바탕으로 새로운 뿔림전단강도 추정식을 제안하였다. 식 (3)은 전단보

강근의 양에 따라 콘크리트와 전단보강근의 기여도를 차별적으로 적용한 것으로 나타난다.

$$V_{n,pro} = \max(V_c + 0.25 V_s, 0.5 V_c + V_s) \quad (3)$$

여기서,

V_c : 콘크리트에 의한 전단저항($V_{c,ACI}$, $V_{c,KCI}$)

V_s : 전단보강근에 의한 전단저항

본 연구에서는 식 (3)의 제안식과 기존의 전단강도 기준을 실제 실험을 통해 비교 분석함을 목적으로 한다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구는 전단보강량을 변수로 하여 총 3개의 실험체를 구성하여 실험을 계획하였다. 전단무보강 실험체인 SP 1부터 전단보강량과 전단보강재를 다르게 하여 표 1과 같이 3개를 계획하였다.

표 1. 실험변수

실험체	변수	ρ_t	V_s/V_c	전단보강재 종류
SP 1	0.014	0.014	-	-
SP 2			0.5	스터립
SP 3			1.0	스터립

여기서, ρ_t 는 실험체 상부의 휨철근의 철근비이다.

그림 1은 표 1의 변수들을 적용할 실험체의 입체 모형으로써 모든 실험체는 동일한 외형으로 설계하였다.

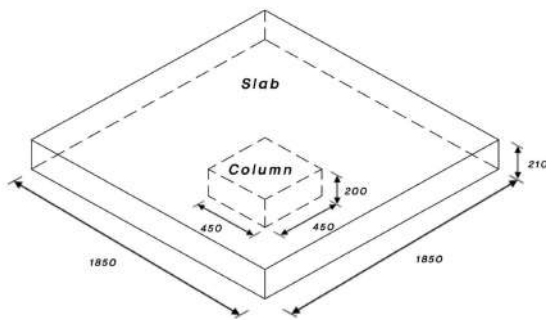


그림 1. 실험체 모형

3.2 실험방법

본 연구는 슬래브-기둥 접합부의 전단보강량에 따라 나타나는 극한강도를 파악하기 위한 실험체로써 뿔립전단 파괴가 일어날 수 있도록 계획되었으며, 이를 위해 중력 하중을 가력하는 방식으로 실험을 진행한다. 그림 2는 실험체의 실험체 세팅이다. 실험 진행시 그림 1과 같은 실험체를 실험실 여건을 고려하여 기둥을 상부로 위치하게

하여 하중을 재하 할 수 있도록 계획하였다.

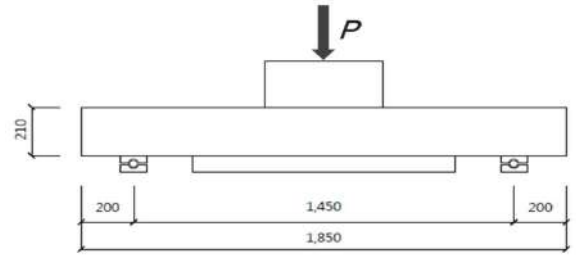


그림 2. 실험체 세팅

4. 결 론

본 연구에서 수행한 실험과 국내외 설계기준을 바탕으로 전단보강량에 따라 슬래브-기둥 접합부의 극한강도를 분석하였다. ACI 318 평가식(식 (1))과 KCI 2012 평가식(식 (2)) 그리고 ACI 318과 KCI 2012의 콘크리트 전단저항식을 이용한 제안식을 비교하였다. 비교결과 전체적으로 ACI 318의 추정식보다는 KCI 2012의 추정식이 실제 전단강도에 가까운 것을 보이며 KCI 2012의 콘크리트 전단저항식을 이용해 구한식(식 (3))과 KCI 2012 평가식(식 (2))이 실험체에서 실제강도에 근접한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다.

참고문헌

1. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI 318-14) and Commentary(ACI 318R-14), American Concrete Institute, 2014.
2. 한국콘크리트학회, 2012 콘크리트구조기준, 기문당, 2012.
3. Tae-Sung Eom, Su-Min Kang, Tae-Woo Choi, Hong-Gun Park, Punching Shear Tests of Reinforced Concrete Slabs with High-Strength Continuous Hoop Shear Reinforcement, ACI structural journal, 2018, (Accepted).
4. 최경규, 김석환, 김동훈, 박홍근, 전단 보강 슬래브-기둥 내부 접합부 및 기초판에 대한 뿔립 전단강도 모델, 콘크리트학회 논문집, 23권, 2호, 2011, pp. 159~168.
5. 최창식, 배백일, 최윤철, 최현기, 플랫 플레이트 구조에서 전단보강재의 정착성능에 따른 전단보강효과, 콘크리트학회 논문집, 24권, 6호, 2012, pp. 667~675.
6. 최경규, 박홍근, 홍성길, 슬래브와 기초판의 전단설계, 콘크리트학회지, 24권, 1호, 2012, pp. 36~4

캄보디아 프레아피투 U사원 성소의 구조모형화 방안

Structural Modelling Method for the Sanctuary of Preah Pithu Temple U in Cambodia

○ 방 혁 규* 전 건 우* 이 승 희* 김 진 우* 원 태 호* 김 호 수**
Bang, Hyeok-Kyu Jeon, Gun-Woo Lee, Seung-Hee Kim, Jin-Woo Won, Tae-Ho Kim, Ho-Soo

Abstract

Generally, modelling method of discontinuum structures is not clear and is difficult to understand. This study presents the structural modelling method of discontinuum structures for the sanctuary of Preah Pithu temple U in Cambodia. To this end, we provides the regularization of member and discrete element method for the reasonable modelling of discontinuum structures. Also, this study provides the various modeling types based on design variables.

키워드 : 프레아피투 U사원, 불연속체, 구조모형화

Keywords : Preah Pithu Temple U, Discontinuum Structure, Structural Modeling

1. 서 론

양코르 유적은 캄보디아 시엠립 주에 위치하며 9세기 부터 15세기에 걸친 크메르 제국의 주요한 유산이다. 프레아피투 사원은 5개의 사원(T, U, V, X, Y)으로 구성되어 있으며 양코르 유적 가운데 가장 핵심 지역이라 할 수 있는 양코르툼의 북동편에 위치하고 있다. 이 사원은 불교양식과 힌두교 양식이 혼재되어 있어 세계적으로 역사적, 문화적 가치를 높게 평가받고 있는 문화유산이다.

프레아피투 사원은 오랜 세월의 경과에 따른 풍화, 부식은 물론 집중호우, 태풍, 지진 등 자연재해에 의한 피해가 계속 증가하고 있다. 이를 보존하고 복원하기 위해서는 불연속체 구조물에 대한 거동특성 파악이 필요하지만 현재 불연속체 구조물을 해석하기 위한 방법이 명확하지 않아 큰 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 프레아피투 사원의 기존 연구자료(실측도면, 3D스캔데이터, 계측데이터 등)를 통해 프레아피투 U사원 성소의 주요부위에 대한 축조방식 및 현재 상황과 각종 설계변수를 분석하여 불연속체 구조물의 구조모형화 방안을 제시하고자 한다.

2. 구조모형화 방안

U사원 성소의 실제 구성부재를 그대로 반영한 구조모델링의 경우 석재의 다양한 크기와 서로 다른 접촉면적, 경사와 같은 요소들이 복합적으로 작용하기 때문에 각 요소가 미치는 영향을 파악하기가 힘들다. 따라서 보다 정확한 3D 구조모형화를 위해 한국문화재단에서 제공한 캄보디아 프레아피투 사원 현황실측조사(대연건축, 2016)의 U사원 성소 도면을 토대로 3DEC 프로그램 적용을 위한 부재 형상 정형화 작업 및 3D 모형화 작업을 수행한다.

2.1 불연속체 구조물 모형화 기법

불연속체 구조물의 합리적인 구조모델링을 수행하기 위해서는 구성 요소들의 불연속체 특성 및 기하학적 특성의 파악이 필요하다. 따라서 개별요소법에 근거한 3차원 수치해석 프로그램인 3DEC을 통해 블록 구성모델의 경우 모아-쿨롱 소성모델을 사용하며, 절리면 구성모델의 경우 면접촉 구성모델을 사용한다. 그림 1은 불연속체의 블록 구성모델 및 절리면 구성모델을 보여준다.

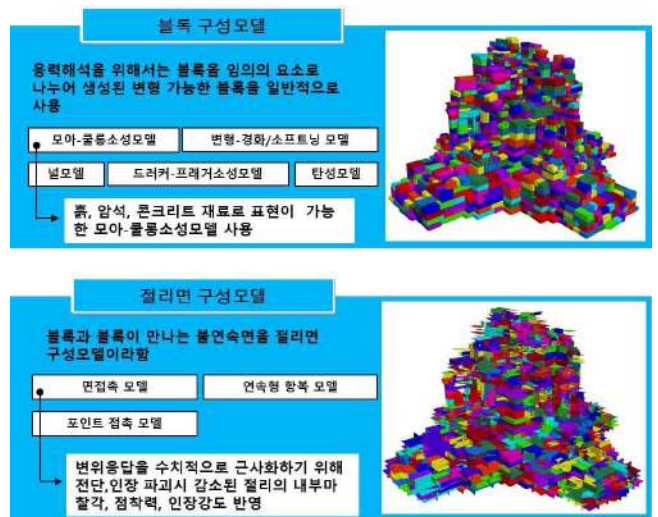


그림 1. 불연속체 블록 및 절리면 구성모델

2.2 부재 정형화 방안

3DEC 프로그램에서는 다듬어지지 않은 석재에서 나타나는 오목형상과 곡선형상의 표현이 불가능하기 때문에 구조부재 형상이 변하지 않는 범위 내에서 오목형상과 곡선형상을 블록형상과 직선형상으로 대체하여 표현할 필요가 있다. 구조부재 형상이 변하지 않는 범위 내에서 대체가 불가능하다면 하나의 부재에 오목현상이 일어나는 부분을 기준으로 몇 개의 조각으로 나누어 모델링 한 후 명령어를 이용해 하나의 부재로 합쳐주는 작업이 필요하다. 따라서 3D 모형화 작업을 수행하는 과정에서 U사원의 구성부재 각각에 대한 정형화 작업을 수행한다.

* 청주대학교 건축공학과 석사과정
** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사
(교신저자 : kdh@hankook.edu)

이 연구는 한국문화재단 지원에 의한 결과의 일부임.

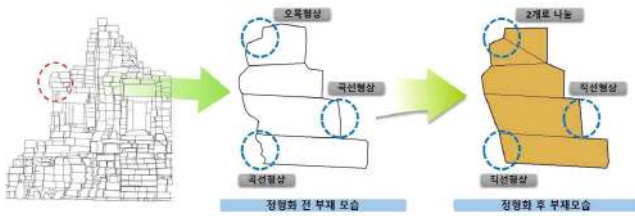


그림 2. 부재 정형화 과정

2.3 기본모델 구성 및 모형화

U사원의 경우 오랜 시간 외기에 노출되어 오면서 물리적, 화학적, 생물학적 작용 등으로 인하여 현재 균열 및 이격 등 각종 손상현황이 발생한 상태이다. 따라서 U사원 성소의 기본모델에는 기본적인 축조현황과 현재 발생된 균열 및 이격 등 각종 손상현황을 반영한다.



그림 3. 기본모델 구조모형화 과정

3. 설계변수 분석 및 모형화 과정

3.1 연약지반 분석 및 모형화

본 연구에서는 ㈜지오메카이엔지에서 제공한 캄보디아 프레이피투 지질 및 지반 조사 자료를 참조하여 연약지반의 분포위치를 설정하였다. U사원 성소 주변에 위치한 ML-3, ML-4의 MASW(Multi-channel Analysis of Surface waves)를 분석한 결과, U사원의 북측지반에서 연약지반이 조성된 것으로 나타났으며 이를 반영한다.

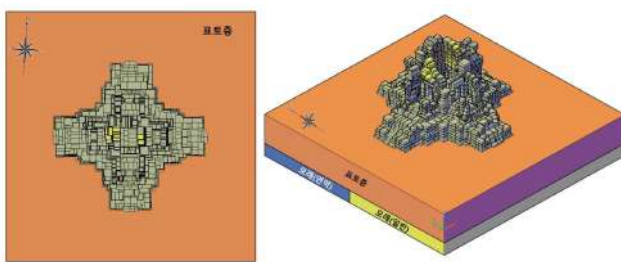


그림 4. MASW에 따른 U사원 연약지반 예상 분포지역

3.2 취약부재 탈락 분석 및 모형화

석재의 응력이 집중되는 부재 중 제 기능을 하지 못한다고 판단되는 부재가 파괴되는 상황을 가정하여 해당부재를 제거한 구조모형화를 수행한다. 이에 따라 U사원 성소의 취약부재로 의심되는 부분의 부재 일부를 제거하여 구조모형화에 반영한다.

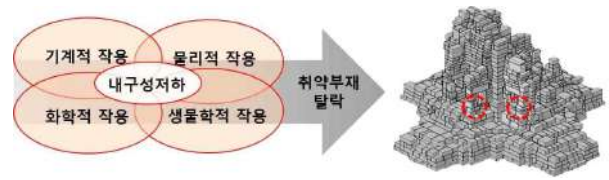


그림 5. 취약부재 탈락에 따른 구조모형화 과정

3.3 U사원 성소 구조모형화 방안

현재 U사원 성소의 손상현황이 반영된 모델인 그림 6의 (a)는 기본 모델 구조모형화이며, (b)는 지반 자료를 근거로 한 연약지반 모델의 구조모형화이다. 또한 (c)는 취약부재 탈락 모델에 대한 구조모형화이며, (d)는 연약지반+취약부재 탈락 모델의 구조모형화이다.

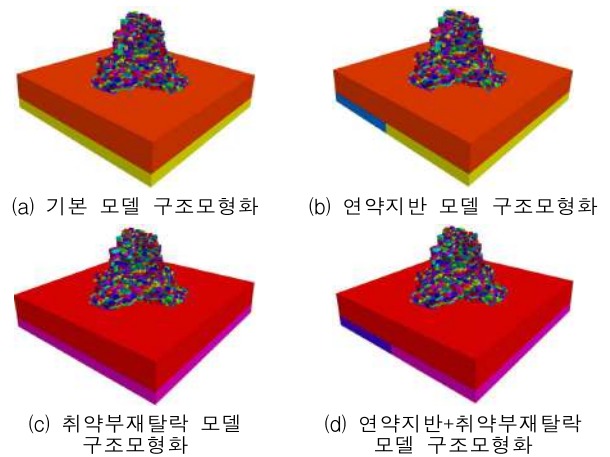


그림 6. U사원 성소의 설계변수별 구조모형화 방안

4. 결 론

본 연구에서는 프레이피투 U사원 성소의 설계변수에 따른 구조모형화 방안을 연구하였다. 이를 위해 불연속체 구조물 모형화 기법을 적용하고 3DEC 프로그램 적용을 위한 부재 정형화 작업을 수행하였다. 또한 프레이피투 U사원 성소 도면을 참고하여 기본 모델의 구조모형화와 더불어 각종 설계 변수에 따른 구조모형화 방안을 제시하였다. 특히 본 연구에서는 개별요소해석 기법을 적용하여 구조모형화를 수행하였으며 이를 바탕으로 추후 불연속체 구조해석을 통한 거동특성이 분석될 예정이다.

참고문헌

1. 한국문화재재단, 캄보디아 프레이피투 사원 현황실측조사, 2016
2. 한국문화재재단, 라오스 홍낭시다 주신전 붕괴원인 조사 및 구조안전성평가 연구, 2016
3. ㈜지오메카이엔지, 한-캄 워크숍 지질 및 지반조사, 2017
4. 3 Dimensional Distinct Element Code User's Guide, Itasca Consulting Group, Inc, 2003

복합콘크리트와 주근간의 부착강도에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Bond Strength between Composite Concrete and Main re-bar

○김 종 빈* 이 철 호** 허 승 웅*** 윤 승 조****
Kim, Jong-Bin Lee, Chul-Ho Ho, Seung-Woung Yoon, Seung-Joe

Abstract

This study conducted a bending strength experiment between re-bar and new composite concrete mixing POSS (Polyhedral Oligomeric Silses-quioxanes) nano complex on the inside of concrete, and by assembling the inside of each concrete with 3 and 4 main re-bars as an experiment to supplement various problems that occur by the expression of this strength and the distribution of the reinforcement. The number of the main re-bars, and the direction of laying the concrete were applied as the principal variables of the experiment. The experiment results displayed that the composite concrete had uniform performance based on the rapid reaction speed of POSS nano complex.

키워드 : 복합콘크리트, 부착강도, POSS 나노복합체

Keywords : Composite Concrete, Bond Strength, POSS nano complex

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

본 연구는 층간소음에 유효한 복합콘크리트 개발을 목표로 두고 있으며, 적정의 콘크리트 배합비를 제안하고 복합콘크리트와 철근간의 부착강도를 검토하였다.

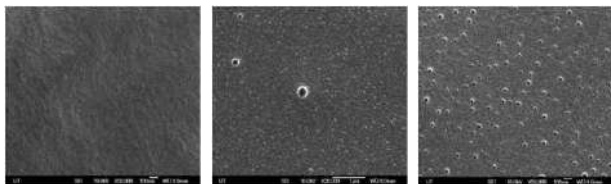
2. 복합콘크리트

2.1 복합콘크리트 보강재의 특성

표 1은 복합콘크리트에 적용되는 보강재의 특성을 나타냈고, 그림 1은 경화속도를 증가시키는 POSS 주입량에 따른 변화를 나타냈다. 분석결과 POSS 주입량에 따라 공기층이 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 2는 층간소음에 유효한 보강재의 형상을 나타냈다.

표 1. 보강재 특성

항목	EVA	EPS	POSS
특성	-흡음능력이 우수 -재료 표면의 공극이 많음	-흡음능력이 우수 -재료 표면의 공극이 많음	-열 발생에 따른 기포량 증가 -콘크리트의 강도 증가



(a) 0 % (b) 0.3 % (c) 0.5 %

그림 1. POSS 주입량에 따른 변화(SEM)



(a) EVA (b) EPS (c) POSS

그림 2. 복합콘크리트 보강재 형상

3. 실험 계획

3.1 실험체 계획 및 방법

그림 3은 기둥형상의 실험체의 상세형상 및 치수를 나타냈다. 그림 4와 같이 단순인발 방식으로 실험을 진행하였고, 복합콘크리트 타설방향(S)으로 실험 후 실험체를 다시 세팅하여 타설 반대방향(O)방향으로 실험을 실시하였다. 표 2는 실험체 일람표를 나타냈다.

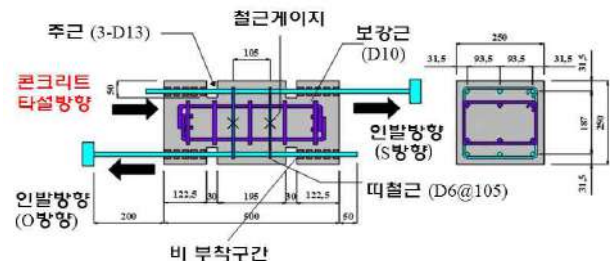


그림 3. 실험체 형상 및 치수

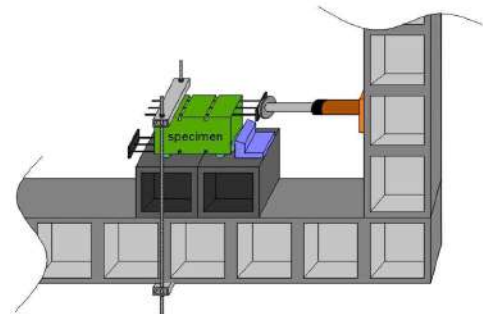


그림 4. 실험체 설치 상황

* 한국건설생활환경시험연구원, 연구원

** 한국교통대 대학원 박사과정

*** 한국교통대 건축공학과 건축구조방재연구실, 연구원
(교신저자 : hsw7788@hanmail.net)

**** 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

이 연구는 2017년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2017R1D1A04035439

표 2. 실험체 일람표

실험체 명	콘크리트 강도 (MPa)	주근 개수 (EA)	철근 직경 (mm)	EVA 비율 (%)	EPS 비율 (%)	POSS 비율 (%)
3N	21	3	13	-	-	-
3EVA				1	-	-
3EPS				-	1	-
3POSS0.3				-	-	0.3
3EVA-P0.3				1	-	0.3
3EPS-P0.3				-	1	0.3
3EVA-P0.5				1	-	0.5
3EPS-P0.5				-	1	0.5
4N	21	4	13	-	-	-
4EVA-P0.3				1	-	0.3

주) EVA(Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer): 발포고무, EPS (Expanded polystyrene): 발포폴리스티렌, P: POSS(Polyhedral Oligomeric Silses-quioxanes)나노복합체

4. 실험 결과 및 분석

4.1 부착응력도-변위 관계

주근군의 부착응력도는 식 (1)에 의해 나타냈고, 변위는 하중단의 로드셀에 설치한 200 mm 변위계 값에 있다. 각 주근의 부착응력도는 식 (2)에 의해 나타냈고, 변위는 각 주근에 설치한 50 mm 변위계 값을 나타내고 있다. 그림 5는 부착응력도와 변위관계를 나타냈다.

$$\tau_{bu} = P_{\max} / (n \cdot \phi \cdot L) \quad (1)$$

$$\tau_b = (P_{\max} \cdot \varepsilon_a) / \left(\sum_{n=1}^4 \varepsilon_n \right) P_{\max} \quad (2)$$

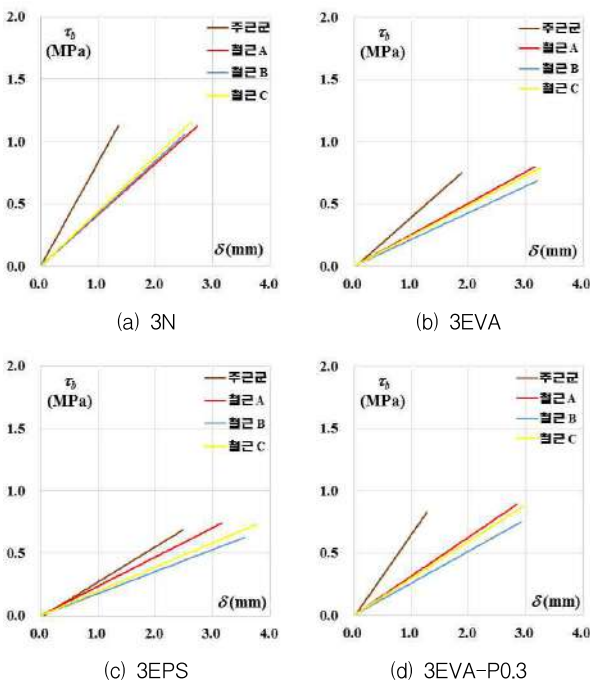


그림 5. 부착응력도-변위관계 (S)방향

4.2 부착강도 τ_{bu} 의 검토

그림 6은 주 실험 변수인 주근의 수, 보강재의 유무 그리고 POSS 보강비율에 따른 부착강도 τ_{bu} 를 나타냈다.

그림 6 (a)에서 무보강된 실험체의 경우 주근이 3개보다 주근이 4개인 실험체의 부착강도가 감소하는 것으로 나타났다.

