

비정형 패널의 형상 품질확보를 위한 적정 배합비 도출

Proper Mixing Ratio for Securing Quality of Free-form Panel

김민식¹ 박채울² 김기혁² 도성록³ 이동훈^{4*}

Kim, Min-Sik¹ Park, Chae-Wool² Kim, Ki-Hyuk² Do, Sung-Lok³ Lee, Dong-Hoon^{4*}
*Ungraduate student, Department of Architectural Engineering, Hanbat University, Yuseong-Gu, Daejeon, Korea*¹
*Master's Course, Department of Architectural Engineering, Hanbat University, Yuseong-Gu, Daejeon, Korea*²
*Professor, Department of Facilities Engineering, Hanbat University, Yuseong-Gu, Daejeon, Korea*³
*Professor, Department of Architectural Engineering, Hanbat University, Yuseong-Gu, Daejeon, Korea*⁴

Abstract

Recent developments in architectural technologies and programs have enabled architects to think creatively and design free-form architecture. However, there are many problems in the production technology of FCP (Free-Form Concrete Panel). In particular, reduced accuracy due to lack of free-form panel production technology can lead to redesign of buildings as a result, problems such as an increase in construction cost and period. Therefore, this experiment aimed to compensate the decrease of the accuracy according to the displacement difference and to derive the proper mixing ratio for maintaining the shape during the free-form panel curing. In this study, molds were made using paraffin that is a recyclable phase change material. Concrete Panel is usually produced from Portland cement, dead burn magnesia, phosphate, borax and fine aggregate. In this study, four mixing ratios of FCP were selected after each material was blended to determine the proper blending ratio of the fluidity phase, the water absorption rate and the water content of the test piece. FCP was fabricated on the basis of the selected four compounding ratios and thickness and error rate were measured. Based on the error rate of the measured FCP, the quality standard was satisfied among the four compounding ratios.

Keywords : free-form panel, paraffin, error rate, borax, dead-burn magnesia

1. 서 론

1.1 연구 배경

최근 초고층 건축물만을 추구하던 여러 기업과 국가가 비정형 초고층에 대한 관심이 증가하여 비정형 건축물의 수요가 증가하고 있는 추세이다. 이는 1980년대 산업혁명 이후 건축기술의 발전과 다양한 프로그램의 개발로 인한 건축가의 창의적인 아이디어를 구현 가능해졌기 때문이다.

Figure 1은 세계 5대 건축 설계 사무소의 설계비율을 나타낸 그래프로 그림에서 볼 수 있듯이 시간이 지남에 따라 정형 건축물의 설계 비율은 점차 감소하며 비정형 건축물의 설계 비율은 점차 증가하고 있다[1].

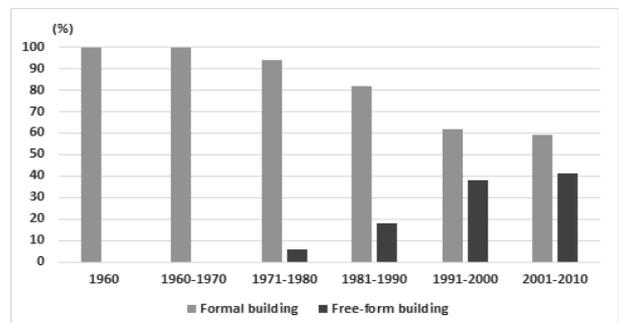


Figure 1. Ratio of irregular high-rise buildings compared to general buildings

Received : August 23, 2019

Revision received : October 7, 2019

Accepted : October 9, 2019

* Corresponding author : Lee, Dong-Hoon

[Tel: 82-42-821-1114, E-mail: donghoon@hanbat.ac.kr]

©2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

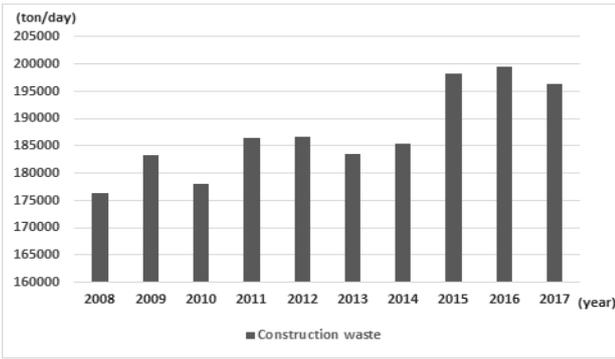


Figure 2. Daily average waste generation

우리나라 3차원 비정형 건축물의 사례로는 세계 최대 규모의 동대문 디지털 플라자와 제2 롯데타워 등이 있으며 해외의 경우 마리아베이샌즈호텔, 애플루트타워 등이 있다. 그러나 현재 비정형 건축물의 기술력에 많은 한계가 있다.

첫 번째로 비정형 패널의 종류가 많아지고 굴곡의 변위 차등이 커짐에 따라 공사비가 증가하며, 생산공의 숙련도 미숙으로 인해 유지 및 보수 관리가 필요하기 때문에 L.C.C가 증가하는 문제점이 있다.