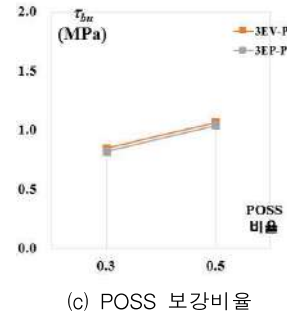
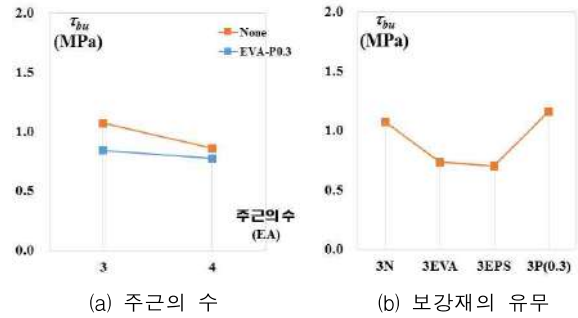


그림 6. 부착강도 τ_{bu} 검토

5. 결 론

1. 무보강된 실험체군의 경우 주근이 3개인 실험체보다 주근이 4개인 실험체의 부착강도가 19 % 감소하는 것으로 나타났고, EVA 1 %와 POSS 0.3 %를 주입한 실험체군에서는 주근이 3개인 실험체보다 주근 4개인 실험체의 부착강도가 6 % 감소하는 것으로 나타났다.

2. 주근이 3개인 실험체군에서 무보강된 실험체 3N보다 3EVA와 3EPS 실험체의 부착강도는 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 POSS 나노복합체 0.3 %로 보강된 실험체 3POSS는 무보강된 실험체 3N보다 8 % 부착강도가 증가하는 것을 알 수 있다.

3. POSS 나노복합체의 보강비율에서 실험체 중량의 0.3 %를 첨가한 실험체군보다 0.5 %를 첨가한 실험체군이 약 20 % 부착강도가 증가하는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. S.W. Ho, M. Kuroki, K. Kikuchi, "Effect of Bar Amount on Splitting Bond Strength in RC columns after Emergency Retrofit with Stressed External Hoops", Conference Proceedings, APCEAS, OSAKA JAPAN, pp 267-274, 2015, 8.

복합모르타르로 보강된 철근콘크리트 슬래브의 두께에 따른 휨 강도에 관한 연구

A Study on the Flexural Strength for the Thickness of Reinforced Concrete Slabs Reinforced with Composite Mortar

○채 문 기* 이 성 로** 허 승 웅*** 윤 승 조****
Chae, Moon-Gi Lee, Seong-Ro Ho, Seung-Woung Yoon, Seung-Joe

Abstract

This study proposes a construction method reinforcing with composite mortar using Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer (EVA) used as an environmentally friendly noise reduction material in Korea and other countries, POSS nano complex (Polyhedral Oligomeric Silses-quioxaneS) and wire mesh. The final form of destruction, performance against force, strength, malleability were evaluated based on the flexural compression, a calculation equation of the slab reinforced with wire mesh and composite mortar was analyzed by comparing the values of the experiment and the values of the calculation equation proposed by existing theses.

키워드 : 복합모르타르, 슬래브, 두께, 휨

Keywords Composite Mortar, Slab, Thickness, Flexural

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

본 연구는 국내·외에서 친환경 소음진동 재료로 사용되는 Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer(이하, EVA로 표기), POSS 나노 복합체(Polyhedral Oligomeric Silses-quioxaneS)와 와이어 매쉬를 이용하여 철근콘크리트 슬래브의 두께에 따른 보강 효과를 검토하였다. 슬래브의 두께, 와이어 매쉬 직경 및 보강재 비율에 따라 총 12개의 실험체를 제작하였고, 내력성능 평가를 하였다.

2. 실험 계획

2.1 보강공법

그림 1과 같이 복합 모르타르를 시공하였다. 보강재의 자중과 두께를 최소화하기 위하여 보강 두께를 30 mm 이하로 설계하고 슬래브 실험체 밑면을 보강하였다.



2.2 실험체 계획 및 방법

그림 2는 실험체의 치수를 나타냈다. 실험체의 두께는 120 mm, 180 mm와 210 mm로 설계하였다. 표 1은 슬래브 실험체 일람표를 나타냈고, 그림 3과 같이 2,000 kN 용량의 만능시험기를 사용하여 1점 가력 방식으로 실험을 실시하였다.

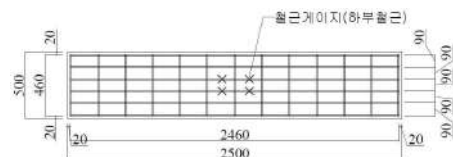
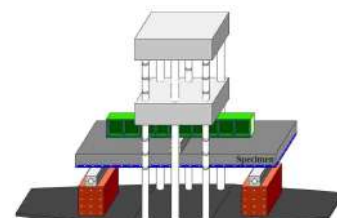


표 1. 실험체 일람표

실험체 명	두께 (mm)	EVA (%)	POSS (%)	와이어 (mm)	보강 (mm)
N-120	120	-	-	-	-
E-POSS0.3-120-W3.2		1	0.3	3.2	30
E-POSS0.3-120-W4.8			0.3	4.8	
E-POSS0.5-120-W3.2			0.5	3.2	
N-180	180	-	-	-	-
E-POSS0.3-180-W3.2		1	0.3	3.2	30
E-POSS0.3-180-W4.8			0.3	4.8	
E-POSS0.5-180-W3.2			0.5	3.2	
N-210	210	-	-	-	-
E-POSS0.3-210-W3.2		1	0.3	3.2	30
E-POSS0.3-210-W4.8			0.3	4.8	
E-POSS0.5-210-W3.2			0.5	3.2	

주) N: 무보강, E: 에틸렌-비닐 아세테이트, W: 와이어 매쉬



* 한국교통대 대학원 석사과정

** 한국교통대 대학원 박사과정

*** 한국교통대 건축공학과 건축구조방재연구실, 연구원
(교신저자 : hsw7788@hanmail.net)

**** 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

이 연구는 2017년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2017R1D1A04035439

4. 실험 결과

4.1 하중-변위 곡선

그림 4는 와이어 매쉬의 직경과 보강 형태에 따른 하중 변위 관계를 나타낸다. 보강된 실험체군은 식 (2)에 의한 계산값 P_{cal} 보다 약 1.16 ~ 1.48 배 높게 나타났다.

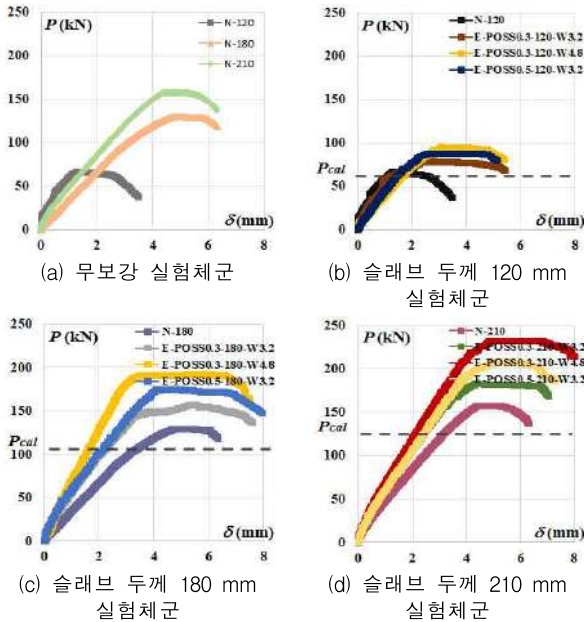


그림 4. 하중-변위관계

4.2 최대강도 평가

그림 5는 슬래브의 두께, 와이어 매쉬 직경, POSS 비율 및 보강 유무에 따른 실험체의 최대강도를 비교 분석하여 나타났다.

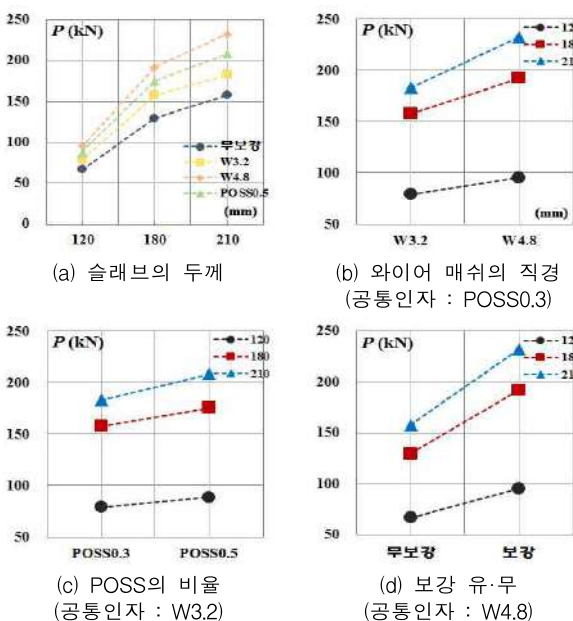


그림 5. 최대강도 평가

4.3 실험값과 기존 제안식 검토

그림 6은 기존 제안식 (2)의 계산값과 실험값을 비교하여 나타났다. 기존 연구에서는 와이어 매쉬 보강재를 슬래브 밑면 주근과 같은 인장응력을 분담한다고 규정하여 기존 제안식 (2)를 도출하였다.¹⁾

$$a' = \frac{A_s F_y + A_w F_w}{0.85 f_{ck} b} \quad (1)$$

$$M_{nw} = (A_s F_y + A_w F_w) \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2)$$

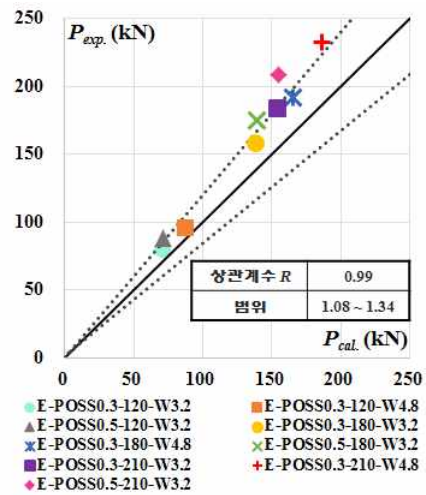


그림 6. 실험값과 기존 제안식 검토

5. 결 론

1. 복합모르타르로 보강된 실험체군의 경우 보강재와 슬래브 간의 박리, 파단 현상이 나타나지 않았고 휨 균열 폭이 증가하는 양상으로 최종 파괴하였다.
2. 슬래브의 두께가 늘어남에 따라 실험체의 최대강도는 증가하는 것을 알 수 있었고, 210 mm 무보강 실험체보다 와이어 매쉬 4.8 mm로 보강된 180 mm 실험체가 1.22 배 최대강도가 높은 것으로 나타났다.
3. 제안식에 의한 계산값과 실험값의 비교에서 높은 상관관계수 R 0.99를 나타냈다. 하지만 POSS 나노 복합체의 비율이 0.5 %인 실험체군의 경우 계산값이 다소 높게 평가되고 있다. 이것으로부터 제안식에서 고려하고 있는 콘크리트의 강도와 실험값의 복합모르타르의 압축강도 값에서 차이가 있다고 볼 수 있다.

참고문헌

1. 김성훈, “스테인레스 스틸 와이어 매쉬로 보강된 철근콘크리트 슬래브의 휨거동”, 서울산업대학교 논문집 Vol.50 No.2 (1999) pp.233-242.
2. KBC, “콘크리트구조기준”, KBC2012, 2012.

지반주기를 이용한 내진설계용 평균전단파속도 추정

Average Shear Wave Velocity Estimation for Seismic Design Using Site Period

○ 김 동 관*
Kim, Dong-Kwan

Abstract

To calculate the proper seismic design load, the exact site class for the construction site is required. At present, the average shear wave velocity for multi-layer soil deposits is calculated by the sum of shear wave velocities without considering of the vertical relationship of the strata. The equation of Japanese code well estimated the site periods of 487 strata with small deviation. In this study, average shear wave velocity estimation method was proposed using the equation of Japanese code.

키워드 : 주택유형, 소유형태, 주거, 이동행태

Keywords : Housing Type, Tenure Type, Mobility Behavior

1. 서 론

1.1 연구의 목적

지진시, 지반운동은 건물의 관성력으로 지진하중을 유발하여 건물에 손상을 야기한다. 이러한 지반운동은 해당 건물이 위치한 지반조건에 의하여 증폭되며, 국내 구조설계기준인 건축구조기준(KBC 2016)에서는 표1과 같이 평균전단파속도에 따라 지반종류를 $S_A \sim S_E$ 로 분류한다. 구조물의 지진하중을 결정하는 설계응답스펙트럼 작성시, 지반분류에 따라서 단주기 지반증폭계수(F_a)를 1.0~2.5, 1초주기 지반증폭계수(F_v)를 1.0~3.5를 적용하여, 그림 1과 같이 지반분류에 따라 설계하중을 증가하여 내진설계를 수행하게 된다.

따라서 구조물에 대한 안전하고 합리적인 내진설계를 위해서는 해당 구조물이 위치한 지반분류에 대한 정확한 평가가 요구되지만, 국내에서는 단층지반조건에 대한 전단파속도를 산술평균하여 적용하여, 파동전달이론으로부터 도출되는 정해에 부합되지 않는 평균전단파속도가 산출되고, 이를 바탕으로 하는 지반분류 및 지진하중의 산정은 해당 구조물에 대하여 불안전하고, 비합리적인 내진설계를 초래할 수 있다.

표 1. 건축구조기준 (KBC 2016) - 지반의 분류

지반 종류	지반종류의 호칭	평균지반특성		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험	비배수전단강도
S_A	경암 지반	1500 초과	-	-
S_B	보통암 지반	760에서 1500 미만		
S_C	매우 조밀한 토사지반	360에서 760 미만	> 50	> 50
S_D	단단한 토사지반	180에서 360 미만	15에서 50	50에서 100
S_E	연약한 토사지반	180 미만	< 15	< 50

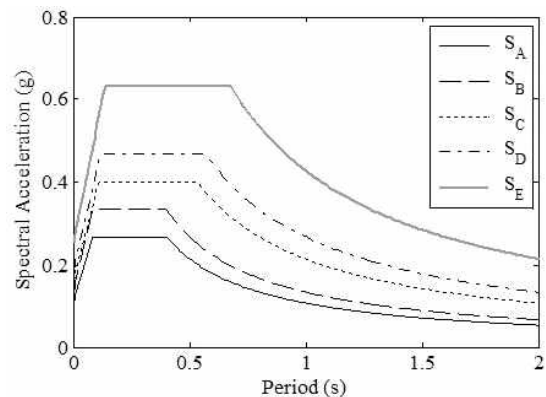


그림 1. KBC 2016 설계응답스펙트럼 (유효지반파속도 $S = 0.2$ g)

본 연구에서는 다양한 지반조건에 따라 파동전달이론으로부터 정해를 구하고, 주기산정식으로부터 해당지반의 평균전단파속도를 추정하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 파동전달이론

2.1 단층지반의 전달함수 및 주기

암반까지 도달한 지진동이 단층의 토사지반조건 (Uniform soil)에 의해 증폭되는 전달함수(Transfer Function)는 식(1)과 같다.

$$F(\omega) = \frac{1}{\cos(\omega H / V_s)} \quad (1)$$

여기서,

H : 단층지반의 지표면으로부터 암반까지의 깊이

V_s : 단층지반의 전단파속도

식(1)에서 증폭이 발생하는 주파수는 분모가 0에 가까운 경우이므로 이를 정리하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega_n = \left(n - \frac{1}{2}\right) \pi \frac{V_s}{H}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \infty \quad (2)$$

* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사
(교신저자 : dkkim17@cju.ac.kr)

$$T_1 = \frac{4H}{V_s} \quad (3)$$

여기서,

H : 다층지반의 지표면으로부터 암반까지의 깊이

V_s : 다층지반의 전단파속도

식(3)과 같이 지반의 주기와 전단파속도는 역수관계이며, 다층지반에 대해서도 지반주기를 정확히 구할 수 있으면, 식(4)와 같이 해당지반에 대한 정확한 평균전단파속도를 산정할 수 있다.

$$\bar{V}_{exact} = \frac{4 \sum_{i=1}^n d_i}{T_{exact}} \quad (4)$$

여기서,

V_{si} : i 번째 지층의 전단파속도

d_i : i 번째 지층의 두께

2.2 지반주기 산정식

IBC에서는 식(5)와 같이 다층지반조건의 주기를 누적하여 지반주기를 구하고, 식(6)과 같이 평균전단파속도를 구하는 방법을 적용하고 있다. 하지만, 이는 다층지반에 대해서는 부정확한 방법이다.

$$T_g = \sum_{i=1}^n \frac{4d_i}{V_{si}} \quad (5)$$

$$\bar{V}_s = \frac{4 \sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{4d_i}{V_{si}}} \quad (6)$$

일본에서는 내진설계를 위한 지반분류를 지반주기로 정하고 있으며, 식(7)과 같이 산정한다.

$$T_g = \sqrt{32 \sum_{i=1}^n d_i \left(\frac{H_{i-1} + H_i}{2} \right) \frac{1}{V_{si}^2}} \quad (7)$$

여기서,

H_i : i 번째 지층의 깊이

멕시코에서도 내진설계를 위한 지반분류를 지반주기로 정하고 있으며, 식(8)과 같이 산정한다.

$$T_g = 4 \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{G_i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \rho_i d_i (w_i^2 + w_i w_{i-1} + w_{i-1}^2) \right)} \quad (8)$$

$$w_n = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{G_i} / \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{G_i}, w_0 = 0$$

여기서,

G_i : i 번째 지층의 전단탄성계수

ρ_i : i 번째 지층의 질량밀도

3. 지반주기 산정식 평가

본 연구에서는 487종류의 다층지반에 대하여 파동전달 이론에 따라 전달함수를 구하고, 전달함수로부터 지반주기의 정해(T_{exact})를 도출하였다. 이를 기준으로 다층지반의 주기산정식인 IBC의 식(5), 일본의 식(7), 멕시코의 식(8)을 평가하였다.

IBC, 일본, 멕시코의 지반주기 산정식은 정해에 대하여 각각 평균 1.12 배, 1.03 배, 0.97 배로 지반주기를 평가하였다. 지반주기를 정해보다 작게 평가하면, 평균전단파속도를 고평가하게 된다. 따라서, 일본의 식이 다층지반의 주기를 추정하는데 적절한 것으로 판단된다.

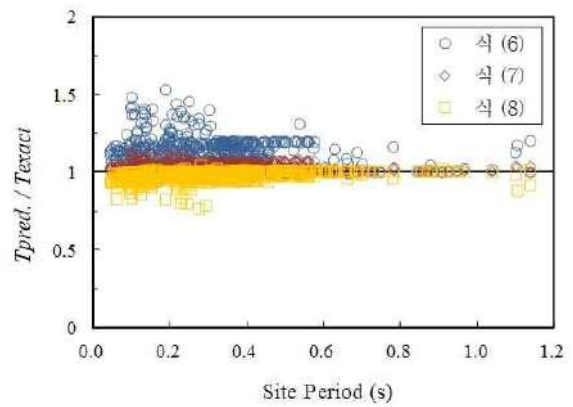


그림 2. 주기산정식의 비교

표 1. 지반주기 산정식 비교 결과

$\frac{T_g}{T_{exact}}$	IBC 식 (5)	일본 식 (7)	멕시코 식 (8)
평균	1.12	1.03	0.97
표준편차	0.10	0.03	0.04

4. 결 론

본 연구에서는 487 가지 지반조건에 대하여 파동전달 이론으로부터 정해를 구하고, 지반주기 산정식을 평가하였다. 이에 따라 일본의 지반주기 산정식으로 지반주기를 구하고, 평균전단파속도를 산정하는 것이 다층 지반에 대한 내진설계를 위한 합리적인 지반분류를 위한 방법으로 판단된다.

참고문헌

- 대한건축학회, 건축구조기준, 1986
- ICC, International Building Code, 2018

겨울철 3성분계 콘크리트의 부재두께 변화에 따른 초기동해 깊이 변화 분석

Analysis of the Depth of Early Frost Damage according to the Member Thickness of 3-Component Concrete in Winter

○김 태 우*□ 이 혁 주* 이 영 준* 김 동 규** 한 민 철*** 한 천 구****
Kim, Tae-Woo Lee, Hyuk-Ju Lee, Young-Jun Kim, Dong-Kyu Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

In this study, the purpose of the study is to determine the depth of damage caused by early frost damage in concrete structures under the conditions of external temperature during winter. In other words, we intend to analyze the depth variation of the early frost damage as the thickness of the concrete member changes under the condition of the three star combiner commonly used in practice. As a result, Sound Area in the process to dry will be a core test piece and collected in the case of the naked eye dry early frost damage the color differences between the affected parts of the distinction with the naked eye. And, after color difference is crystal clear that in 30 minutes has elapsed time and is thin, the absence in the case of damage, early donghae early frost damage of depth. Deep, increased brightness of an extracted core are delayed.

키워드 : 3성분계 콘크리트, 초기동해, 분광측색계

Keywords : 3-Component cement, Early frost damage, Spectrum colorimeter

1. 서 론

최근의 건축물은 초고층화·대형화 됨에 따라 공기단축의 중요성이 강조되어 동절기 작업불능일에도 연중시공이 이루어지고 있다. 따라서 동절기에는 낮은 외기온 특성상 콘크리트 타설 후 적절한 보온양생을 실시하지 않을 경우 응결 및 경화 지연에 따른 강도발현 저하 및 초기동해 피해가 발생할 수 있다. 특히 초기동해 피해는 부재의 크기가 작거나 얇아서 수화열이 비교적 적게 발현되는 벽체 및 슬래브에서 쉽게 발생하는데, 초기동해가 발생한 벽체는 거꾸집체 시 피해깊이를 육안으로 판별이 쉽게 가능하나 슬래브의 경우는 피해 깊이를 육안으로 판별하기는 곤란한 상황이다.

그러므로 본 연구에서는 겨울철 외기온 조건에서 콘크리트 슬래브 구조체에 발생한 초기동해 피해에 대하여 그 깊이를 판정하는 것을 목적으로 한다. 즉, 실무에서 많이 이용하는 3성분계 결합재 조건으로 콘크리트 슬래브 부재의 두께가 변화함에 따른 초기동해 깊이 변화에 대하여 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 배합사항으로 물결합재비(W/B)는 50 %, 결합재 구성은 OPC : FA : BS = 65 : 15 : 20, 목표 슬럼프는 180±25 mm, 목표 공기량은 4.5±1.5 %를 만족하도록 배합설계 하였다. 양생온도는 2018년 1월 10일 ~ 2018년 1월 13일까지의 청주시의 외기온으로 하였다.

* 청주대 건축공학과 석사과정

(교신저자 : teawoo0215@naver.com)

** 청주대 산업경영대학원 건설공학과 석사과정

*** 청주대 건축공학과 부교수, 공학박사

**** 청주대 건축공학과 교수, 공학박사

실험사항으로 부재두께는 150 및 300 mm의 두 조건으로, 초기동해 조사는 육안건조 검사의 경우 콘크리트 시험체에서 Ø 75 mm 코어를 채취 후 물에 24시간 침수시켜 기온 25 ℃, 상대습도 80 %인 실내에 건조시키면서 사진 촬영을 실시하였다. 명도 측정의 경우는 육안건조 검사와 같은 조건에서 분광측색계를 이용하여 콘크리트 상부로부터 30mm 간격으로 측정하였다.

사용재료는 국내에서 유통되는 일반적인 것을 사용하였고, 실험방법은 모두 KS의 표준적인 방법에 따랐다.























표 1. 실험계획

실험요인		실험내용	
배합 사항	W/B (%)	1	·50
	결합재 구성 (%)		·OPC : FA : BS = 65 : 15 : 20
	목표 슬럼프 (mm)		·180 ± 25
	목표 공기량 (%)		·4.5 ± 1.5
	양생온도		·외기온 조건
	부재두께 (mm)	2	·150, 300
실험 사항	경화 콘크리트	2	·육안건조검사
			·코어 공시체의 명도측정



사진 1. 실험 모습

표 2. 경과 시간에 따른 건조 사진

시간 구분	0분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	70분	80분	90분	120분
부재두께 150mm											
부재두께 300mm											

3. 실험결과 및 분석

표 2는 부재두께별 콘크리트 시험체에서 채취된 코어 공시체의 시간경과에 따른 외관모습을 나타낸 것이다. 물이 흡수된 상태에서는 공시체가 진한 색을 나타내었지만, 시간경과에 따라 초기동해 피해부분이 건전부보다 건조가 지연되어 두 부분의 색상차이가 분명하게 나타났다. 이는 초기동해 피해를 입지 않은 부분은 표면이 쉽게 건조되어 밝은 색을 나타내었지만 초기동해 피해를 입게 된 부분은 동결수의 팽창으로 내부 조직이 팽창함에 따라 피해부분의 흡수율이 커서 건조시간이 지연되게 나타남에 기인한 것으로 분석된다.

그림 1 및 2는 부재두께별 콘크리트 시험체에서 채취된 코어 공시체를 건조시키면서 시간경과에 따른 명도를 측정해 준 결과이다. 전반적으로 외기와 인접한 콘크리트 상부의 명도가 다른 측정 부분에 비해 증가가 지연되는 경향을 나타내었는데, 이는 영하의 외기온 조건에서 콘크리트 내부 동결수의 부피가 팽창되는 이전 분석과 동일 이유로 명도차가 크게 발생한 것으로 분석된다. 또한, 부재두께가 얇을수록 콘크리트의 수화열이 작아 온도저하가 크게 일어나 채취한 공시체의 명도가 크게 지연된 것으로 판단된다.

결국 초기동해 깊이 판정은 침수건조 개시 후 30분에서 판정하는 것이 바람직하고, 본 실험조건에서 부재두께 150 mm는 62 mm, 300 mm는 47mm의 초기동해가 발생된 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구는 동절기 외기온 조건에서 콘크리트 부재두께 변화에 따른 초기동해 깊이 특성을 분석한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 육안건조검사의 경우 채취한 코어 공시체를 건조하는 과정에서 건전부와 초기동해 피해부분간의 색차이를 육안으로 구별이 가능하였는데, 건조 후 30분이 경과한 시점에 색차이가 극명하였다.

2) 초기동해 피해의 경우 부재두께가 얇을수록 초기동해 깊이가 깊고, 채취된 코어의 명도 증가가 지연되었는데, 이는 콘크리트의 조직 이완에 따라 흡수율이 증가됨에 기인한 것으로 분석되었다.

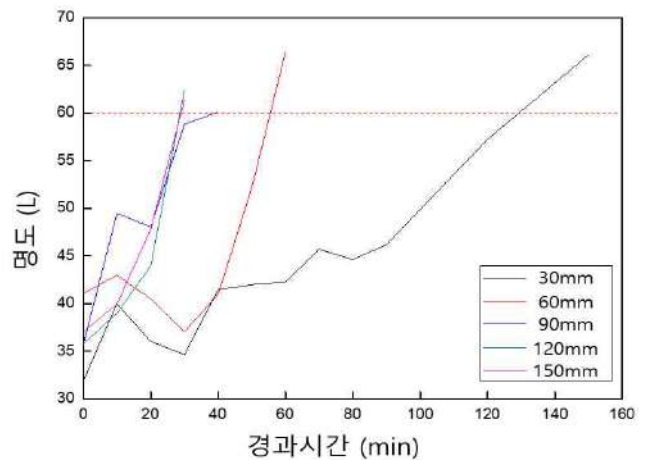


그림 1. 경과시간에 따른 명도 (부재두께 150mm)

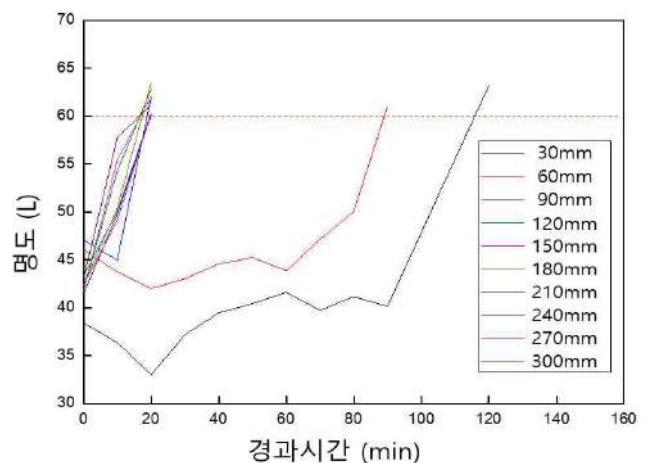


그림 2. 경과시간에 따른 명도 (부재두께 300mm)

혼합잔골재로 석탄가스화발전 슬래그를 활용하는 콘크리트의 기초적 특성 분석

An Analysis on the Fundamental Properties of the Concrete using
Coal Gasification Slag as a Mixed Fine Aggregate

○현 승 용* 김 태 우* 이 혁 주* 한 준 희* 한 민 철** 한 천 구***
Hyun, Seong-Yong Kim, Tae-Woo Lee, Hyuk-Ju Han, Jun-Hui Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study is a fundamental study to explore the possibility of using CGS as a fine aggregate for concrete. As a result of the study, the flexibility and compressive strength increases as CGS's substitution rate increases, but the air mass decreases, making it judged that the substitution of CGS for about 50 % would have the most positive effect on the quality of concrete.

키워드 석탄가스화발전, 석탄가스화발전 슬래그

Key words Integrated Gasification Combined Cycle, Coal Gasification Slag

1. 서 론

최근 세계적으로 미세먼지에 대한 문제점들이 대두되면서 대기환경에 대한 관심이 크게 증가되고 있다. 이에 국내에서는 노후된 석탄화력발전을 중단하는 등 대책을 모색하고 있는데 ‘석탄가스화발전(IGCC=Integrated Gasification Combined Cycle)’이라는 새로운 발전방식이 그의 대안으로 부각되고 있다. IGCC는 기존 석탄화력 발전방식에 비해 값싼 발전원료를 열로 써서 열분해하는 과정에서 발생하는 가스로 전기를 만드는 친환경 발전방식이다. 즉, 발전효율이 높고 황산화물, 질소산화물, 먼지 등의 대기환경 오염물질 발생량이 매우 적은 친환경 발전방식이다. 하지만 IGCC에서는 석탄가스화발전 슬래그(CGS=Coal Gasification Slag)가 부산물로 발생하게 된다. CGS는 IGCC의 도입에 의해 발생하는 새로운 부산물이라 국내에서는 효율적인 활용방안이나 처리방안이 연구된 바 거의 없기 때문에 처리방법이 정해지지 않고 있는 것이 현실이다.

다른 한편으로는 국내의 콘크리트용 골재수급과 연관하여 양질의 천연골재가 고갈됨에 따라 골재수급에 어려움을 겪고 있다. 이에 콘크리트 산업에서는 대체골재의 수급 및 저품질 골재 활용에 따른 품질향상 대책이 시급히 마련해야 하는 것이 현실이다.

그러므로 본 연구는 IGCC에서 발생하는 CGS를 콘크리트용 잔골재로써의 활용 가능성을 확인하는 연구의 일환으로써, CGS의 치환율 변화에 따른 콘크리트의 기초적 특성을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

* 청주대학교 건축공학과, 석사과정

(교신저자 : yc0933@naver.com)

** 청주대학교 건축공학과, 부교수, 공학박사

*** 청주대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

본 연구의 실험계획은 표 1, 배합표는 표 2와 같다. 먼저, W/C는 50 %에, 목표 슬럼프는 180 ± 25 mm, 목표 공기량은 4.5 ± 1.5 %, 결합재는 OPC 100 %로 실험 계획하였다. 굵은골재의 종류는 석산 굵은골재, 잔골재의 종류는 CGS와 석산 잔골재를 사용하였다. 석산 잔골재에 대한 CGS 치환율은 5수준으로 변화시키도록 계획하였다.

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	W/C (%)	1	· 50
	목표 슬럼프 (mm)		· 180 ± 25
	목표 공기량 (%)		· 4.5 ± 1.5
	결합재 조성비 (%)		· OPC = 100
재료 요인	굵은골재의 종류	1	· 석산 굵은골재
	잔골재의 종류	2	· CGS ¹⁾ · 석산 잔골재
	석산에 대한 CGS 치환율 (%)	5	· 0 · 25 · 50 · 75 · 100
실험 사항	굳지않은 콘크리트	4	· 슬럼프 · 슬럼프 플로 · EISN · 공기량
	경화 콘크리트	1	· 압축강도 (3, 7일)

1) CGS(Coal Gasification Slag) = A 발전소에서 수급

표 2. 배합표

구분		W/C	S/a	단위 수량	단위 시멘트량	석산 굵은 골재	잔골재 (kg/m ³)		AE제	SP제
석산 (%)	CGS (%)	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	석산	CGS	(C/%)	(C/%)
100	0	50	48	180	360	904	863	0	0.18	0.16
75	25						215	646		
50	50						430	429		
25	75						214	643		
0	100						0	856		

2.2 사용재료 및 실험 방법

본 연구에 사용한 재료는 표 3과 같이 국내에서 유통되는 일반적인 것을 사용하였으며, CGS의 경우에는 A 발전소에서 발생된 것을 사용하였다. 실험방법은 KS규격의 표준적인 방법에 의거하여 진행하였다.

표 3 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	조립률	0.08mm체 통과율 (%)
석산	2.72	1.63	2.70	3.44
CGS	2.70	2.26	2.95	1.07

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 1은 CGS 치환율 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로를 나타낸 그래프이다. CGS 치환율이 증가함에 따라 슬럼프 및 슬럼프 플로 모두 증가하는 경향으로 나타났다. 이는 CGS의 입형이 구형인 것 및 석산에 비해 CGS의 미립분 함량이 적어 점성이 감소함에 따라 슬럼프 및 슬럼프 플로우가 증가한 것으로 분석된다.

그림 2는 CGS 치환율 변화에 따른 보통 콘크리트의 재료분리평가지수(EISN)를 나타낸 그래프이다. EISN는 최대 슬럼프 플로 값을 최소 플로 값으로 나눈 것으로, 그 값이 1.09이하인 경우 재료분리가 일어나지 않은 것으로 분석할 수 있는데, 모든 배합에서 1.09를 넘지 않는 것으로 나타났다. 특히 CGS의 치환율이 75 %까지 증가함에 따라 EISN이 1.00에 가까워지는 것을 확인 할 수 있었는데, 이는 CGS의 치환율이 증가함에 따라 재료분리 저항성이 커지는 것을 의미한다.

그림 3은 CGS 치환율 변화에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다. CGS의 치환율이 증가함에 따라 공기량은 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 CGS에 포함되어 있는 미연소 탄분에 의한 AE제 흡착작용에 기인한 것으로 판단된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 4는 CGS 치환율 변화에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 그래프이다. CGS의 치환율이 증가함에 따라 강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 흡수율이 큼에 따른 표면부착력, 골재의 반응성에 기인한 것 및 공기량 감소에 기인하여 압축강도가 증가한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 CGS를 콘크리트용 잔골재로써의 활용 가능성을 검토하기 위한 기초연구이다. 연구 결과 CGS의 치환율이 증가할수록 유동성 및 압축강도는 증가하지만 공기량은 감소하여, CGS를 50 %정도 치환할 경우 콘크리트의 품질에 가장 긍정적인 효과가 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 한국서부발전(주)의 연구비지원 (과제번호 201701510001)에 의해 수행되었습니다.

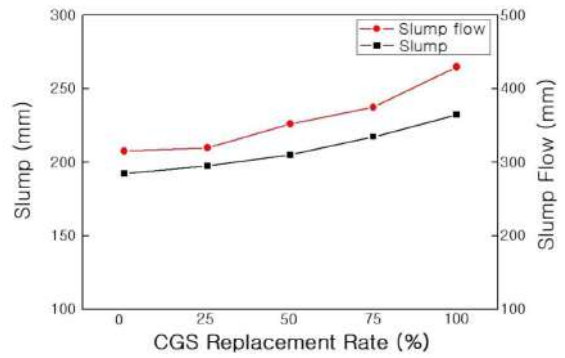


그림 1. CGS 치환율 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프 플로

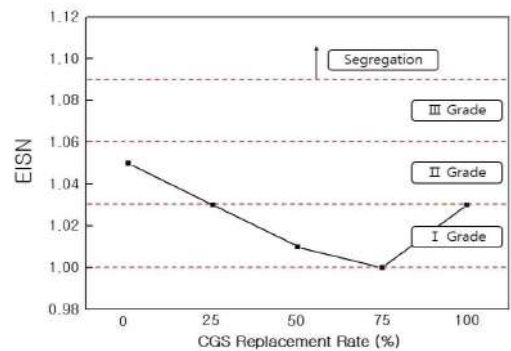


그림 2. CGS 치환율 변화에 따른 EISN

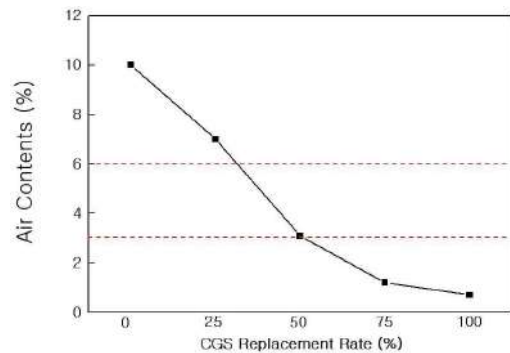


그림 3. CGS 치환율 변화에 따른 공기량

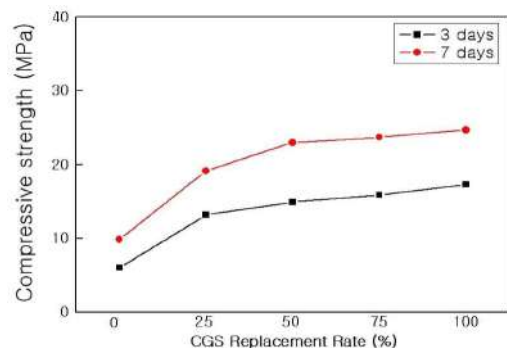


그림 4. CGS 치환율 변화에 따른 압축강도

소형 태양광발전설비 유지관리 애플리케이션 모델 개발

Development of the Maintenance Application Model for Photovoltaic Devices

○노 주 성* 임 형 은* 김 재 엽**
Noh, Ju-Seong Lim, Hyeong-Eun Kim, Jae-Yeob

Abstract

The purpose of this study is to develop an application model to support to the maintenance of 3kWh photovoltaic power generation facility users. The research methodology included maintenance regulations and actual conditions, business analysis of specialized companies, and analysis of existing application content. We developed a user interface based on the work contents of the maintenance algorithm development and analysis. The maintenance application developed in this study will be able to support to the maintenance of small photovoltaic power generation users even after the free A/S period.

키워드 : 태양광발전설비, 유지관리, 애플리케이션 모델

Keywords : photovoltaic device, maintenance, application model

1. 서 론

화석연료고갈 및 탄소배출규제 발생으로 신재생에너지에 대한 관심이 급증하고 있다. 특히, 태양광발전은 신재생에너지 발전 분야 중에서도 가장 주목 받고 있으며, 지속적인 성장을 보이고 있다¹⁾. 에너지 부존자원이 부족한 우리나라에서도 신재생에너지 보급을 확대하기 위해 노력하고 있다. 또한 주택에 보급되고 있는 주택용 태양광발전설비도 20만호 이상 설치되었고, 앞으로도 지속적으로 증가할 전망이다²⁾. 그러나 소형 태양광발전설비의 유지 시장은 사업성이 낮아 활성화되지 않고 있다. 정부에서 지원하는 에너지관리공단의 유지관리 시스템과 소형 태양광발전설비 공급회사의 의무 A/S기간이 있으나 유지 관리에 어려움이 있다. 본 연구는 소형 태양광발전설비 사용자가 유지관리 할 수 있도록 지원하는 것을 목적으로 하였다. 유지관리 규정 및 실태와 전문회사들의 업무 내용 및 방법을 분석하여 태양광 발전설비의 유지관리 내용을 구축하였다.

2. 소형 태양광발전설비의 유지관리 고찰

2.1 국내 소형 태양광발전설비 유지관리 실태

국내 소형 태양광발전설비 유지관리 모듈 청소 여부 및 발전량 모니터링 실태를 알아보기 위해 충청 남·북도 4개 지역(202가구)에서 조사를 실시하였다. 조사결과 그림 1과 같이 청소를 하지 않는 가구가 150가구(75.8%)로 나타났다. 그림 2는 발전량을 주기적으로 확인하는 사용자는 78가구(39.2%)로 나타났다. 태양광발전설비 모듈을 자주 청소하지 않게 되면 고장, 발전량 저하 등의 문제가 생길 수 있다. 또한 인버터에 나타나는 발전정보는 전문지식이 없는 일반 사용자에게는 이해하기 어려운 용어로 되어있다³⁾.

* 한국교통대학교 건축공학과 대학원 석사과정

** 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : Kimjy67@ut.ac.kr)

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2017년도 기술개발 사업(No. C0489204)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.



그림 1. 모듈 청소여부

그림 2. 발전량모니터링

2.2 유지관리 업무 관련 규정 및 전문회사 업무내용 분석

1) 유지관리 규정 분석

한국전기안전공사 전기안전기술 지침에 따르면 일상점검과 정기점검에 대한 항목(육안, 측정) 및 점검요령이 제시되어 있다. 일상점검은 주로 외관점검으로 매월 1회 정도 실시하고 이상시 전문 기술자에게 상담을 의뢰한다⁴⁾.

2) 유지관리 전문회사의 업무절차 분석

유지관리전문회사에 유상으로 의뢰하는 방법과 에너지 관리공단에서 제공하는 무상 A/S, 사용자 스스로 유지관리하는 방법 등이 있다. 하지만 정부지원 유지관리는 점검 및 수리에 국한되어 있으며, 유지관리 전문회사는 중·대형 태양광발전설비를 대상으로만 유지관리를 실시하고 있어 소형 태양광발전설비에 대한 체계적인 유지관리 업무절차가 필요하다.

2.3 기존 애플리케이션의 내용 분석

표 1은 기존 애플리케이션 내용 분석한 표이다. 대표적인 솔라씨드, 다쓰테크, 에너톡 등의 애플리케이션을 분석하였다.

표 1. 기존 애플리케이션 내용 분석

구분		솔라씨드	다쓰테크	에너톡
시스템 현황	발전 현황	현재발전전력, 금일발전량, 누적발전량, 계통 전력, 소비전력 확인		
	기상 현황	모듈온도, 외기온도, 경사일사량, 수평일사량		
	인버터 현황	인버터의 운전, 정지, 알람		
	회로 현황	인버터와 연결되는 회로상태		
발전량 조회	전기 요금	전기 요금 확인, 전기 사용량 분석, 이웃과 비교		
	시간별발전량	실시간 발전량		
	그래프	발전 현황 그래프		
	대륙별발전량	대륙별 총 발전량		

3. 유지관리 애플리케이션 모델 개발

3.1 유지관리 알고리즘 개발

사용자는 애플리케이션을 통해 소유하고 있는 태양광 발전설비의 정보를 메인서버로 보내고 정기점검을 문의할 수 있다. 메인서버에서는 사용자에게 발전현황, 유지관리 정보를 제공하며 유지관리 전문회사에게 연락하여 사용자에게 A/S를 제공한다. 아래 그림 3은 유지관리 애플리케이션의 알고리즘을 나타낸 그림이다.

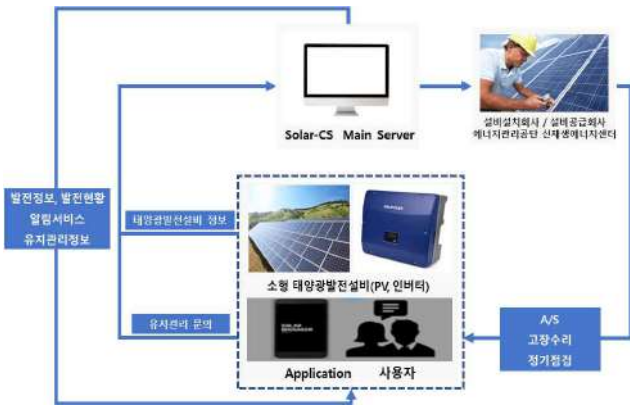


그림 3. 애플리케이션 알고리즘

3.2 유지관리 애플리케이션 내용개발

솔라매니저 애플리케이션에서 다루는 업무내용은 기존의 한국전기안전공사와 전기안전기술 지침과 일본 태양광발전설비 유지관리 규정인 JEM-TR228에 의해 업무내용을 개발하였다. 아래 표 2는 애플리케이션의 업무내용을 나타낸 표이다.

표 2. 애플리케이션의 업무내용

분류	소분류	세부내용
발전설비 개요	태양광 전지판	용량 및 규격, 제조회사 및 시기, 보증기간 등
	인버터	용량 및 규격, 제조회사 및 시기, 보증기간 등
	전기장치	전기배선(회로), 분전함, 접속함, 중가단자함 개요
	설비 설치정보	설치시기, 설치회사, 보증기간, 연락처
발전현황	실시간 발전전력	실시간 발전전력(kW)
	일별, 월별 발전량	일별, 월별 발전량(kWh)
	누적 발전량	누적 발전량(kWh)
	발전환경	외기온도, 일사량, 모듈온도
유지관리 서비스	일상점검	사용자의 일상점검 지원. 점검시기, 점검목록, 이상발견 시 조치방법 등
	정기점검	사용자의 정기점검관련 정보 지원. 점검시기, 담당기관 및 문의처, 관련정보
	세척 및 제설	사용자 스스로 세척 및 제설하는데 필요한 정보지원
	고장수리 및 A/S	설비의 고장, A/S 등에 대한 사용자 지원. 설비고장 시 연락처, 조치방법, 설비부품별 A/S기간 및 연락처
유지관리 정보	유지관리 알람서비스	일상점검, 정기점검, 유지관리 관련 정보 제공, 사용자 교육 등의 정보 알람
	유지관리 정보	유지관리에 필요한 기본정보, 사용자교육 정보, 법령자료 및 지침 등
	관련기관 연락처	유지관리 전문회사, 관련기관

3.3 사용자 인터페이스 개발

솔라매니저 애플리케이션 업무내용을 따라 Android Studio 프로그램을 사용하여 소형 태양광발전설비 유지관리 사용자 인터페이스를 개발하였다. 아래 그림 4는 사용자 인터페이스를 나타낸 그림이다.



그림 4. 애플리케이션 사용자 인터페이스

4. 결론

국내 태양광발전설비는 중·대형 대상으로만 유지관리를 실시하고 있어 소형 태양광발전설비 시장은 사업성이 낮아 활성화되지 않고 있다. 본 연구는 소형 태양광발전설비의 유지관리를 위해 애플리케이션 모델을 개발하였다. 본 연구의 중요한 연구결과는 다음과 같다.

유지관리 애플리케이션 모델 개발을 위해 기존 태양광발전설비 유지관리 업무내용과 기존 애플리케이션 내용을 분석하였다. 유지관리 알고리즘을 개발하였으며 발전설비개요, 발전현황, 유지관리서비스, 유지관리정보 등의 업무내용을 토대로 사용자인터페이스를 구축하였다. 본 연구에서 개발한 유지관리 애플리케이션 모델은 무상A/S기간 이후에도 소형 태양광발전설비 사용자에게 유지관리를 지원할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 이민, 실시간 장애진단을 위한 태양광발전소 통합관리 시스템, 목포대학교 석사학위논문, 2014
- 최승국, 소규모 태양광산업 활성화를 위한 전략 및 FIT 제도 입 고찰, 2015 PV월드포럼 강연자료집, 2015
- 최종원, 주택용 태양광 발전설비의 유지관리 방안에 관한 연구, 한국교통대학교 박사학위논문 2016
- 한국전기안전공사, 태양광 발전설비의 점검지침, 2014

혼화재 치환 변화에 따른 고유동 콘크리트의 재료분리 특성 분석

An Analysis on the Separation Characteristics of High Fluidity Concrete with Replacement of Admixture

○이 혁 주* 김 태 우* 이 재 진* 한 동 엽** 한 인 덕*** 한 민 철****
Lee, Hyuk-Ju Kim, Tae Woo Lee, Jae-Jin Han, Dong-Yeop Han, In-Duck Han, Min-Cheal

Abstract

Recently, the use of high fluidity concrete with self-filling property has been increasing without focusing on closely-packed reinforcing bars accompanying higher buildings in buildings. In this research, mineral mixture In the actual situation where a large amount of material is replaced, in order to analyze the basic characteristics and material separation characteristics of flowable concrete accompanying increasing replacement rate of admixture in connection with the production of concrete.

키워드 혼화재, 고유동 콘크리트, 재료분리

Keywords :Admixture, High Fluidity Concrete, Segregation

1. 서 론

최근에는 건축물의 고층화에 따른 밀실한 철근 배근으로 다짐작업 없이 자기충전성을 가지고 있는 고유동 콘크리트 사용이 증대 되고 있는 실정이다. 고유동 콘크리트의 종류로는 분체계, 증점제계 및 양자병용형태의 3종류로 분류되고 있는데, 실무에서는 플라이애시(이하 FA)나 고로슬래그 미분말(이하 BS)과 같은 분체량을 증가시키는 분체 Type의 고유동 콘크리트가 많이 채택되고 있다.

그러나, 배합특성상 FA 및 BS등 분체 치환율이 증가하면 OPC보다 밀도가 낮음에 따라 분체량이 증가하여 외관상은 재료분리가 방지되는 것으로 보일수 있으나, 액체상태로는 밀도가 낮아져 벽체와 같은 경우는 굵은골재 침하량이 증가하여 재료분리가 오히려 더 크게 발생할 수도 있을 것으로 추측되나 이에 대하여 명확하게 밝혀진바는 없다.

그러므로 본 연구는 광물질 혼화재를 다량으로 치환하고 있는 현실 상황에서 콘크리트 제조와 관련하여 혼화재를 치환율을 증가함에 따른 고유동 콘크리트의 기초적 특성 및 재료분리특성에 대하여 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 배합사항은 표 1 및 2와 같다. 먼저 W/C는 40 %로 배합설계 하였다. 목표 슬럼프 플로는 600 ± 100 mm, 목표 공기량은 4.5 ± 1.5 %, 결합제는 혼화재 치환율에 따라서 OPC 100 %에 FA 및 BS를 10, 20, 30 %로 총 7 수준을 실험계획 하였다. 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프 플로, 공기량, 응결시간을 시험하며, 경화 콘크리트에서는 재료분리강도를 계획하였다.

2.2 사용재료 및 실험 방법

본 연구에 사용한 골재의 물리적 성질은 표 3과 같으며 실험에 사용한 SP제, AE제의 물리적 성질은 표 4와 같다. 기타 사용재료는 국내에서 유통되는 일반적인 것을 사용하였으며, 실험방법은 KS의 표준적인 방법에 의거하여 진행하였다.

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/C (%)	1	· 40
	목표 슬럼프 플로 (mm)		· 600 ± 100
	목표 공기량 (%)		· 4.5 ± 1.5
	혼화재 치환율 (%)	7	· OPC 100 · FA치환: 10, 20, 30 · BS치환: 10, 20, 30
실험사항	굳지 않은 콘크리트	4	· 슬럼프 · 슬럼프 플로 · 공기량 · 응결시간
	경화 콘크리트	1	· 재료분리강도 (28 일)

표 2. 배합표

구분	혼화재 치환율 (%)	W/C (%)	단위 수량 (kg/m ³)	잔골재율 (%)	SP제 (C/%)	AE제 (C/%)
OPC	-	40	165	50	0.58	0.03
FA	10				0.56	0.07
	20				0.52	0.075
	30				0.52	0.065
BS	10				0.52	0.03
	20				0.48	0.03
	30				0.41	0.03

* 청주대학교 건축공학과, 석사과정
(교신저자 : juhyukee@naver.com)

** 경상대학교 건축공학과, 조교수

*** 제주대학교 건축공학과, 교수

**** 청주대학교 건축공학과, 부교수

표 3 골재의 물리적 성질

구분		밀도 (g/cm ³)	조립률
잔골재	강모래	2.56	2.76
굵은골재	쇄석	2.6	6.68

표 4 혼화제의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm ³)	고형분율 (%)	모양	색상
SP제	1.031	13	액상	암갈색
AE제	1.028	34	액상	담갈색

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 1,2는 혼화제 치환율에 따른 슬럼프와 슬럼프 플로를 나타낸 그래프이다. 두 경우 모두 비슷한 경향을 보이며 목표 슬럼프 플로에 만족시키기 위하여 혼화제 치환에 따라 SP제 사용량을 감소하여 사용하였다. 이러한 경향은 혼화제를 치환율이 증가하면 분체량의 증가로 인해 유동성이 높아지는 경향으로 분석된다.

그림 3은 혼화제 치환율에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다. FA치환율이 증가함에 따라 FA에 포함되어있는 미연소탄분에 기인한 AE제 흡착작용이 발생하는 것으로 판단되어 목표 공기량에 만족시키기 위하여 AE제 사용량을 증가시켰다.

그림 4는 혼화제 치환율에 따른 응결시간을 나타낸 그래프이다. 혼화제를 치환하지 않은 OPC 100 %의 경우보다 혼화제를 치환한 FA, BS는 치환율이 증가함에 따라 응결이 지연되는 경향을 보이는데 이는 광물질 혼화제의 특성인 수화 반응지연에 기인한 것으로 판단된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 5는 혼화제 치환율에 따른 재료분리강도를 나타낸 그래프이다. 28일 압축강도 공시체를 상, 하로 나누어 중앙을 절단한 다음 상하간의 압축강도를 비율로 나타내었다. OPC를 기준으로 점차적으로 비율이 하락하는 경향을 보였는데 이는 혼화제의 밀도가 낮음에 따라서 점성을 유지시키지 못함에 따라 굵은골재가 침하함으로서 재료분리가 오히려 더 크게 발생한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구의 범위에서 혼화제 치환에 따른 고유동 콘크리트의 기초적 특성 및 재료분리 특성에 대하여 분석하였다. 분석결과 혼화제를 치환함에 따라 분체량이 많아져 점성이 향상될 것으로 생각되었지만 재료분리강도를 확인하였을 때 OPC의 경우보다 굵은골재 침하량이 증가하는 경향을 보여 오히려 더 재료분리가 발생하는 것으로 분석된다. 추후 추가적인 연구를 통하여 혼화제의 치환이 재료분리 저항성에 미치는 영향에 대하여 다양한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

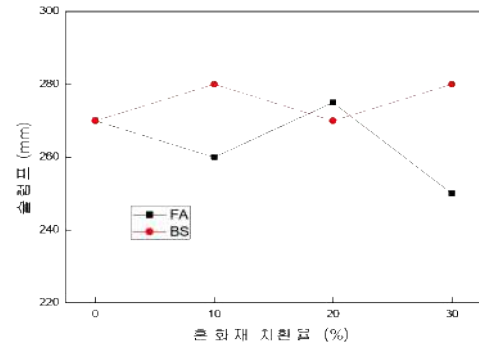


그림 1. 혼화제 치환율에 따른 슬럼프

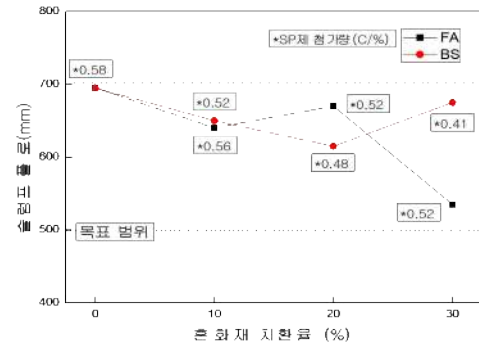


그림 2. 혼화제 치환율에 따른 슬럼프 플로

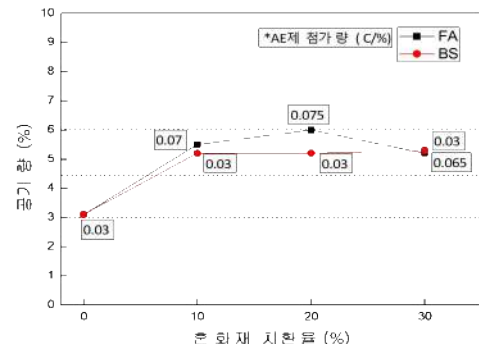


그림 3. 혼화제 치환율에 따른 공기량

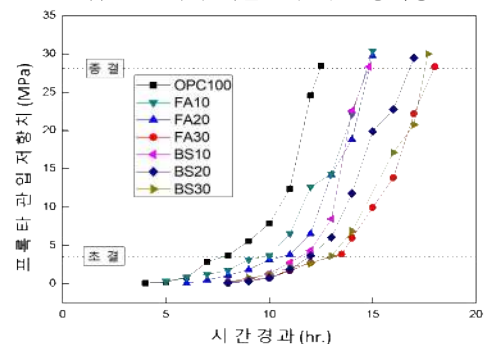


그림 4. 혼화제 치환율에 따른 응결시간

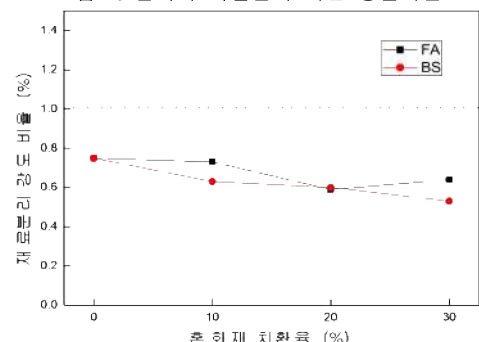


그림 5. 혼화제 치환율에 따른 재료분리강도

동절기 적산온도 방식의 무선센서 네트워크를 활용한 단열·비단열거푸집 벽체콘크리트의 강도 모니터링

Strength Monitoring of Wall Concrete on the Insulation and on-Insulated Form using
the Maturity Method Wireless Sensor Network in Winter

○이 영 준* 김 태 우* 현 승 용* 이 상 운** 한 민 철*** 한 천 구****
Lee, Young-Jun Kim, Tae-Woo Hyun, Seung-Yong Lee, Sang-Woon Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study was conducted to review the method for performing strength control of wall concrete using insulation and non-insulation forms, using wireless sensor networks. As a result, it is judged that the method of monitoring temperature and strength in real time using a wireless sensor network was an effective quality control method.

키워드 : 적산온도, 단열거푸집, 무선센서, 강도 모니터링

Keywords : Maturity, Insulation Form, Wireless Sensor Network, Strength Monitoring

1. 서 론

현대 사회에서 각종산업은 IT기술의 발달로 유비쿼터스가 실현되고 있다. 이에 따라 건설 분야에서도 많은 첨단기술이 실무에 도입되고 있다. 즉, IOT기술을 활용한 무선센서 네트워크로 콘크리트의 온도 및 압축강도를 실시간으로 측정하여 구조물의 품질관리를 실시할 수 있는 기술이 외국에서 개발되어 소개되고 있다.

특히, 동절기 콘크리트의 온도 및 압축강도는 콘크리트 타설시 구조물의 초기동해 방지와 거푸집 탈형 시기를 결정하는데 있어 매우 중요한 지표이지만 이를 실제 국내현장에 적용 효율성을 검토한 사례는 거의 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 타설 직후 경화하는 콘크리트 내부온도를 측정하여 강도발현을 모니터링 할 수 있는 적산온도 기반의 무선센서 네트워크를 사용하여 실제 국내현장에 적용시켜 활용성을 검토하고자 한다. 즉 국내 H건설 아파트 구조물 벽체콘크리트에 이 시스템을 적용 실시간으로 온도를 측정하며 강도증진을 모니터링하여 초기 벽체거푸집의 탈형시기 결정과 설계기준강도 확보 여부를 검토하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1.과 같다. 먼저, 레미콘의 규격은 25-27-150을 사용하였으며 결합재는 OPC 100%를 사용하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
레미콘	1	25-27-150	
결합재 구성(%)		· OPC 100	
양생온도		· 외기온도	
거푸집 종류	2	· 단열거푸집 · 비단열거푸집	
무선센서 설치위치		10	· 5개소 (단열거푸집) · 5개소 (비단열거푸집)
실험사항	경화 콘크리트	2	· 재령 0~28일 온도 · 재령 0~28일 압축강도

거푸집의 종류로는 단열거푸집(5개소)과 비단열거푸집(5개소)의 2수준으로 하였으며, 무선센서 네트워크의 설치 위치는 수화열의 영향이 가장 적은 벽체 하단부에 설치하고 무선센서를 이용하여 재령 0~28일까지 벽체 콘크리트의 온도 및 압축강도를 측정하며, 슈미트해머를 이용하여 재령 28일 벽체 콘크리트의 압축강도를 확인하도록 계획하였다.

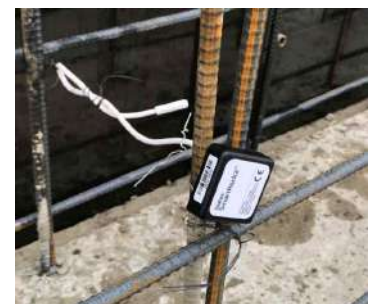


그림 1. 벽 철근에 설치된 무선센서 모습

콘크리트의 실시간 온도와 압축강도를 측정하기 위한 제품으로는 캐나다 Giatec사의 SmartRock2™ 제품을 선정하여 온도 및 압축강도를 측정하였으며, 모바

* 청주대 대학원 석사과정
** 청주대 대학원 박사과정
*** 청주대 건축공학과 부교수, 공학박사
**** 청주대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : lyj8931@naver.com)

이 논문은 2018년도 덕준건설주식회사의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임 과제번호 : 201701680001

일 어플리케이션을 이용해 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 하였다. 이때 강도 해석모델은 Plowman 모델식이 내장되어 있다.

3. 결과 및 분석

3.1 온도 및 압축강도발현특성

그림 2, 3은 단열거푸집에서, 그림 4, 5는 비단열거푸집에서 무선센서 네트워크를 이용하여 재령 0~28일 온도와 압축강도, 슈미트해머를 이용하여 측정된 재령 28일 압축강도를 나타낸 그래프이다. 단, 단열거푸집의 경우는 비단열거푸집의 경우보다 갈탄난로의 개수를 1/2로 축소하였다. 단열거푸집과 비단열거푸집을 사용한 곳 모두 목표강도에 상응하는 재령 28일 강도를 나타내었다. 이때, 단열거푸집을 사용한 곳에서는 비단열거푸집을 사용한 곳보다 온도편차 및 강도의 편차가 비교적 작은 것을 확인할 수 있었다.

그림 6은 단열·비단열거푸집을 설치한 벽체콘크리트의 적산온도의 평균값을 비교한 그래프이고, 그림 7은 무선센서로 측정된 단열·비단열거푸집을 설치한 벽체콘크리트의 압축강도 평균값을 비교한 그래프이다. 단열거푸집을 사용한 곳에서는 비단열거푸집을 사용한 곳 보다 초기 적산온도가 더 높게 측정되었으며, 압축강도 또한 높게 추정되었다. 단, 시간이 경과함에 따라 적산온도는 거의 비슷하게 나타났으며 재령 28일 강도 또한 비슷한 값을 나타내었다. 결국 가열량을 절반으로 하여도, 단열거푸집을 사용한 곳에서 초기 적산온도가 더 높게 측정되어 초기압축강도가 높게 측정되는 것을 확인할 수 있어, 그로인해 단열거푸집을 사용한 곳이 보다 빨리 벽체거푸집을 탈형 할 수 있는 것으로 분석되었다.

3.2 벽체거푸집 탈형시기

벽체콘크리트에서 거푸집 탈형시기를 위한 5MPa확보는 단열거푸집을 사용한 곳에서 약 16.2시간 경과 후, 비단열거푸집을 사용한 곳에서는 약 25.3시간이 경과 후 무선센서에 의해 확인되었다.

3.3 설계기준강도확보

본 연구에서 적용된 구조물의 설계기준강도는 27MPa로 설계되어, 호칭강도 역시 27MPa의 레미콘을 사용하였다. 그 결과, 단열·비단열거푸집을 사용한 벽체콘크리트에서 무선센서와 슈미트해머를 이용하여 확인한 결과, 안전율은 적지만 재령 28일 구조체에서 압축강도 27MPa이었다.

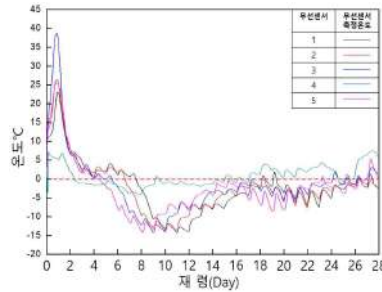


그림 2. 무선센서로 측정된 단열거푸집을 설치한 벽체콘크리트 내부온도

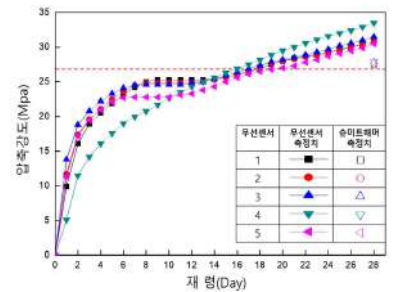


그림 3. 단열거푸집을 사용한 벽체콘크리트의 압축강도

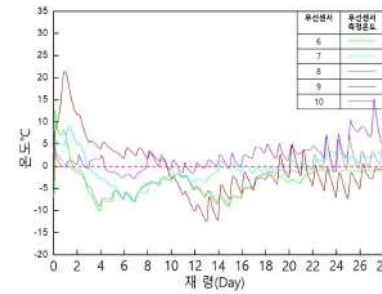


그림 4. 무선센서로 측정된 비단열거푸집을 설치한 벽체콘크리트 내부온도

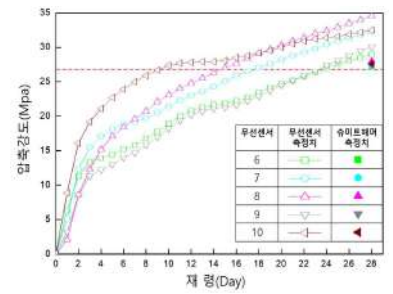


그림 5. 비단열거푸집을 사용한 벽체콘크리트의 압축강도

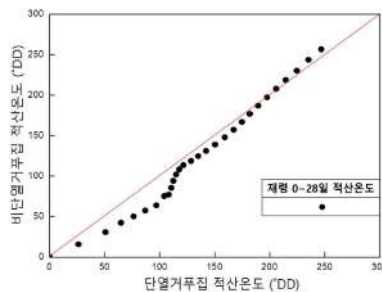


그림 6. 단열·비단열거푸집을 설치한 벽체콘크리트의 적산온도

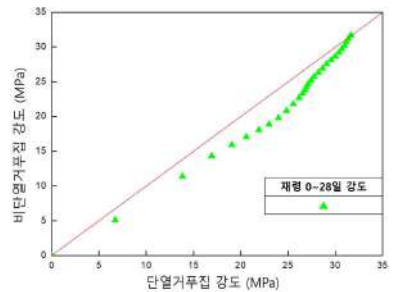


그림 7. 무선센서로 측정된 단열·비단열거푸집을 설치한 벽체콘크리트의 압축강도

4. 결 론

본 연구는 적산온도 기반의 무선센서 네트워크를 겨울철 단열거푸집과 비단열거푸집을 사용한 실제 국내현장에 적용시켜 활용성을 검토하고자 하였다.

그 결과, 무선센서 네트워크를 사용하여 문제없이 벽체콘크리트의 온도 및 압축강도를 측정하였고, 구조체를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 효과적인 품질관리 방법임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 한민철, 고로슬래그를 사용한 초지연 콘크리트의 응결시간에 측, 대한건축학회 논문집 구조계, 22권 12호, 2006.12, pp.87~95
2. 무선온도이력센서를 이용한 저온조건에서 콘크리트 강도증진 추정, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 : Vol.37 No.2(2017-10)

플랜트 공사 수주단계의 프로세스 구성을 위한 사례분석

A Case Study on the Process Composition in the Order Phase of Plant Construction

○방 홍 순* 최 두 회* 최 병 주** 김 옥 규***
Bang, Hong-Soon Choi, Doo-Hoi Choi, Byung-Ju Kim, Ok-kyue

Abstract

As a result of the recent developments in plant projects, the area to be interested in is the risk. Risk is a latent personality and is difficult to predict when it will occur. Risks can significantly affect the success of a business and must be prevented accordingly. Preparing for and predicting the occurrence of risks at the order stage involves a seven-stage process. In this study, we are going to analyze cases for the construction of plant construction process in the order stage.

키워드 : 플랜트, 수주단계, 프로세스

Keywords : Plant, Order step, Process

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 플랜트 사업의 발전으로 인하여, 관심을 가져야 할 분야는 리스크이다. 리스크는 잠재적인 성격이며, 언제 발생할지 예측하기가 어렵다. 리스크는 사업의 성패를 크게 움직이며, 그에 따른 방지대책이 필요하다. 수주단계에서 리스크의 발생을 예측하여 대비하기 위해서는 수주단계의 프로세스가 필요하다. 본 연구에서는 플랜트 공사의 수주단계의 프로세스 구성을 위한 사례를 분석하고자 한다. 이를 위해, 플랜트 공사 수주단계에서 발생하는 리스크데이터를 수집하고, 과거 플랜트 프로젝트 사례들을 분석하여, 리스크 발생시 손실액을 분석하고자 한다.

2. 문헌고찰

2.1 선행연구 분석

플랜트 프로젝트 사례들을 분석하기에 앞서, 리스크 관련 프로세스에 관한 연구를 찾아보고자 한다. 다음 표 1.에 리스크 프로세스 관련한 선행연구들을 찾아보았다.

표 1. 리스크 프로세스 관련 선행연구

비고	저자	제목
1	정동욱(2000.04)	건설공사 사전계획단계에서 리스크 식별 프로세스에 관한 연구
2	이만희(2005.01)	공동주택에서의 리스크 분석을 통한 공사 예비비 산정 프로세스에 관한연구
3	손명진(2012.11)	복합용도 도시재생사업에서의 리스크 기반 변화요인 측정 및 평가 프로세스 개발
4	서재필(2016.07)	성공적 해외건설사업을 위한 입찰단계의 리스크 관리 프로세스 모델개발 - 발전 플랜트 EPC 사업을 중심으로 -
5	이종식(2018.01)	복합 시설 프로젝트의 사업 가치 향상을 위한 리스크 관리 프로세스 구축방안

* 충북대 대학원 박사과정

** 충북대 건축공학과 공학박사

*** 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : okkim@chungbuk.ac.kr)

6	안성훈(2008.02)	해외 플랜트 공사 리스크 평가 방안 및 적용에 관한 연구
7	나성엽(2009.09)	플랜트 프로젝트의 구매조달 단계별 리스크 분석에 관한 연구
8	안승규(2010.03)	플랜트 프로젝트 리스크의 평가 및 관리 시스템에 관한 연구
9	박의승(2011.09)	해외 발전플랜트 EPC 사업의 리스크 분석 및 관리방안
10	이규성(2013.07)	산업플랜트 건설 프로젝트의 주요 공정 스웍스 분석을 통한 리스크 평가

플랜트 수주단계에서 발생이 가능한 리스크 요인과 프로세스의 필요성을 찾기 위하여 다음 표 1.를 조사하였다. 정동욱(2000.04)에서는 건설공사 사전계획단계에서의 리스크 관리 프로세스를 제안하고 리스크 분류체계를 개발하였으며, 이만희(2005.01)에서는 회귀분석 과 민감도분석을 통하여 공사예비비 산정프로세스를 제안하였다. 손명진(2012.11)에서는 리스크 요인을 기반으로 변화요인을 추출하여, 복합용도 도시재생사업에서의 리스크 기반 변화요인 및 평가 프로세스를 개발하였으며, 서재필(2016.07)은 성공적인 해외 플랜트 EPC 사업을 이루기 위한 프로세스 모델개발을 제안하였다. 이종식(2018.01)은 복합시설 프로젝트의 사업 가치향상을 할 수 있는 리스크 관리 프로세스 구축방안을 데이터베이스와 사례기반 추론 형태로 시스템화 하여 진행하였다.

2.2 소결론

선행연구를 분석해본 결과, 리스크 및 플랜트 관련 프로세스에 관한 연구는 많은 것을 확인 할 수 있다. 허나, 플랜트 공사 수주단계의 프로세스에 관한 연구는 찾기 어려웠다.

3. 과거 플랜트 사례분석

3.1 발생단계별 주요 손실분석

플랜트 프로세스의 필요성을 분석하기 위하여, 과거 플랜트 공사(2012년~2014년)의 리스크 발생비용을 분석한 발생단계별 주요 손실분석을 하였다. 리스크는 크게 4가

지의 구성단계에서 손실이 발생한다. 견적/입찰단계, 계약 단계, 계획/설계단계, 시공단계 4가지로 구성이 된다. 이중 수주단계란 견적/입찰단계와 계약단계를 합친 부분으로써, 가장 리스크 금액이 많이 발생하는 구간이다. 그 내용을 다음 그림 1.에 나타내었다.

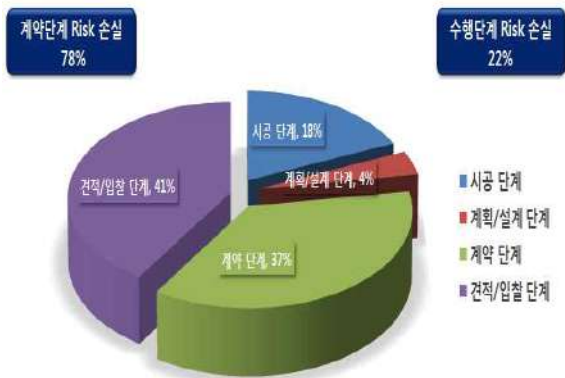


그림 1. 발생단계별 주요 손실분석

다음 그림 1. 은 2012년~2014년에 발생하였던 리스크 부분에서 단계별로 리스크 손실에 대하여 표로 정리하였다. 견적/입찰 단계에서는 41%, 계약단계에서는 37%, 계획/설계 단계에서는 4% 시공단계에서는 18%의 구성을 볼 수 있다. 그 중 수주단계에서 발생하는 리스크 비율은 78%로 대부분의 리스크로 발생하는 금액이 수주단계에서 발생한다고 볼 수 있다. 계약단계에서 리스크가 발생할 경우, 사후조치가 원할 하다면 일부의 리스크가 회복이 가능하지만, 사전대비의 관점에서 작업이 수행되어야 한다.

플랜트 수주단계의 프로세스가 필요한 이유는 앞서 말했듯이 78%의 금액이 발생한다. 프로젝트에서 78%의 리스크 금액이 얼마나 영향이 있는지 알아보고자 한다. 다음 그림 1. 에 프로젝트 수주단계에서 발생한 금액을 정리하여 나타내었다.

표 2. 수주단계의 리스크비용금액

구분	계약금액	PJT이익	손실액	실제이익
프로젝트A	100%	28.3%	-3.6%	24.7%
프로젝트B	100%	14.5%	-6.3%	8.2%
프로젝트C	100%	0%	-43.4%	-43.4%
프로젝트D	100%	7%	-15%	-8%
프로젝트E	100%	10%	-7.78%	2.22%
프로젝트F	100%	26.4%	-13.2%	13.2%
평균	100%	14.36%	-14.88%	-3.08%

다음 표 2. 는 6개의 프로젝트를 계약금액, PJT이익, 손실액, 실제이익으로 구분하여 나타내었다. 계약금액은 총 금액을 퍼센트로 표시하였으며, PJT이익은 플랜트사에서 목표로 하였던 금액을 표시하였다. 손실액은 수주단계에서 발생한 리스크금액, 실제이익은 플랜트사에서 이윤을 본 부분을 표기하였다. PJT이익의 평균은 14.35%

이지만, 수주단계에서 발생한 리스크에 관한비용은 -14.88%로 높은걸 확인 할 수 있다. 프로젝트마다 금액적인 부분이 다르므로써, 플랜트 사의 이익은 있었지만, 데이터로는 손해를 보았다 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 플랜트 공사 수주단계의 프로세스 구성을 위한 사례분석을 진행하였다. 선행연구의 분석결과 리스크와 플랜트에 관련된 연구는 많은 편이지만, 플랜트 수주단계에 관련된 선행연구는 적다는 것을 파악할 수 있었다. 또한, 과거 플랜트(2012년~2014년)의 발생 단계별 리스크 금액의 분석결과 수주단계에서 78%의 높은 리스크 금액을 가지고 있음을 확인할 수 있었으며, 최근 플랜트 사례 6가지를 선정하여 계약금액, PJT이익, 손실액, 실제이익을 정리해본 결과 리스크가 발생할수록 회사의 이윤은 적어지며, 리스크 강도에 따라 손해까지 보는 상황을 파악 할 수 있었다. 그에 따라 플랜트 공사 수주단계의 프로세스가 필요하다. 향후 연구에서는 플랜트 공사 수주단계의 프로세스를 구성해보고자 한다.

참고문헌

1. 나성엽, 문승재, 유효선, 플랜트 프로젝트의 구매조달 단계별 리스크 분석에 관한연구, 플랜트 저널, 5(3), 2009
2. 박의승, 유효선, 지재현, 해외 발전플랜트 EPC 사업의 리스크 분석 및 관리방안, 플랜트저널, 7(3), 2011
3. 서재필, 류한국, 손보식, 최윤기, 성공적 해외건설사업을 위한 입찰단계의 리스크 관리 프로세스 모델개발, 한국건설관리학회 논문집, 17(4), 2016
4. 손명진, 현창택, 복합용도 도시재생사업세어의 리스크 기반 변화요인 측정 및 평가 프로세스 개발, 한국건설관리학회 논문집, 13(6), 2012
5. 안승규, 조동환, 허진혁, 문승재, 유효선, 플랜트 프로젝트 리스크의 평가 및 관리시스템에 관한연구, 한국플랜트학회, 6(1), 2010
6. 안성훈, 이영남, 조호규, 해외플랜트 공사 리스크 평가 방안 및 적용에 관한연구, 한국건설관리학회 논문집, 2005
7. 이규성, 최재현, 산업플랜트 건설 프로젝트의 주요 공정 스캔스 분석을 통한 리스크 평가, 한국건설관리학회 논문집, 14(4), 2013
8. 이만희, 이학기, 공동주택에서의 리스크 분석을 통한 공사예비비 산정 프로세스에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 21(1), 2005
9. 이종식, 조승호, 복합 시설 프로젝트의 사업가치 향상을 위한 리스크 관리 프로세스 구축방안, 한국구조물진단유지관리공학회 논문집, 22(1), 2018
10. 정동욱, 현창택, 김양택, 건설공사 사전계획단계에서 리스크 식별 프로세스에 관한연구, 대한건축학회 논문집, 20(1), 2000
11. 최두희, 방홍순, 이태형, 김옥규, 플랜트 PRM(Project Risk Management) 체크리스트 항목 선정을 위한연구, 한국건설관리학회 논문집, 19(1), 2018

○한 준 회 * 이 혁 주 * 현 승 용 * 이 재 진* 한 민 철*** 한 천 구****
Han, Jun-Hui Lee, Hyuk-Joo Hyun, Seung-Yong Lee, Jae-Jin Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study analyzed the engineering properties of cement mortar based on CGS substitution rates in crushed sand and seal sand mixed aggregates as a basic review of utilizing CGS as fine aggregate for secondary products from IGCC. Experiments have shown that for liquidity, it is proportionally higher as CGS rates of substitution increase, and that the volume of air mass tends to decrease. In addition, compression strength showed excellent strength if CGS was replaced by 50 %, and bending strength showed the best strength expression at 100 %. It was deemed that the optimal mix of CGS would give positive effects on the strength development and fluidity of the concrete and contribute to an improvement in quality.

키워드 혼합골재, 석탄가스화발전, 석탄가스화발전 슬래그

Keywords Mixed Aggregate, integrated gasification combined cycle, coal gasification slag

1. 서 론

국회 미세먼지대책특별위원회에서는 신재생에너지 공급 의무화 기준을 정할 때 미세먼지 및 온실가스와 같은 대기환경 오염물질 배출 저감을 위한 전기사업법 개정안, 대기환경 보전법 개정안 등의 법안을 발의한바있다.

그런데, 국내 서부발전의 경우는 열분해 과정 중 발생하는 가스로 전기를 만드는 새로운 발전 기술 시스템인 석탄 가스화 발전(IGCC : integrated gasification combined cycle)으로 미세먼지, 질소산화물 및 황산화물 등의 발생량이 적은 친환경 발전방식을 도입하고 있다. 하지만, IGCC에서 발생하는 부산물인 석탄 가스화 발전 슬래그 (CGS : coal gasification slag)는 KS규격 미지정 에 따라 환경적인 문제로 폐기처분이 불가피하여 발전소에서는 이와 같은 산업부산물인 CGS를 적재 창고에 보관하고 있다. 이에 따라 서부발전소에서는 설비시설 및 관리에 추가적인 비용이 가중되고 있는 실정이다.

또한, 국내 건설시장에서는 천연골재의 고갈로 인한 골재수급 문제가 심각해지고 있다. 이로 인해 실무에서는 대체골재로서 발파석, 해사 등을 혼합하여 사용하고 있는 상황이지만, 해양환경 보존을 위한 해사 채취 금지 등으로 인하여 잔골재의 품질저하 및 절대량 확보대책이 시급한 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 동시에 해결하기 위하여 IGCC에서 발생하는 부산물인 CGS를 콘크리트 2차 제품용 잔골재의 일부로 치환하는 혼합골재로의 활용 가능성을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

* 청주대학교 건축공학과, 석사과정
(교신저자 : yc0933@naver.com)

** 청주대학교 건축공학과, 박사과정

*** 청주대학교 건축공학과, 부교수, 공학박사

**** 청주대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

본 연구의 실험계획 및 배합사항은 표 1 및 2와 같다. 먼저 모르타르 배합비는 1:5, W/C는 70 %로 배합설계 하였다. 목표 플로는 180 ± 15 mm, 목표 공기량은 4.5 ± 1.5 %, 골재의 종류는 CGS 및 석산 + 해사의 2수준, 혼합골재에 대한 CGS 치환율을 0부터100까지 25%간격의 5수준으로 변화시키도록 실험계획하였다.

2.2 사용재료 및 실험 방법

본 연구에 사용한 재료는 국내에서 유통되는 일반적인 것을 사용하였는데, 단 잔골재의 물리적 성질은 표 2와 같다. 실험방법은 KS의 표준적인 방법에 의거하여 진행 하였다.

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	모르타르 배합비	1	· 1:5
	W/C (%)		· 70
	목표 플로(mm)		· 180 ± 15
	목표 공기량 (%)		· 4.5 ± 1.5
실험 요인	골재의 종류	2	· CGS · (석산+해사) ¹⁾
	혼합골재에 대한 CGS 치환율 (%)	5	· 0, 25, 50, 75, 100
실험 사항	굳지 않은 모르타르	2	· 플로 · 공기량
	경화 모르타르	2	· 압축강도 (3, 7, 28일) · 휨강도 (3, 28일)

1) 석산 : 해사 = 5:5 비율

표 2. 배합표

구분			W/C (%)	단위 수량 (kg/m³)	단위 시멘트량 (kg/m³)	잔골재 (kg/m³)		AE제 (C/%)
골재		CGS (%)				CGS	석산 + 해사	
혼 합	CGS+ (석산+ 해사)	0	70	238	340	0	1700	0
		25		239	341	434	636	
		50		239	342	866	846	
		75		240	343	1296	422	
		100		241	345	1725	0	

표 3. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	조립률	0.08mm체 통과율 (%)
CGS	2.70	2.26	2.95	1.07
석산	2.67	1.90	3.56	6.82
해사	2.62	1.13	1.68	5.42

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 1은 CGS 치환율 변화에 따른 플로 변화를 나타낸 그래프이다. CGS 치환율이 증가할수록 유동성이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 CGS의 원형 입자 형상에 기인한 것으로 판단된다..

그림 2는 CGS 치환율 변화에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다. CGS 치환율이 증가함에 따라 CGS에 포함되어 있는 미연소탄분의 AE제 흡착작용에 기인하여 감소하는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 3은 CGS 치환율 증가에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 그래프이다. CGS 혼합 비율 25 %에서 가장 양호한 결과를 나타내고 있는데, 이는 적정입도분포 영역에서 최밀충전으로 인해 강도가 향상된 것으로 분석된다.

그림 4는 CGS 치환율 증가에 따른 재령별 휨강도를 나타낸 그래프이다. 재령 3일의 경우 CGS치환율 25 %를 기준으로 이보다 증가할수록 감소하는 경향을 보였고, 이는 유리질인 CGS 표면에 기인한 것으로 판단된다. 재령 28일 강도에서는 CGS 치환율 100%에서 강도가 가장 크게 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구는 석탄 가스화 발전(IGCC)에서 발생하는 슬래그(CGGS)를 콘크리트 2차제품용 잔골재로 활용하기 위한 기초적 검토로서 부순 골재와 바다모래를 혼합한 혼합골재에 CGS 치환율에 따른 시멘트 모르타르의 공학적 특성을 분석하였다.

분석결과 유동성의 경우는 CGS의 치환율이 증가함에 따라 비례적으로 증가하는 것으로 나타났고, 공기량은 감소하는 경향을 보였다. 또한, 압축강도는 CGS를 25 % 치환한 경우 우수한 강도발현을 보였으며, 휨강도는 100%에서 가장 우수한 강도발현을 보였다. 이는 CGS를 최적비율로 혼합하였을 경우 콘크리트의 강도발현 및 유동성 확보에 긍정적이며, 품질향상에도 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 한국서부발전(주)의 연구비지원 (과제번호 201701510001)에 의해 수행되었습니다.

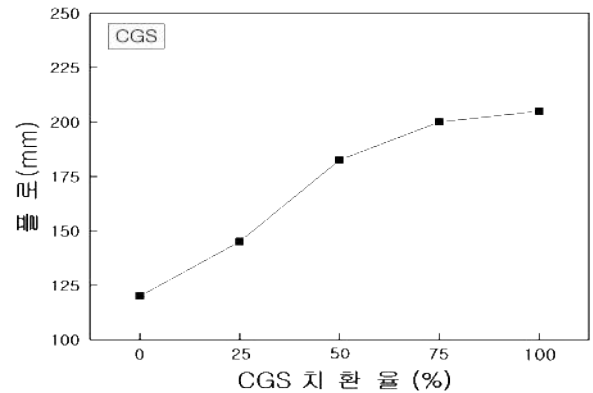


그림 1. CGS 치환율 변화에 따른 플로

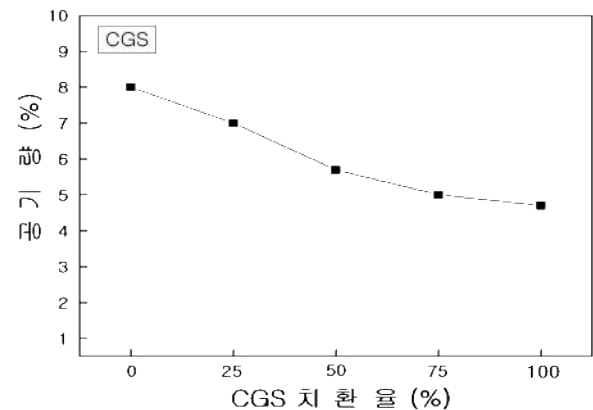


그림 2. CGS 치환율 변화에 따른 공기량

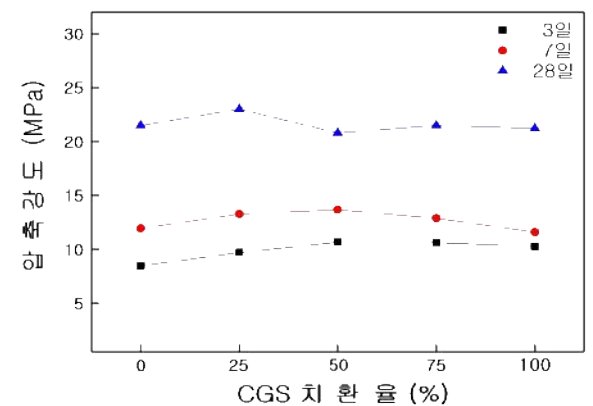


그림 3. CGS 치환율 변화에 따른 재령별 압축강도

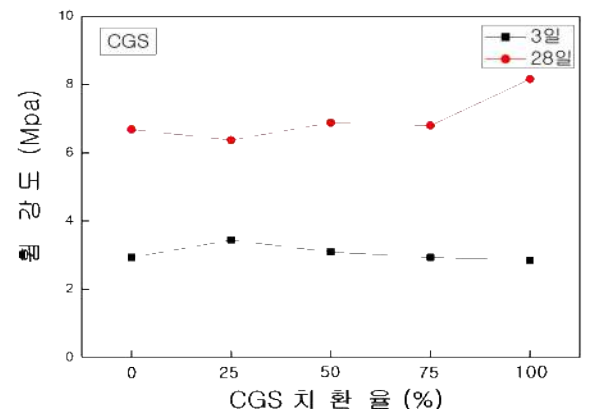


그림 4 CGS 치환율 변화에 따른 재령별 휨강도

Hydrometer 밀도 값과 플라이애시 치환율 변화를 종합한 플라이애시 시멘트의 분말도 품질 신속 추정 Quick-Quality Estimation of Fly-Ash Cement by Using the Density Value of Hydrometer and the Change of Fly-Ash Replacement Rate

○이 재 진* 이 혁 주* 김 태 우* 김 영 태** 한 민 철*** 한 천 구****
Lee, Jae-Jin Lee, Hyuk-Ju Kim, Tae-Woo Kim, Yeong-Tae Han, Min-Cheol Han, Cheon-Gu

Abstract

In this study, the rapid evaluation method of the quality and the rapid exchange rate of different FA cement powder based on the assumption that a plant dedicated to FA cement can be built is also applied with the following analysis on the possibility of multiple FA Cement Powder. Tests show that the smaller the FA cement powder (larger the particle) the higher the FA replacement rate, the slower the hydrometer's settlement is. Using regression formula $y = 42818.38x_1 - 0.27111x_2 - 41241.8$ ($R=0.9299$), the possibility of FA cement powdering was confirmed quickly was confirmed.

키워드 : 액체밀도계, 플라이애시, 혼합시멘트, 분말도

Keywords : Hydrometer, Fly Ash, Blended cement, Fineness

1. 서 론

최근 콘크리트 관련 산업에서는 원재료 중 시멘트에서 발생하는 이산화탄소를 저감시키고, 원가절감을 위해서 산업부산물인 플라이 애시(이하 FA) 등을 시멘트 대체재로 다량 사용하고 있다. 일반적으로 화력발전소에서 발생하는 FA를 모르타르와 콘크리트에 치환 사용할 경우에는 수화열 저감과 장기강도 증진 특성 등으로 인해 시멘트 대체재로서의 관심이 증대되고 있다.

그러나 FA 시멘트의 사용량은 매년 증가하고 있음에도 불구하고 아직 국내에는 FA 시멘트가 생산되는 공장은 없다. 또한, FA를 치환 사용한 콘크리트 품질에 변화가 생기지 않도록 반드시 정제과정을 거친 다음에 유통을 해야 하지만, 정제되지 않는 FA를 유통하는 경우도 있기에 품질관리가 매우 미흡한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 FA 시멘트 전용 공장이 건립될 수 있다는 가정 하에 다양한 FA 시멘트의 분말도 변화 조건에서 종전에 연구되었던 Hydrometer에 의한 품질 신속 평가법을 적용하여 밀도 값과 FA 치환율 데이터를 복합한 다음, 다중상관분석을 통하여 FA 시멘트 분말도 신속 추정 가능성을 분석 하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 실험에 사용된 재료는 모두 국내에서 생산되는 제품을 사용하였다. 실험방법과 관련, 메스실린더 및 결합재와 물의 비율은 선행연구에서 최적으로 선정된 것을 사용하였는데, 메스실린더 용량은 1 000 cc, 결합재와 물의 비율은 100 g/L로 하였다. 액체밀도계는 1.000 ~ 1.060 까지 측정 가능한 것으로 표준밀도계(6호), A type을 사용하였다. 실험 변수로

는 시멘트 분말도 3 520 cm^2/g 에 FA(Reject, 원분, 정분)를 혼합한 FA 시멘트로, FA 치환율은 7, 15, 25 %로 진행하였으며, 물의 온도는 20℃ 고정 사용하였다. 실험방법으로는 메스실린더 1 000 cc에 결합재량 100 g을 넣고 물 1 000 cc를 넣은 후 메스실린더의 입구를 밀봉한 뒤 1분간 15회 상하반전운동을 주어 혼합시킨다. 혼합 완료 후 바로 액체 밀도계를 띄워 매 1분마다 밀도를 측정하고, 사진촬영을 실시하였다. 사진 1은 실험모습의 사진이다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
실험 변수	시멘트 분말도 (cm^2/g)	1	· 3 520
	FA 분말도 (cm^2/g)	3	· 2 990 (Reject) · 3 321 (원분) · 3 658 (정분)
	FA 치환율 (%)	3	· 7, 15, 25
	메스실린더 (cc)	1	· 1 000
	결합재와 물의 비율	1	· 100 g/ 1L
측정 사항	밀도	1	· 밀도가 1이 될 때까지 측정



사진 1. 실험모습 사진

* 청주대학교 건축공학과 석사과정
(교신저자 : jaejin17@naver.com)

** 청주대학교 건축공학과 공학박사

*** 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

**** 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

3. 결과 및 분석

그림 1 ~ 3은 다양한 분말도의 OPC 및 FA를 혼합한 FA 시멘트의 분말도 별 시간경과에 따른 Hydrometer법 밀도치를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 분말도가 클수록(입자가 작을수록) 액체밀도계의 침하속도는 지연됨을 확인할 수 있었다. 또한, FA 중 높은 분말도의 FA 치환율이 증가할수록 Hydrometer는 미미한 차이로 서서히 침하 하였다. 변수 중 가장 큰 입자인 Reject를 치환율이 증가할수록 액체밀도계는 빠르게 침하하였으며, 밀도 값은 저하한 반면, 입자가 가장 작은 정분을 치환하였을 경우 여타의 수준 중 가장 높은 밀도 값을 나타냈고, 액체밀도계는 서서히 침하하였다. 이는 높은 분말도의 시료가 치환함으로써 분말입자의 침하속도는 지연됨에 Hydrometer 밀도 값은 증가하는 것으로 판단되며, 정분 25 % 치환 변수가 가장 높은 밀도 값을 나타내었다.

그림 4는 Hydrometer 3분 밀도 값과 FA 치환율(7, 15, 25 %)의 다중상관관계로부터 FA 시멘트 분말도 추정을 나타낸 것이다. 이때 Hydrometer 3분 밀도 값을 사용한 것은 1 ~ 5분의 다중상관관계 중 3분의 밀도 값이 가장 양호한 상관성을 나타내어 3분 밀도 값을 사용하였다. 밀도 값과 FA 치환율에 따른 다중상관관계는 $R = 0.9299$ 로 매우 높은 상관성을 나타내었다. 즉, 회귀식 $y = 42818.38x_1 - 0.27111x_2 - 41241.8$ ($R = 0.9299$)을 활용할 경우 FA 시멘트 분말도를 신속 추정될 수 있는 가능성을 확인하였다.

(여기서 y 는 FA 시멘트의 분말도, x_1 은 밀도 값, x_2 는 치환율임)

4. 결 론

본 연구에서는 시멘트와 다양한 FA의 분말도 조합 조건에서 종전에 연구되었던 Hydrometer법 품질 신속 평가법을 적용하여 Hydrometer 밀도 값과 FA 치환율 데이터를 복합한 다음, 다중상관분석을 통하여 FA 시멘트 분말도 신속 추정 가능성 분석을 하고자 한다. 실험 결과 분말도가 클수록(입자가 작을수록) 침하속도는 지연됨을 확인할 수 있었으며, 밀도 값과 FA 치환율의 다중상관관계는 높은 상관성을 나타냈으므로 회귀식 $y = 42818.38x_1 - 0.27111x_2 - 41241.8$ ($R = 0.9299$)을 활용할 경우 FA 시멘트 분말도를 신속 추정될 수 있는 가능성을 확인하였다.

참고문헌

1. 한천구, 송홍호, Hydrometer에 의한 플라이애시의 분말도 평가 가능성 분석, 한국건축시공학회논문집 제 17권 2호 119-125, 2017
2. 이재진 외 5명, 액체밀도계를 이용한 플라이애시 시멘트의 분말도 신속 평가 가능성 분석, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 제 37권 1호, 767-768, 2017

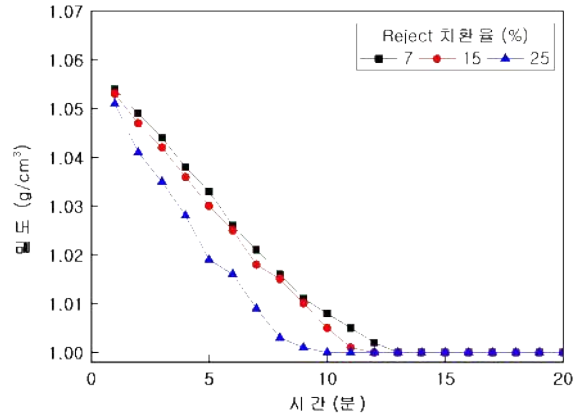


그림 1. 시간경과에 따른 FA(Reject) 밀도

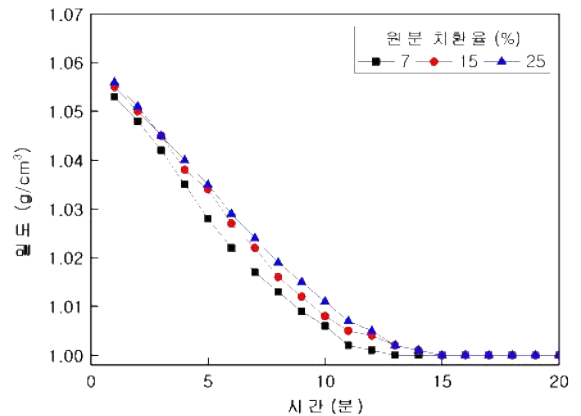


그림 2. 시간경과에 따른 FA(원분) 밀도

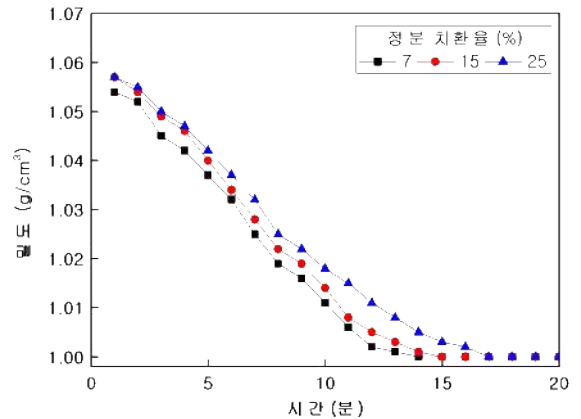


그림 3. 시간경과에 따른 FA(정분) 밀도

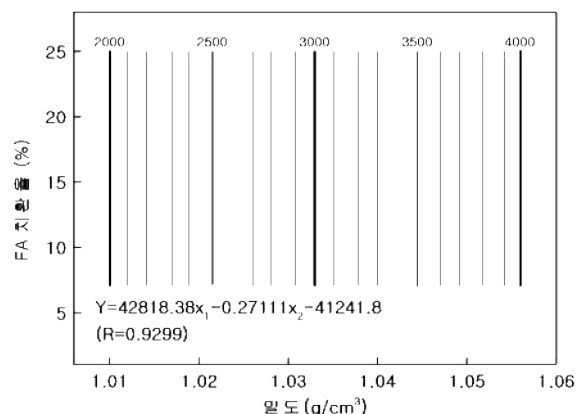


그림 4. 혼탁에 5분 밀도 값과 FA 치환율의 다중상관관계

Abstract

This paper presents the development of energy performance visualization methods using urban models in Building Information Modelling (BIM). In this effort the author used BIM Authoring Tools' Application Programming Interface (API) to map the energy performance into the urban models. The platform also used an external database to store and manage the simulation results. To do so, the author created a prototype: Urban Energy Performance Visualization (UEPV) by adopting Building Energy Performance Visualization (BEPV), translating energy simulation results to the Energy Performance Indicator (EPI) parameter in BIM-based urban models.

키워드 : 건물정보모델, 정보시각화, 성능기반 설계, 도시에너지성능분석 시각화 Keywords : BIM, Information Visualization, Performance-Based Design, Urban Energy Performance Visualization

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

설계 단계에서 에너지 시뮬레이션 정보의 명시적 시각화의 부재로 인하여 지속 가능한 도시 개발을 위한 시뮬레이션 결과의 효과적인 사용에 많은 어려움이 발생되고 있다. 본고에서는 BEPV(Building Energy Performance Visualization)(Jeong et al., 2013)기술을 활용한 BIM(Building Information Modeling)기반 도시모델에서 에너지 성능을 시각화하기 위한 방법론을 제시하고자한다. 이를 위해 도시모델에서 각각의 BIM 모델을 건물성능분석 결과를 반영한 색채기반 건물부재를 표현하였고 이를 구현하기 위한 방법론을 본고에서 검토하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 제시한 BIM기반 도시 모델을 통한 에너지 성능분석 시각화를 위해, 다음과 같은 세부 단계를 설정하였다.

- 1) Autodesk Revit을 테스트 케이스로 사용하여 파라미터기반의 도시 BIM 모델을 생성
- 2) 에너지 시뮬레이션 도구에서 얻은 에너지 성능지표를 반영하기 위한 각 구성 요소에 대응하는 매개 변수 정의
- 3) 에너지 성능 값에 따라 색채로 구분된 구성 요소들의 시각화 범위를 설정
- 4) BIM 저작 도구의 Application Programming Interface (API)를 사용하여 Urban Energy Performance Visualization(UEPV)를 개발

UEPV를 통해 에너지 성능 결과를 각 구성 요소의 매개 변수에 전달되고, 구성 요소의 색상을 건물성능분석 결과 값에 따라 자동으로 변경하게 된다. UEPV를 통해 표현되는 시각화 효과는 적외선 타임랩스 애니메이션과 비슷한 효과 나타내며 이를 통해, 사용자들은 각각의 건

물에너지 성능평가결과를 명시적으로 검토할 수 있다.

2. BEPM와 BEPV에 대한 고찰

2.1 통합건물성능분석기반의 설계를 위한 BIM기반의 건물성능분석 시뮬레이션 활용

BIM기반 건물성능분석을 지원하는 Green BIM과 같은 연구는 현재까지 주로 BIM 모델링을 통한 건축정보모델과 에너지 성능분석 프로그램 사이의 호환성 문제를 중점적으로 다루고 있다. 또한 BIM을 활용한 친환경 설계(일조, 조망, 기류 등) 및 국내 친환경 인증을 지원하는 연구 분야도 수행되고 있다. 특히 국내연구에서는 종합적 건물 성능분석을 위한 통합 성능분석 모델의 개발 및 객체 기반 성능분석 모델과의 데이터 연계를 위한 연구는 매우 드물게 진행되고 있다. 설계단계에서 성능분석기반 설계가 보다 효율적으로 이루어지기 위해서는 객체기반의 성능분석 모델을 통한 건축설계모델의 통합 시스템 개발이 요구되고 있다.

2.2 BIM기반 건물성능분석

건물성능분석 시뮬레이션의 효율적 사용을 위해 건물 설계정보의 일관성을 지원하고 데이터 손실을 줄이기 위해 공통포맷(IFC, XML)기반의 건물정보모델 활용 방안에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 또한 국외에서는 건물 형상정보와 기계·전기·설비(Mechanical, Electrical, and Plumbing; MEP) 시뮬레이션 구성 정보를 통합 모델을 통해 정보 교환을 구현하는 다분야 표현 모델이 제안되었다(O'Donnell, 2011). 하지만, 이런 통합지원 모델을 활용하여 설계단계와 건물성능분석 단계 사이의 정보교환 과정에서 여전히 정보모델과 건물성능분석 도구들 사이의 정보 교환의 단일화가 이루어지지 않고 있다 (O'Donnell, 2011).

2.3 건물성능분석을 위한 객체지향 물리기반 모델링

객체기반의 건물설계정보를 효율적으로 건물성능분석에 활용하기 위해, 객체지향 물리기반 모델링(Object-Oriented Physical Modeling, OOPM) 기법이 제시되고 있으며, 객체지향 물리기반 모델링을 활용함으

* 충북대학교 건축공학과 조교수, 건축학박사

(교신저자 : wsjeong@chungbuk.ac.kr)

이 성과는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2016R1C1B2014542).

로써 다중분야 시뮬레이션을 지원하기 위한 구조화되고 수식 기반의 모델링 기법이 꾸준히 연구되고 있다 (Fritzson, 2010). 최근 들어 OOPM을 위해 Modelica라는 통합 언어가 개발되어, 서로 다른 분야에서 개발된 객체들로 이루어진 복잡한 시스템 분석을 위한 모델링과 시뮬레이션의 통합사용에 활용되고 있다. 비록 Modelica 기반의 건물성능분석 라이브러리의 개발로 인해 객체기반 성능분석 엔진의 활용이 가능하였지만, 에너지 분석 전문가의 관점에서 개발되어 비전문가들의 용이한 사용이 어려우며, BIM 모델과의 정보 교환 및 통합의 측면에서 개발이 요구되고 있다.

2.4 BIM을 활용한 건물에너지 성능분석결과의 시각화

BIM과 같은 객체지향 건물정보모델을 효율적으로 활용하기 위해 객체지향 물리적 모델링과 같은 건물성능분석 모델링 기법 개발에 대한 연구가 진행되고 있지만, 성능분석 결과가 여전히 텍스트와 그래프 기반의 분석결과들로 이루어져 있으며, 이를 기반으로 하는 설계의사결정은 여전히 많은 어려움이 뒤따르고 있다. 건물성능분석결과를 직관적이며 명시적인 방법으로 설계의사결정과정에 제공함으로써, 설계 대안들 간의 효율적 의사결정이 가능해질 것이다. 이를 위해 건물정보모델을 활용한 건물성능분석결과의 명시적인 시각화 방안이 요구되고 있다.

2.5 건축정보모델을 활용한 도시에너지성능분석 시각화 방안

지속가능한 도시개발을 위해서는 각각의 건물에 대한 효율적인 건물성능분석이 이루어져야 할 것이며, 이를 설계단계에 효율적으로 반영되어야 한다. 이를 위해서는 다양한 설계 대안들이 적용된 개별 건물에 대한 정확한 건물성능분석 지표가 1차적으로 필요하며, 이를 기반으로 한 전체 도시에 대한 에너지 성능분석 결과를 표시하는 지표가 2차적으로 요구된다. 이러한 지표들이 도시계획 단계에서 명시적으로 제공됨으로써 도시 계획 입안자들과 개발자들에게 건물정보모델을 건물성능 시각화를 위한 사용자 인터페이스를 제공할 수 있다.

3. 도시계획 지원을 위한 도시에너지성능 시각화 방안

도시계획 단계에서 개개의 건물에너지성능 시각화를 통한 도시에너지성능 시각화(UPEV, Urban Energy

Performance Visualization)를 구현하기 위해서 그림 1과 같은 프로세스 모델을 개발하였다.

3.1 도시에너지성능 시각화 어플리케이션

객체기반 물리적 모델링을 적용한 건물성능분석(OOPM-based BES) 도구들은 BIM과 객체기반 모델링을 통합적으로 구현하고 객체기반 모델링기법을 사용하며 객체기반 컴퓨터 프로그래밍 기법을 사용한다는 점에서 성능분석 결과를 BIM에서 명시적으로 표현하기 위한 장점을 가지고 있다. 무엇보다도 OOPM-based BES 도구들은 객체기반 접근방법을 사용한다는 점에서 사용자들이 하여금 BIM과 성능분석 결과들을 직접적으로 접근할 수 있게 제공하고 있다. 본 연구에서는 이러한 OOPM-based BES 도구를 BIM기반의 도시계획 모델에 적용함으로써, 도시계획 단계에서 개개의 건물들이 가질 수 있는 에너지 성능지표를 시각화할 수 있었으며, 이를 도시단지 레벨까지 확장하여 표현할 수 있었다. 그림 1에서 제시한바와 같이 BIM 저작도구를 사용하여 건축정보 모델기반 도시계획 모델을 구현(A1)하고, 파사드 자동생성 도구를 사용(A2)해 건물성능분석을 실시(A3)하였으며, 성능분석 결과들이 외부 데이터베이스에 저장된 후(A4), 데이터베이스에 저장된 결과 값을 다시 BIM 모델에 건물단위로 시각화 하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 OOPM-based BES 도구를 BIM기반의 도시계획 모델에 활용함으로써, 도시계획단계에서 계획 입안자 및 개발자들로 하여금 건물에너지 성능분석결과를 명시적으로 제공할 수 있는 방법론을 제시하였다.

참고문헌

1. Jeong, W., Kim, J. B., Clayton, M. J., Haberl, J. S., & Yan, W. Visualization of building energy performance in building information models. ACADIA 2013, Canada
2. O'Donnell, J., SimModel: A domain data model for whole building energy simulation. SimBuild 2011, Sydney, Australia

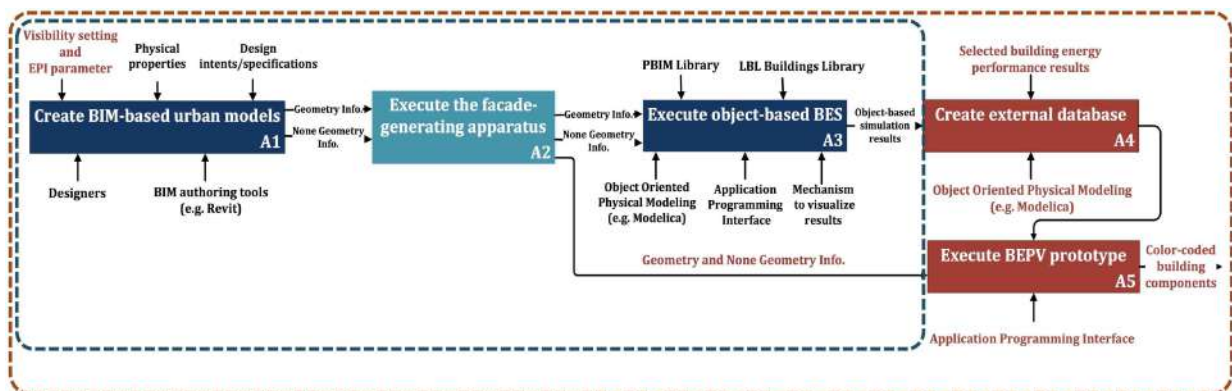


그림 1. UPEV 개발을 위한 데이터 흐름도

재실정보가 반영된 실시간 건물에너지 시뮬레이션 환경 구축에 관한 연구

A Research on the Development of a Real-time Building Energy Simulation Environment with
Occupant Information

○김 석 호*

서 동 현**

Kim, Seok-Ho Seo, Dong-Hyun

Abstract

The purpose of this study was to develop a real-time building energy simulation environment that can utilizing actual building operation status. Particularly, IoT data (such as indoor and outdoor environment data, energy consumption data, etc) based a estimation methodology of occupant status information is applied to the simulation environment. To realize this development, R-script, Python, BCVTB, and EnergyPlus are combined as a co-simulation environment. The performance of the developed simulation environment is compared with measured energy consumption of end-user such as lighting, plug-load, and heating/cooling equipment. The comparison result showed good agreement in terms of operation status with some errors caused by lack of calibration of each equipment.

키워드 : IoT 데이터, 실시간 건물에너지 시뮬레이션, R-script, BCVTB

Keywords : IoT Data, Real-time building energy simulation, R-script, BCVTB

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건물에너지 해석도구는 지금까지 전형적인 건물에너지 사용량을 추정하기 위한 도구로 많이 활용되고 있다. 가령, 설계단계에서 건물이 준공된 후 앞으로 예상되는 에너지 소비수준을 예상하거나, 에너지 사용특성 분석을 통해 에너지 성능을 향상시키는 방법을 제안하는데 활용하는 것이 그 좋은 사례이다. 이런 경우 실제 건물의 운영을 정확히 예상하기 힘들기 때문에 용도건물의 전형적인 사용특성을 건물에너지 모델에 반영한다.

그러나, 최근 건물에너지모델을 건물에너지 관리시스템과 통합하여 보다 효과적인 제어를 시도하는 경우가 증가하고 있는데 이를 통칭하여 Model Predictive Control (MPC)라 부르며, 이 경우 건물의 실제 운영상황을 건물에너지 모델에 반영해야 할 필요성이 생긴다. 이때의 핵심적인 입력값은 실시간 기상데이터와 재실정보가 된다.

이러한 MPC환경에서 실용적으로 활용할 수 있는 건물에너지 시뮬레이션 환경 구축에 일조하기 위해, 본 연구에서는 개인실을 대상으로 재실정보를 추정할 수 있는 여러 인자에 대한 데이터 (IoT Data)를 축적하고, 이 데이터의 처리를 통해 선행연구 (김석호, 서동현, 2017)를 통해 개발한 재실추정 알고리즘 모듈과, 기상청 예보데이터를 활용한 실시간 기상데이터 처리 모듈, 이러한 모듈을 에너지모델과 통합할 수 있는 BCVTB를 활용하여 실시간 건물에너지 시뮬레이션 환경을 구축한 사례를 제시하고자 한다. 이 환경을 통해 실제 건물의 운영상황이 실제 건물에너지 모델에 반영될 경우 건물에너지 모델의 에너지소비량 추정 성능이 기존의 기술에 비하여 얼마나 정확도가 향상되는지 사례를 통해 제시할 예정이다.

2. 문헌고찰

건물에너지 모델링의 관점에서 제어시스템에 건물에너지 시뮬레이션을 적용한 사례 (나라콘트롤, 2011; MPC: Model Predictive Control), BCVTB를 활용한 가상의 건물에너지 제어모듈을 개발한 사례 (문현준, 2013), 건물에너지 모델링의 정확도를 향상하기 위하여 재실자 정보를 도입한 사례 (우리젠, 2015) 등이 국내 연구의 진행현황으로 조사되었는데 대부분 부분적이거나 제한된 상황에서 활용할 수 있는 수준의 연구가 진행되고 있는 것으로 파악되었다.

국외의 경우도 Jie Zhao et al. (2015) 이 EnergyPlus모델을 기반으로 MATLAB과 연계하여 사용자의 반응을 반영한 공급온도 최적제어값을 찾는 연구를 시도한 사례가 있으나 재실자의 여부 및 그에 따른 조명, 기기 등의 운영상황을 반영하는 단계에까지는 이르지 못한 것으로 판단하였다.



그림 1. 국내 MPC환경 구축 관련 연구의 현황

3. IoT데이터 수집환경 및 MPC환경 구축

3.1 IoT데이터 수집환경

* 충북대 건축공학과 대학원 석사과정

** 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : seodh@cbnu.ac.kr)

이 연구는 2017년도 국가과학기술연구회 융합연구단 사업을 수행하고 있는 한국전자통신연구원의 위탁연구 수행결과의 일부임.
과제번호: CRC-15-05-ETRI

본 연구에서 사용된 자료는 대학건물의 개인실을 대상으로 실외, 실내 온도, 일사 등 자연환경과 대상공간에서 발생하는 조명, 기기, 냉난방기기 등의 에너지사용량 정보, 재실추정 성능을 검증하기 위한 재실정보 등이 수집되었다. 그림 2는 본 연구에 활용된 측정장치의 구성을 보여주고 있다.

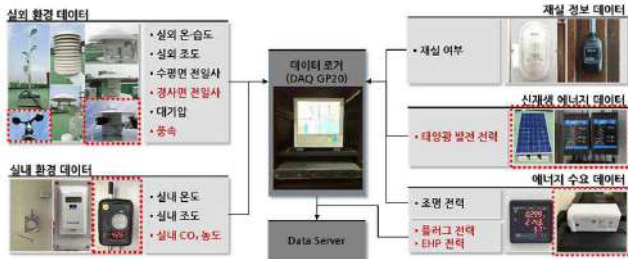


그림 2. 연구에 활용된 IoT정보 측정장치의 구성

3.2 MPC 구축환경

측정한 데이터는 재실추정용 머신러닝 알고리즘의 입력값으로 활용되며 이 알고리즘은 R-script를 통해 구현되었으며, 추정된 매시각별 재실정보는 Building Control Virtual Test Bed (BCVTB)를 통해 EnergyPlus의 입력값으로 반영되도록 구성되었다. 실시간 기상데이터는 기상청의 XML정보를 Python으로 처리하여 역시 BCVTB를 통해 EnergyPlus의 입력값으로 반영되었다. 그림 3은 실시간 건물상황정보를 반영할 수 있도록 구축한 MPC환경의 개념을 보여주고 있다.

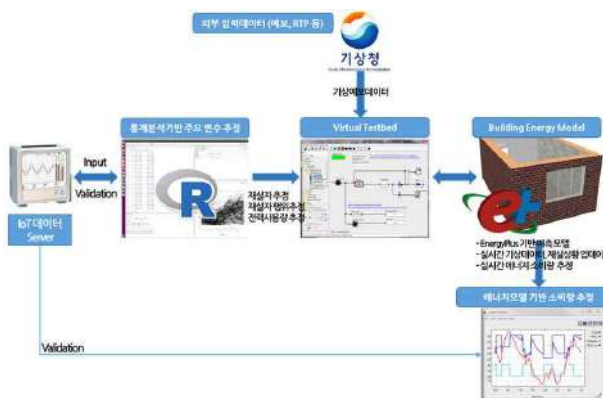


그림 3. 실시간 IoT정보 기반 MPC환경 구축 개념도

4. 실제 건물에너지 사용량 추정결과 검증

구축 MPC환경은 실시간 IoT정보를 처리하여 재실정보 및 재실과 관련한 각종 에너지소비 기기의 운영현황을 반영하고 이를 입력받은 EnergyPlus가 현재의 외부기상을 반영하여 에너지소비량을 추정하도록 구성하였다. 이를 통해 도출된 추정된 실시간 에너지소비량을 해당 기간 실제 측정된 소비량과 비교하였다.

에너지소비량은 조명, 기기, 냉난방기기의 소비량으로 분류하여 측정하였기 때문에 각 용도별 소비량 추정결과

를 그림 4와 같이 비교하였다.

시뮬레이션 결과는 정밀한 건물에너지 모델의 보정을 실행하기 전의 결과를 보여주고 있다. 일반 기기의 경우 최고, 최저 전력사용수준에 대한 보정이 필요한 것으로 보이며, 조명은 실제 운영상황을 정확히 모사하고 있는 것으로 나타났다. 냉난방기기의 경우 냉난방기기의 부분 부하시 운전특성을 보다 정밀하게 반영할 필요성이 있는 것으로 나타났다. 하지만, 실제 건물의 운영상황을 반영함에 따른 모든 기기들의 운전, 비운전 상황을 상당히 정확하게 반영하고 있는 것으로 나타났다.

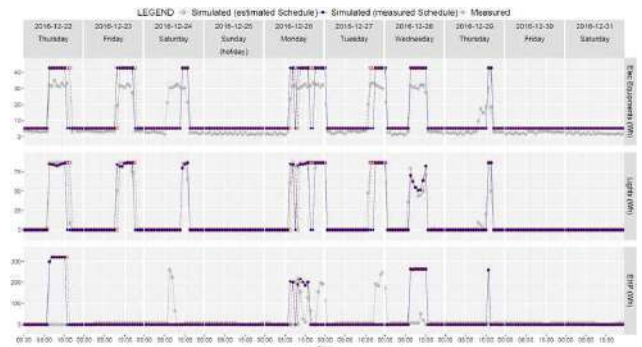


그림 4. MPC환경 시뮬레이션 결과와 실제 사용량 비교결과

5. 결 론

본 연구는 현재 에너지모델의 정교한 보정이 추가적으로 필요한 것으로 보이나, 이러한 보정이 이루어지면 상당히 정확한 수준의 에너지 소비량 추정이 각 말단 에너지소비 분야별로 가능할 것으로 예상된다.

본 개발환경을 개선하여 보다 장기적인 운영을 통한 성능분석이 필요할 하며, 이러한 과정을 통해 보다 일반적인 다중이용 공간에 대한 적용으로 확장할 계획이다.

참고문헌

1. Jie Zhao, Khee Poh Lam, B.Erik Ydstie and Omer T.Karaguzel, EnergyPlus model-based predictive control within design-build-operate energy information modelling infrastructure, (2015), Journal of Building Performance Simulation, 8:3 121-134
2. 김대원, 건물에너지 효율 향상을 위한 통합평가진단시스템 기술개발 및 실증, 우리젠, ICIBS 2016, 2016
3. 김석호, 서동현, 재실여부가 반영된 MPC환경구축 및 조명제어의 성능 평가, 한국건축환경설비학회논문집, 11(6), 2017
4. 김진, Optimal Control System for Building HVAC Energy, 나라코트몰, 2011
5. 문현준, 최민석, 안경아. (2013). BCVTB를 활용한 시뮬레이션 기반 BEMS 제어 방법 및 환기 시스템 적용. 대한건축학회 논문집 - 계획계, 29(6), 255-262.

○이 재 훈* 채 영 태**
Lee, Jae-Hoon Chae, Young-Tae

Abstract

Recently, as the demand for Data Center grew rapidly, enormous cooling energy was consumed to stabilize servers for high power IT equipment. To solve these problems, it is necessary for energy saving by changing the cooling system. Currently research on the heat source system has not been conducted. Also additional system performance improvement and equipment control strategy are needed. In this study, storage tank was added to the ground source heat pump, which has higher cooling energy saving compared to other heat sources of the existing research And the optimal saving method to dynamic energy simulation program to achieve saving cooling energy.

키워드 : 데이터센터, 냉방시스템, 지열히트펌프, 축열조, 최적화

Keywords : Data center, Cooling system, GSHP, Storage tank, Optimization

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

데이터센터의 에너지 사용량 중 냉방에 사용되는 에너지 비율은 38%이며 냉방 에너지 소비량이 증가하고 있어 IT 전체 부문(55%)과의 에너지 비율 차이와 좁혀지고 있다.¹⁾ 따라서 냉방 에너지 소비량을 절감하기 위해서는 데이터센터 내 효과적인 냉방시스템에 대한 연구가 필요한 상황이다. 현재 냉방시스템에 관한 연구 중 열원시스템에 관한 연구는 비교적 초기단계에 머물러 있으며 추가적인 시스템 성능개선 및 장비제어전략이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 동적 에너지 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 효율적인 냉방에너지 절감 목표 달성을 위해 기존 연구²⁾의 열원시스템 중 냉방에너지 절감량이 높은 지열히트펌프를 선정하였다. 장비제어전략 부문에서는 축열조를 추가하여 축열조의 용량에 따른 데이터센터의 사용량을 분석하여 최적의 절감방안을 모색하였다.

2. 연구방법

2.1 시뮬레이션 개요

대상건물은 충남 공주시에 위치한 데이터센터로 서버관리실의 면적은 그림 1 내 표시된 면적(2,100㎡)에 해당한다. 설정조건은 표 1에서 볼 수 있듯이 건물 특성상 조명부하를 제외한 일반적인 실내부하가 없으며 IT 장비용량은 200W/㎡로 설정하였다. 서버관리실 내 냉방 목표온도는 ASHRAE에서 지정한 Class A1에 해당되는 24℃이며 기상데이터는 공주시의 기상데이터와 성질이 같은 대전 표준기상데이터로 설정하였다. 공조시스템은 VAV(가변풍량방식)으로 설정하였으며 열원시스템은 지열히트펌프 시스템에 축열조를 추가한 방식으로 하였다. 축열조 용량은 50-200㎡사이 중 10㎡단위씩 분할하여 적용하였으며 용량별 연간 데이터센터의 사용량을 분석하였다.

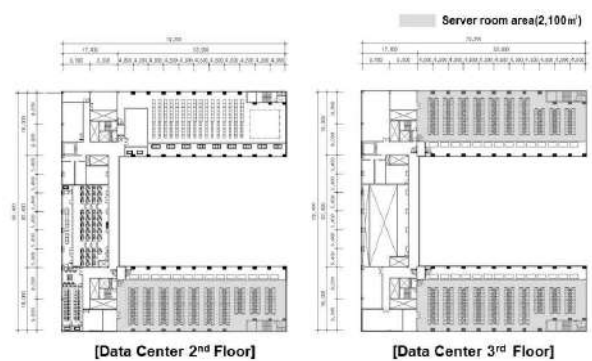


그림 1. 데이터센터 층별 평면도

표 1. 시뮬레이션 설정 조건

Element		Detail
Server room area		2,100㎡
Internal load	Light	20W/㎡
	Other	No
IT Equip. capacity		200W/㎡
HVAC system		VAV(No reheat)
Plant system		Ground source heat pump(GSHP)
Tank volume		50 - 200㎡ (per 10㎡)
Weather data		Daejeon TMY
Cooling setpoint		24℃(ASHRAE Class A1)
Performance indices		Calculate PUE

ASHRAE Class A1³⁾: 실내온도 15-32℃, 상대습도 20-80%

PUE: Whole building power/IT equipment power

2.2 최적화 개요

연구에 활용된 최적화 기법은 목적함수를 효과적으로 활용 가능한 Hooke&Jeeves 최적화 알고리즘을 적용하였다. 이 알고리즘은 변수 적용이 용이하며 설계변수가 적을 경우 최적화 효율이 우수한 장점을 가지고 있다.⁴⁾ 본 연구의 경우 최소 연간 냉방 에너지 소비량 도출을 위한 최적화를 식 (1)과 같이 목적함수를 설정 하여 최소 냉방 에너지 사용량일 때의 축열조 용량을 도출하였다.

* 청주대 대학원 석사과정

** 청주대 건축공학과 교수, 건축학박사

(교신저자 : ychae@cju.ac.kr)

$$\min f_{(n,t)} = \sum_{n=1}^{365} \sum_{t=1}^{24} (E_{Bldg} + E_{HVAC} + E_{Cool} + E_{Plant}) \quad (1)$$

여기서,

$f_{(n,t)}$: 연간 냉방 에너지 소비량 (n:일수 t:시간)

E_{Bldg} : 건물 내 일반 전력 사용량 (조명+재실+장비)

E_{HVAC} : 공조시스템 전력 사용량

E_{Cool} : 실내 냉방에 필요한 전력 사용량

E_{Plant} : 열원시스템 전력 사용량

3. 연구결과

축열조 용량 크기에 따른 데이터센터의 연간 총 냉방 사용량 분석 결과, 그림 2와 같이 50~120m³ 구간에선 용량이 증가할수록 냉방 사용량은 절감되다가 120m³ 이상 용량이 증가할 경우 절감량이 크게 나타나지 않았다. 이는 50~140m³ 사이의 축열조의 경우 공조기의 사용시간을 줄여 사용량을 절감하지만 용량이 140m³ 이후서부터는 서버룸 면적 및 장비부하에 비해 과설비가 되어 전력 사용량 및 냉방 사용량이 증가하여 총 사용량이 증가된 것으로 사료된다. 또한 최적화 알고리즘을 적용 후 GenOpt 프로그램을 활용하여 최적화 한 결과 141.25m³의 용량이 도출되었는데 그림 2에서 볼 수 있듯이 두 사용량의 추세 곡선이 교차할 때의 용량과 일치한 것으로 나타났다.

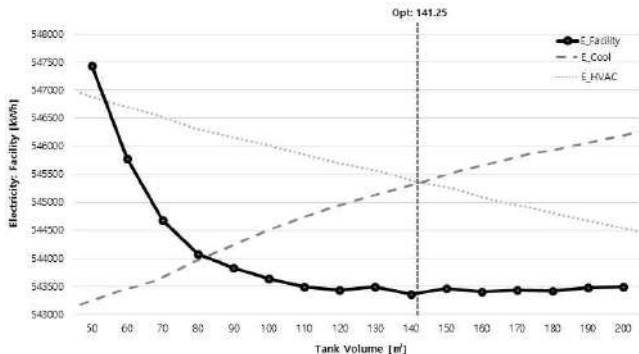


그림 2. 축열조 용량별 데이터센터의 연간 전체 사용량

표 2는 상단의 결과를 30m³ 마다 정리한 표이다. 용량이 50m³에서 80m³으로 증가하였을 때 3,352kWh이 절감하였다. 110m³ 용량 이후서부터는 절감량이 4000kWh 초반대로 나타나는데 이는 용량의 증가함에 따라 축열조의 요구되는 전력 사용량 및 펌프의 전력 사용량이 증가하면서 총 사용 절감량은 변화가 없는 것으로 사료된다. 최적화 기법으로 도출한 용량(141.25m³)은 일반 축열조 용량(50m³) 대비 4,082kWh의 가장 높은 냉방 사용 절감량이 도출되었다.

표 2. 축열조 용량에 따른 사용량 및 절감량

축열조 용량(m³)	사용량(kWh)	절감량(kWh)
50	547,438	-
80	544,086	3,352
110	543,496	3,942
140	543,362	4,076
141.25	543,356	4,082
170	543,430	4,008
200	543,488	3,950

※ 절감량은 축열조 용량 50m³ 대비 절감량을 뜻함

4. 결 론

본 연구는 데이터센터의 냉방에너지를 절감하기 위해 지열히트펌프에 축열조를 추가한 시스템 내 축열조 용량 변화에 따른 연 전체 냉방 사용량을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같이 정리된다.

1. 축열조의 용량이 증가할수록 냉방 사용량은 절감되다가 120m³ 이상 용량이 증가할 경우 절감 변화가 크게 나타나지 않는다.

2. 최적화 기법을 통해 도출한 용량 141.25m³ 일때 최저 냉방 사용량을 보였는데 이는 공조시스템 사용량과 냉방 사용량의 추세 곡선이 교차할 때의 용량과 일치한다.

3. 최적화 기법으로 도출한 용량(141.25m³)으로 설정하였을 경우 일반 축열조 용량(50m³) 대비 연간 4,082kWh 절감을 보였다.

향후 열원 성능개선 및 추가적인 장비제어전략을 통해 데이터센터의 에너지 절감요소를 탐색할 예정이다.

참고문헌

1. Clarke Energy, Data Center CHP, 2015
2. 이재훈, 채영태, 신재생에너지 기반 데이터센터의 열원시스템 개선 방안 연구, 한국지열에너지학회 동계학술발표대회, 53 (2), 2017
3. ASHRAE TC 9.9, Thermal Guidelines for Data Processing Environment - Expand Data Center Classed and Usage Guidance, 2011
4. C. J. Price, B. L. Robertson, M. Reale, A hybrid Hooke and Jeeves - Direct method for non-smooth optimization, University of Canterbury, New Zealand, 2008

군용항공기의 소음에 대한 비행장 건물의 차음도 조사

Survey on sound insulation performance of military aircraft noise

○김 용 성*

한 찬 훈**

Kim, Yong-Seong Haan, Chan-Hoon

Abstract

Aircraft-related buildings are located around the runway where both civil aircraft and military aircraft operated. Aircraft noise causes depression, anxiety, and stress, depending on the degree of noise exposure. And it reduces the working efficiency of occupants handling aircraft-related tasks. Especially, in the case of military airport, there are crowded buildings nearby the runway. So that the aircraft noise may makes severe damages. This study investigated the sound insulation performance of buildings some insulation of the buildings near the runway.

키워드 : 항공기소음, 등가소음레벨, 차음성능

Keywords : Aircraft noise, equivalent continuous A-weighted sound pressure level, sound insulation performance

1. 서 론

1.1 연구의 목적

항공기가 이·착륙을 하는 활주로주변에는 항공기에 관련된 건물들이 위치해 있다. 항공기 소음은 소음의 노출의 정도에 따라 우울과 불안 및 스트레스를 유발하고 항공기에 관련된 업무를 처리하는 거주자의 업무효율을 저하시킨다. 특히 군용항공기의 경우 군부대지역 안에, 사무건물은 물론 장병들이 거주하는 숙소건물들이 밀집되어 있어 항공기 소음에 대한 거주자들의 피해가 막심하다. 본연구는 수음원인 활주로 인근 건물들의 차음성능을 강화하기 위해 앞서 각각의 건물들의 차음성능을 조사하였다.

2. 실험방법

2.1 대상선정

국내 군용 비행장의 총 12개의 동을 선정하였으며, 그 중 군용항공기 활주로와 가까운 곳에 위치해 있는 업무시설 9개 동과 활주로와 비교적 먼 곳에 위치해 있는 주거건물 3개 동을 나누어, 각각의 건물에서 활주로와 가까운 실을 선정하여 외부와 내부에서 동시에 측정하였다.

항공기 소음을 음원으로 사용하였으며 KS F 2235에 의거하여 다음의 정의가 적용된다.

L_{eq} : 등가소음레벨(dB(A))

L_{max} : 최고소음레벨(dB(A))

$L_{1,2m}$: 외벽 전방 2m에서의 음압레벨(dB(A))

L_2 : 수음실의 음압레벨(dB(A))

$D_{2m}(=L_{1,2m}-L_2)$: 음향레벨차(dB(A))

2.2 마이크로폰(수음점)의 위치

외부측정은 수음점을 외벽 바깥쪽 전면부 중앙 부위에

서 외벽면으로부터 2.0m 떨어진 거리에 바닥 위 1.5m에 위치시켜 측정하였다.

내부측정은 수음점을 수음실 중앙 바닥 위 1.2m에 위치하였으며 수음점과 물체와의 거리는 0.5m 이상으로 하였다.

3. 측정결과

아래의 그림들은 선정된 건물들에서 배경소음 및 군용항공기소음을 실외와 실내에서 측정한 데시벨(dB(A))값을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 1은 건물의 실내·외 배경소음을 등가소음레벨(L_{eq})로 측정한 것이다.

미국 공조, 냉동 난방 기술자협회(ASHRAE)에서 실내 배경소음기준을 제시하고 있으며 주거건물의 경우 40 dB(A)이하, 일반 사무실의 경우 45dB(A)이하를 권장하고 있다. 그림 1의 측정 결과에서 대부분의 건물들이 권장기준을 만족하고 있으나 I동(업무시설)의 경우 권장기준에 1.9 dB(A)를 초과하였으며 J동(주거건물)의 경우 4.1dB(A)를 초과하고 있다.

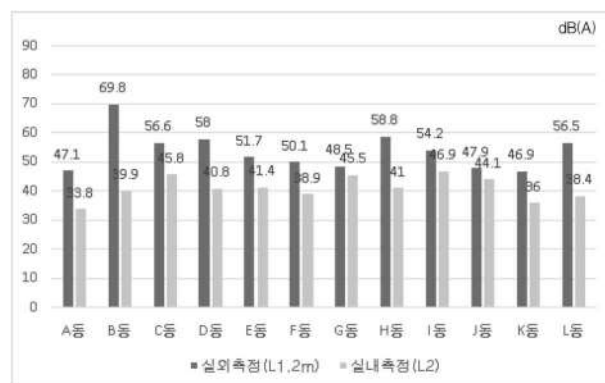


그림 1. 배경소음(L_{eq})

그림 2와 그림 3은 군용항공기소음에 대하여 업무시설들의 각각의 건물에서 실내·외 소음레벨을 측정한 것으로 그림3의 경우 등가소음레벨(L_{eq})과 등가소음레벨차(D_{2m})의 데시벨(dB(A))값이며 그림 4는 최고소음레벨(L_{max})과 최고소음레벨차(D_{2m})의 데시벨(dB(A))값이다.

* 충북대학교 건축공학과 대학원 석사과정

** 충북대학교 건축공학과 교수

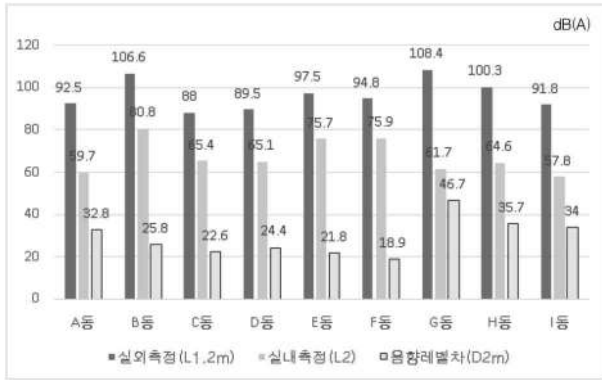


그림 2. 군용항공기소음에 대한 업무시설의 등가소음레벨(LAeq)

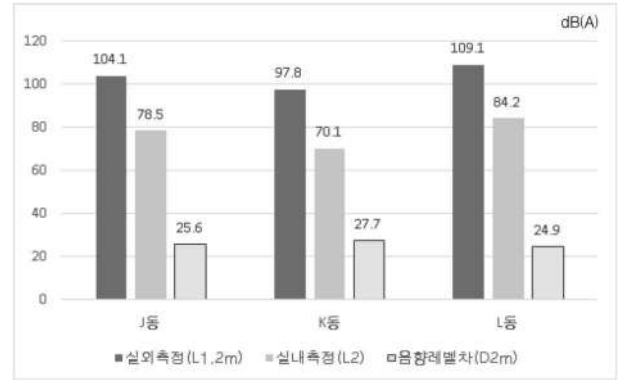


그림 5. 군용항공기소음에 대한 주거건물의 최고소음레벨(LAmax)

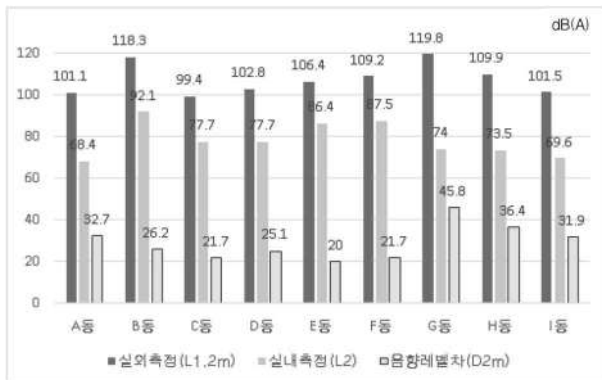


그림 3. 군용항공기소음에 대한 업무시설의 최고소음레벨(LAmax)

업무시설의 경우 모든 건물에서 항공기소음에 대한 실내 등가소음레벨(Leq)이 권장기준인 45dB(A)를 초과하고 있으며 실외 등가소음레벨(Leq)의 경우 환경정책기본법 기준인 65dB(A)를 초과하고 있다. 업무시설의 경우 B동과 G동이 비슷한 소음도가 보임에도 불구하고 실내 등가소음레벨(LAeq)은 차이가 나는 것으로 보인다.

그림 4과 그림 5는 군용항공기소음에 대하여 주거건물들의 각각의 건물에서 실내·외 소음레벨을 측정 한 것으로 그림5의 경우 등가소음레벨(Leq)과 등가소음레벨차(D2m)의 데시벨(dB(A))값이며 그림 6는 최고소음레벨(Lmax)과 최고소음레벨차(D2m)의 데시벨(dB(A))값이다.

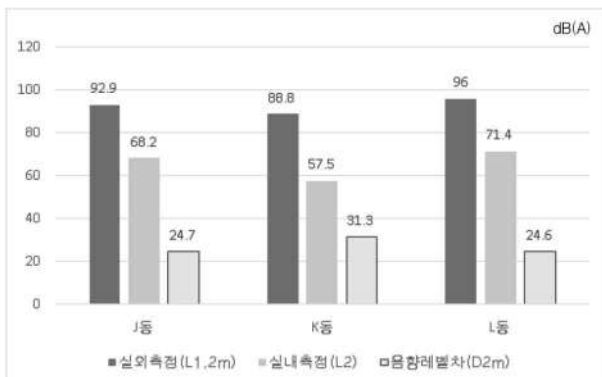


그림 4. 군용항공기소음에 대한 주거건물의 등가소음레벨(LAeq)

주거건물 또한 모든 건물에서 항공기소음에 대한 실내·외 등가소음레벨(Leq)이 45dB(A)과 65dB(A)를 초과하고 있다. K동의 경우 세 건물들 중 가장 낮은 소음도를 보임에도 불구하고 권장기준보다 실내는 25.1dB(A), 실외는 32.8dB(A)를 초과하고 있으며, 가장 큰 소음도를 보이는 L동은 실내 39.2dB(A), 실외 44.1dB(A)의 차이를 보여 L동의 경우 높은 차음성능을 필요로 하는 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구는 항공기 활주로 인근에 위치해 있는 12개의 건물들을 업무시설과 주거건물로 나누어 각각의 건물들의 실내·외 소음도와 차음성능을 조사하였다.

첫째 12개의 건물들의 실내·외 등가소음레벨(Leq)은 평균 67dB(A), 95.6dB(A)으로 전반적으로 기준에 비해 높은 소음도를 보인다.

9개의 업무시설의 실외 등가소음레벨(Leq)은 평균 96.6dB(A)로 환경정책기본법 기준인 65dB(A)보다 약 31.6dB(A)이 높다. 실내 등가소음레벨(Leq) 또한 평균 67.4dB(A)로 미국 공조, 냉동 난방 기술자협회 (ASHRAE) 권장기준인 45dB(A)보다 약 22.4dB(A)이 높으며, 그 중 B, E, F동은 85dB(A) 이상의 실내 등가소음레벨(Leq)을 보이고 있다.

3개의 주거건물의 실외 등가소음레벨(Leq)은 평균 92.6dB(A)로 환경정책기본법 기준인 65dB(A)보다 약 31.6dB(A)이 높으며 실내 등가소음레벨(Leq) 평균 65.7dB(A)로 권장기준 보다 20.7dB(A) 높은 소음도를 보인다.

참고문헌

1. e-나라 표준인증, KS F 2235, 외벽 및 외벽 부재의 공기 전달음 차단 성능 현장 측정
2. 국토교통부예규, 항공기 소음측정 업무 지침, 제185호, 2017. 8.1., 일부개정
3. 국가법령정보센터, 소음·진동관리법 시행규칙, 환경부령 제74 5호, 2018.1.17., 타법개정

건축물 태양반사광에 대한 인근 거주민의 인식조사 연구

An Analysis of the Surrounding Residents Survey on Building Reflected Sunlight

○최 정 빈* 정 유 근**
Choi, Jeong-Bin Chung, Yu-Gun

Abstract

The purpose of this study was to analyze the residents subjective reactions of building reflected sunlight. For the study, the 5 building constructed with high reflectance materials are selected among 11 new buildings in seoul area. The survey are conducted by 152 residents according to the questionnaire position, residence period, experience and prior knowledge. As results, the closer the questionnaire position is, the need for legal regulation of reflected sunlight increases. Also, the residence period and prior knowledge increase, the effects on reflected sunlight increase. Long-term residents of more than 8 months replied that there is a need for legal regulation of 60%. As a further investigation, the survey of surround building residents should be required.

키워드 : 태양반사광, 인근 거주민, 설문조사

Keywords : Reflected Sunlight, Surrounding Residents, Subjective Survey

1. 서 론

1.1 연구의 목적

주간에 건축물에 반사되는 태양광에 의한 눈부심 등 피해사례가 보고되고 이와 관련한 법정소송이 진행되는 등 사회적 문제로 대두되고 있다. 국내외에서도 다양한 관련연구가 수행되어 왔으며 시뮬레이션 또는 현장측정 등을 통하여 피해발생 범위 및 피해정도를 평가하고 있다. 특히 국외 연구의 경우에는 절대휘도 개념을 도입하여 불쾌 또는 불능 glare를 발생할 수 있는 표면휘도를 정의하고 있는 실정이다.

그러나 이들 연구들은 주로 태양광에 의한 건축물의 표면휘도 및 반사거리 등 물리적 피해발생 여부를 평가하고 있으나 실제적 피해를 받을 수 있는 인근 거주민의 반응에 관한 연구는 수행되고 있지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 실제 건축물 태양반사광 발생이 예측되는 건축물 인근 거주민을 대상으로 눈부심에 대한 인지여부와 피해정도를 설문조사를 통해 평가하고자 한다.

이를 위해 건축물 태양반사광이 발생하는 서울 및 수도권지역 5개 건축물을 선정하여 모두 152명의 거주민을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문내용은 대상 건물과의 거리, 태양반사광에 대한 사전지식 및 경험 그리고 거주기간 등에 따라 눈부심 피해정도를 평가하였다.

2. 설문조사 개요

2.1 평가대상 건물의 선정

태양반사광에 의한 빛공해 발생이 예측되는 건축물을 선정하기 위해 모두 11개의 신축 건축물을 답사하였고 이 중 5개의 건축물을 연구대상으로 선정하였다. 선정된 건축물은 철골/철근콘크리트 구조로 주요 외장재로 알루미늄

패널과 복층유리 등 고반사율 재료로 구성되어 있다. 선정된 건축물 외관은 그림 1과 같다.



그림 1. 평가대상 건축물

2.2 설문지 구성

태양반사광의 영향을 평가하기 위한 설문지는 응답자의 기본정보에 관한 4문항, 건축물 반사 태양광에 대한 사전지식에 관한 3문항 그리고 태양반사광의 눈부심 여부에 관한 4문항으로 구성되어 있다. 또한, 설문조사 위치를 태양반사광 건축물과 근거리(50m 이내), 중거리(50~100m) 그리고 원거리(100m 이상)로 나누어 실시하여 거리 변화에 따른 거주민의 주관적 반응을 분석하였다.

3. 설문결과 분석

3.1 일반사항 분석

설문조사에 참여한 응답자의 성별은 남성 91명(60.7%) 과 여성 59명(39.9%)이며 연령대는 20대 49명(32.7%), 30대 66명(44.0%), 40대 24명(16.0%) 그리고 50대 이상 10명(6.7%)로 분석되었다. 응답자의 직업 및 거주기간은 그림 2와 같다.



그림 2. 응답자의 직업 및 거주기간

* 한국교통대 대학원 석사과정

** 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : ygchung@ut.ac.kr)

이 연구는 2017년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:NRF-2017R1D1A1A02018495

설문조사 위치에 따른 응답자는 근거리 63명(41.4%), 중거리 45명(29.6%) 그리고 원거리 44명(28.9%)인 것으로 분석되었다. 이 때, 설문조사 이전에 건축물 태양반사광에 대한 사전지식 및 경험여부에 대한 응답자의 반응은 그림 3과 같다.



그림 3. 사전지식 및 경험의 유무

3.2 태양반사광 영향 분석

건축물 태양반사광에 대한 응답자의 반응은 표 1과 같다. 전체 응답자 중 약 40%의 응답자가 태양반사광 인지 및 눈부심에 대해 빈번히 있는 것으로 응답하였다. 이때 단순방자를 제외한 6개월 이상 장기거주 응답자는 약 50%로 증가하여 태양반사광에 더 많이 노출되는 것으로 분석되었다. 특히 법적규제 필요성에 대하여 장기거주 응답자의 60%가 높게 인식하는 것으로 분석되었다.

표 1. 건축물 태양반사광에 대한 반응

	반사광 인지		눈부심 경험		규제 필요성	
	전체	장기거주	전체	장기거주	전체	장기거주
매우 크다	52명 34.2%	47명 41.6%	25명 16.4%	22명 19.5%	22명 14.5%	20명 17.7%
종종 있다	4명 2.6%	4명 3.5%	39명 25.7%	34명 30.1%	55명 36.2%	48명 42.5%
보통	40명 26.3%	34명 30.1%	43명 28.3%	17명 15.0%	55명 36.2%	39명 34.5%
거의 없다	26명 17.1%	20명 17.7%	25명 16.4%	17명 15.0%	16명 10.5%	6명 5.3%
전혀 없다	30명 19.7%	8명 7.1%	20명 13.2%	3명 2.7%	4명 2.6%	-

표 2는 건축물 태양반사광 눈부심 정도에 대한 응답자의 반응을 분석한 결과이다. 분석결과 전체 응답자에 비해 단순방자를 제외한 장기 거주자의 태양반사광에 대한 반응이 부정적으로 증가하는 것으로 분석되었다.

표 2. 건축물 태양반사광에 의한 눈부심

	전체	장기거주	
	인원(%)	인원(%)	변동
지각할 수 없는(Imperceptible)	30(19.7%)	5(4.4%)	-15.3%
지각 가능한(Just Perceptible)	12(7.9%)	10(8.8%)	+0.9%
인지하는(Noticeable)	9(5.9%)	6(5.3%)	-0.6%
단기 불편한(Just Uncomfortable)	33(21.7%)	30(26.5%)	+4.8%
불편한(Uncomfortable)	39(25.7%)	35(31.0%)	+4.3%
참기 어려운(Just Intolerable)	22(14.5%)	20(17.7%)	+3.2%
참을 수 없는(Intolerable)	7(4.6%)	7(6.2%)	+1.6%

3.3 응답자간 차이분석

응답자의 설문위치에 따른 응답자의 반응은 '빛공해로 법적규제 필요성' 항목에 유의한 차이가 있으며 설문위치와 태양반사 건축물과의 거리가 가까울수록 법적규제 필요성을 높게 인식하는 것으로 분석되었다(표 3). 거주기간에 대하여는 모든 설문항목에서 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었고 거주기간이 비례하여 부정적 응답이 증가하는 것으로 분석되었다(표 4). 또한 태양반사광에 대한 사전지식 여부에 따라 유의한 차이가 있으며 사전지식이 있는 응답자가 태양반사광의 영향을 더 심각하게 인식하는 것으로 분석되었다.

표 3. 설문위치에 따른 응답자 반응

		제곱 합	df	평균 제곱	F	유의확률
법적규제 필요성	집단 간	8.012	2	4.006	4.592	0.012
	집단 내	129.982	149	0.872		
	총계	137.993	151			

표 4. 거주기간에 따른 응답자 반응

		제곱 합	df	평균 제곱	F	유의확률
태양반사광 인지정도	집단 간	84.348	7	12.050	6.440	0.000
	집단 내	265.712	142	1.871		
	총계	350.060	149			
태양반사광 눈부심 경험	집단 간	55.011	7	7.859	6.093	0.000
	집단 내	183.149	142	1.290		
	총계	238.160	149			
태양반사광 눈부심 정도	집단 간	183.811	7	26.259	11.665	0.000
	집단 내	319.663	142	2.251		
	총계	503.473	149			
법적규제 필요성	집단 간	30.399	7	4.343	5.759	0.000
	집단 내	107.075	142	0.754		
	총계	137.473	149			

4. 결 론

연구는 주변 거주민의 주관적 반응을 분석하여 건축물 태양반사광 문제점을 평가하였다. 분석결과 거주기간, 사전지식 등에 따라 태양반사광에 대한 인식에 차이가 있으며 문제점이 크게 인식하며 장기 거주민의 60% 이상이 법적규제의 필요성이 높은 것으로 분석되고 있다. 연구는 건축물 주변을 이용하는 거주민을 대상으로 실시되어 실제 피해가 예상되는 건축물에 상주하는 거주민에 대한 추가 조사가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 정유근, 태양반사광 국내외 실태 및 빛공해 발생가능성 평가, 한국생태환경건축학회 18(1), 2018
2. Marcin Brezicki, The Influence of Reflected Solar Glare Caused by the Glass Cladding, Civil and Infrastructure Engineering15(4), 2012

현장측정을 통한 건축물 태양반사광 측정

Sunlight Reflection Evaluation of Building through Field Measurement

○최 정 빈* 정 유 근**
Choi, Jeong-Bin Chung, Yu-Gun

Abstract

The recent reports indicate that light pollution due to reflected sunlight can pose a social problem as well. This study aims to analyze the possibility of light pollution caused by sunlight reflection by field measurement. For the study, we choose the 5 buildings with glass facade and performed the field measurement under clear sky conditions. As a results, the reflected sunlight from the high reflectance curtain wall building shows a high surface luminance and it is expected the light pollution. The reflected Sunlight luminance shows maximum 110,000cd/m² from minimum 8,000 cd/m². Also, glare possibility is highly analyzed. The further study is required to carry out various variables of sunlight reflection.

키워드 : 빛공해, 태양반사광, 현장측정, 외장재, 불능현황

Keywords : Light Pollution, Sunlight Reflection, Field Measurement, Exterior Materials, Disability Glare

1. 서 론

오늘날 초고층 건물이 급격하게 증가함에 따라 시공이 다른 공법에 비해 보다 공기가 짧고 구조형태가 편리한 커튼월 건물이 많아지고 있다. 특히, 건축물 외관과 구조적 특성으로 고반사율 외장재의 사용은 주간에 태양반사광을 주변 건축물 또는 보행자에게 반사하여 시각적 불쾌감 및 사회적 분쟁을 야기하고 있다. 연구는 최근 컬러복층유리로 시공된 건축물을 대상으로 현장측정을 통해 건물외관의 표면휘도를 분석함으로써 태양반사광에 따른 광공해 발생 가능성을 분석하고자 한다. 연구결과는 태양반사광 관련 연구를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 현장측정 개요

2.1 대상건물 선정

본 연구에 있어서 적합한 대상 건물을 선정을 하기 위해 국내에서 태양반사광을 유발하여 피해가 발생할 수 있는 건물들을 조사하였다. 태양반사광으로 인한 빛공해의 발생율이 높다고 예상되는 고층 커튼월 건물을 선정하였다. 총 5개의 고층 커튼월의 건물을 선정하여 현장측정을 실시하였다.

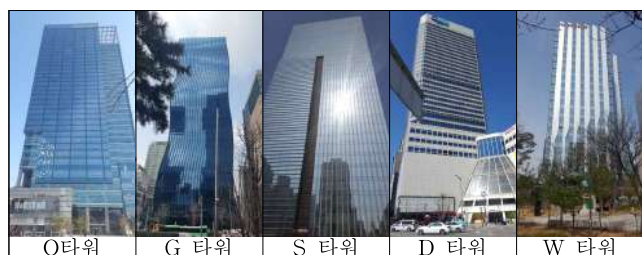




그림 1. 측정장비 성능

2.2 측정 장비 개요

태양반사광 현장측정에 사용된 장비는 대면휘도계(Qbism HEXA70 area colorimeter)를 사용하였다. 주간의 높은 건축물 표면휘도 측정을 위해서는 렌즈에 유입되는 광원의 밝기를 조절할 필요가 있다. 이를 위해 ND16 필름을 대면휘도계에 적용하여 측정 가능한 휘도범위는 1 ~ 120,000cd/m²로 확장하였고 렌즈에 직접 유입되는 광원의 밝기가 줄어들어 더욱 정확한 측정이 가능하게 되었다. 또한, 현장측정 시 측정지역에 전천공 휘도계(HD 2101)를 사용하여 휘도(cd/m²)와 조도(lux)를 같이 측정하였으며, 측정 장비의 성능은 다음 표1과 같다.

표 1. 측정장비 성능

	렌즈종류	8~16mm
	필터유형	CIE 1931 XYZ
	측정거리	1000×1500mm
	휘도/색도	±3%/±0.005
	휘도측정범위	0.1~10000cd/m ²
	사이즈	150×200×100
	통신	USB&RS232C
	측정단위	cd/s, cd/m ² , lux 등
	메모리 용량	38,000 Data
	저장간격	1초~3600초(1시간)
	사용 온/습도	-5~50℃/0~90%RH
	디스플레이	Dual 4.5 digits

2.3 현장 측정 및 분석방법

현장측정 대상인 5개의 고층 커튼월 건물을 기준으로 주변 건물 또는 보행자에게 태양반사광의 영향이 가장 높을 것으로 판단되는 남측면을 대상으로 실시하였고, 측정준비 및 태양광 반사시간 등을 고려하여 오전 10시부터 오후 16시까지 30분 간격으로 현장측정을 실시하였다. 또한, 전천공 휘도계의 측정은 오전 10시부터 오후 16시까지 15분 간격으로 측정하였다.



그림 2. 태양반사광 현장측정 사진

* 한국교통대학교 대학원 석사과정
** 한국교통대학교 건축공학과 교수, 공학박사
(교신저자 : ygchung@ut.ac.kr)

이 연구는 2017년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:NRF-2017RID1A1A02018495

표 2. 현장측정 표면휘도 및 천공휘도,조도

시 간	O타워			G타워			S타워			D타워			W타워		
	표면 휘도 (cd/m²)	천공 휘도 (cd/m²)	천공 조도 (lux)	표면 휘도 (cd/m²)	천공 휘도 (cd/m²)	천공 조도 (lux)	표면 휘도 (cd/m²)	천공 휘도 (cd/m²)	천공 조도 (lux)	표면 휘도 (cd/m²)	천공 휘도 (cd/m²)	천공 조도 (lux)	표면 휘도 (cd/m²)	천공 휘도 (cd/m²)	천공 조도 (lux)
10:00	11491	2682	42410	12402	9731	8507	111109	5005	41650	121552	2960	78020	41968	6455	54810
10:15		2897	44040		9764	8700		5068	42940		3136	78060		5186	64610
10:30	7863	3073	55900		10347	9763		5131	42270		2699	78470		5345	64990
10:45		4422	60120	37965	10731	10504	111132	6233	43340	121626	3306	78030	33499	5648	65760
11:00		4474	59360		10090	11419		6728	51210		3284	78750		5996	62630
11:15	8006	4862	62130	15306	13570	12630	111128	12472	45220	121607	3105	78890	25628	6860	50940
11:30		4063	62390		17582	12732		7142	67450		3460	78380		7324	52540
11:45	8542	5234	66100	111090	19007	13564	111155	5616	66220	94205	3504	85400	22937	8267	51530
12:00		3578	64510		6849	13993		6470	61840		3678	84010		8152	52410
12:15	8640	3409	66480	111139	12548	18367	111134	7212	69030	121586	3710	84650	26228	11732	44660
12:30		3734	68800		19307	14135		6176	73700		3592	84970		10775	17268
12:45	12904	3882	68300	111109	10248	14615	111121	6108	70060	121615	3631	84570	17720	10478	59830
13:00		4261	66220		6137	11310		5131	50180		3595	84020		10268	61830
13:15	19445	4080	64100	16469	10661	14956	111125	5059	63490	112186	3297	83560	8300	10394	37930
13:30		4079	61520		9663	12921		5061	64040		3278	95160		12952	51290
13:45	110961	4069	61320	14315	11037	9124	111095	4722	61860	107754	2906	77070	10792	6983	74190
14:00		3891	58780		12074	9685		5102	62840		2688	61420		8150	71310
14:15	54776	3760	56350	14608	5134	7438	13142	4952	54910	10100	2560	75460	11466	4632	57160
14:30		3730	55650		7516	6524		4544	45070		2356	37660		5602	39400
14:45	111109	3644	54350	16472	8487	7725	12559	4948	56440	80755	2082	69540	13451	4894	63520
15:00		3919	40730		10383	10680		5086	41100		2027	65860		5371	68600
15:15	111123	3682	45400	13768	7407	10478	8917	4851	10654	121607	1981	65720	121585	5604	67840
15:30		3658	29330		5278	7590		5055	10543		1943	64840		4604	46630
15:45	111109	2710	21650	111119	7541	8539	8941	4505	10488	121590	1870	63610	121613	5010	66920
16:00	111111	2725	42670	111112	6750	9211	9599	4368	15455	121586	1831	61870	85611	5339	61270
최대값	111123	5234	68800	111139	19307	18367	111155	12472	73700	121626	3710	95160	121613	12952	74190
최소값	7863	2682	21650	111112	5134	6524	8917	4368	10488	10100	1831	37660	8300	4604	17268
평균	52852	3781	55144	38221	10314	11004	72474	5710	48880	105982	2899	75120	41600	7281	56395

3. 현장측정 평가

3.1 천공휘도 및 조도 평가

현장측정일의 기상변화에 따른 천공휘도와 조도를 측정하였다. 천공휘도는 O타워에 평균 3,781cd/m², G타워에 평균 10,314cd/m², S타워에 평균 5,710cd/m², D타워에 평균 2,899cd/m², W타워에 평균 7,281cd/m²로 분석되었다. 천공조도는 O타워에 평균 55,144lux, G타워에 평균 11,004lux, S타워에 평균 48,880lux, D타워에 평균 75,120lux, W타워에 평균 56,395lux로 분석되었다. 측정일의 천공휘도와 조도는 그림 3와 같다.

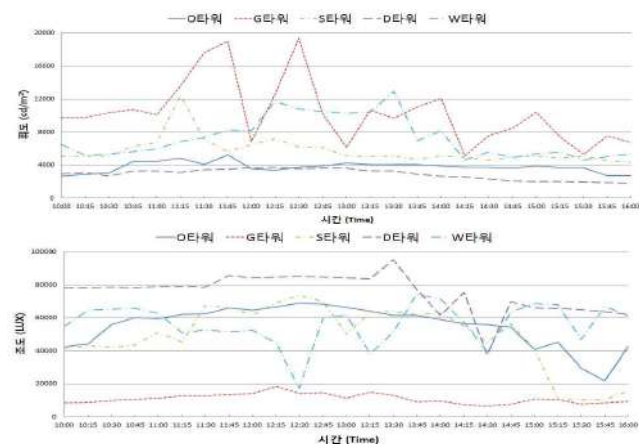


그림 3. 측정장비 성능

3.2 건물의 표면휘도 평가

측정건물들의 남측면을 대상으로 실시한 시간에 따른 표면휘도의 O타워 표면휘도는 7,863~111,123 cd/m²이며, 일일 평균 52,852cd/m², G타워 표면휘도는 11,112~111,139 cd/m²이며, 일일 평균 38,221cd/m², S타워 표면휘도는 8,917~111,139 cd/m²이며, 일일 평균 72,474cd/m², D타워 표면휘도는 10,100~121,626 cd/m²이며, 일일 평균 105,982cd/m², W타워 표면휘도는 8,300~121,613 cd/m²이며, 일일 평균 41,600cd/m² 분석되었다.

4. 결 론

측정결과 고층 커튼월 건물로부터 발생되는 태양반사광은 높은 표면휘도를 나타내고 있으며, 이는 태양반사광으로 인한 피해가 발생할 가능성이 높은 것으로 사료된다. 그러나 여러 건물들의 측정을 통하여 태양반사광의 발생여부를 판단할 수는 있지만, 태양반사광의 반사거리 및 각도 등의 변수를 반영하지 못 하였다. 그러므로 추후 연구에서는 태양반사광의 다양한 변수를 반영한 현장측정을 진행하고, 나아가 실제 피해를 받는 건물에 대한 현장측정을 하는 등 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 정유근 “태양반사광 국내외 실태 및 빛공해 발생가능성 평가” 한국생태환경건축학회 논문집 제89호 (vol.18, No.1), 2018
2. Marc Schiler etc., Urban Environmental Glare, PLEA2001, 2006