두 번째로 보통 비정형 패널의 경우 콘크리트를 사용하여 만들어지기 때문에 완공 이후에도 품질관리 문제에 따른 공사비의 증가에 대한 문제점이 있다.

마지막으로 비정형 건축물 건설 시 거푸집을 재사용 할 수 없기 때문에 형틀 및 거푸집 제작, 건설 폐기물 발생의 문제점이 있다.

Figure 2는 통계청에서 발표한 일평균 건축폐기물 발생량에 대한 그래프로 시간이 지남에 따라 건축폐기물 발생량은 증가하고 있으며 이에 따른 조치가 시급하다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 기존 방식의 문제점을 개선한 FCP(Free-form Concrete Panel) 생산 방식에 대한 연구를 실시한다. 본 연구에서 사용하는 FCP 생산 방식은 거푸집 폐기물 발생량을 저감시키며 숙련된 기술을 요하지 않아 보다 균일한 제품을 생산할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서 실시한 방법으로 FCP를 생산할 시 최적의 품질을 확보한 FCP를 생산할 수 있는 최적의 콘크리트 배합비를 도출하는 연구를 실시하고자 한다.

2. 실험 계획

2.1 거푸집 제작

본 연구에서 실시한 실험에서는 성형성, FCP 생산시간

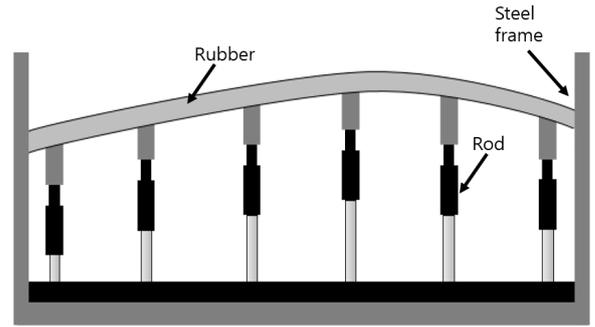


Figure 3. Displacement of CNC equipment

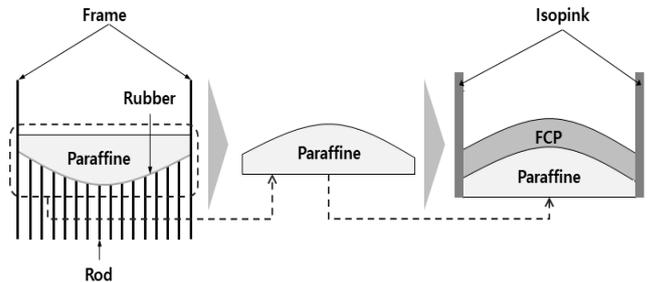


Figure 4. Formwork fabrication method

단축, 건설 폐기물 발생저감에 초점을 두어 비정형 패널을 제작하였다. 현장 거푸집으로 인한 폐기물 발생의 저감을 위하여 재활용이 가능하며 경제적인 재료로 파라핀을 선정하였으며 형상 제작을 위해서 CNC(Computer numerical control)장비를 사용했다. CNC 장비 변위의 경우 비정형 장비의 노드별 변위차가 15mm이하가 되도록 각 노드를 0mm, 15mm, 30mm, 45mm, 30mm, 15mm로 설정했다. Figure 3은 본 실험에서 CNC 장비를 사용하여 변위를 설정한 것을 나타내는 그림이다. Figure 4의 그림은 재사용이 가능한 파라핀을 이용하여 거푸집을 제작하는 그림이며 액체 상태의 파라핀을 CNC장비에 부어넣고 굳힌 후 굳은 파라핀을 꺼내어 바닥에 깔고 아이소 핑크를 이용하여 실험용 거푸집을 제작한다.

2.2 사용 재료

2.2.1 보통 포틀랜드 시멘트

보통 포틀랜드 시멘트는 대표적인 수경성 시멘트로 화학적 구성표인 Table 1에서 알 수 있듯이 주성분은 실리카, 알루미나, 산화철 및 석회이다. 보통 포틀랜드 시멘트는 이와 같은 성분을 포함한 원료를 적당한 비율로 충분히 혼

합한 뒤 그 일부가 용융 소성된 클링커에 적당량의 석고를 가하여 분쇄해서 분말로 만든 것이다.

Table 1. Chemical composition of cement

Density (g/cm ³)	Chemical composition(%)				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
3.14	62.9	21.1	6.5	2.9	3.3

2.2.2 마그네시아

Table 2와 3은 마그네시아의 물리적, 화학적 구성표를 나타낸 것으로, 마그네시아는 산화마그네슘의 공업적인 명칭이다. 마그네시아의 소성온도는 경화속도에 큰 영향을 미치며 본 연구에서는 인산염과 반응하여 속경하는 성질을 가지는 사소 마그네시아를 사용한다[2-3].

Table 2. Chemical composition of dead-burn magnesia

Chemical composition(%)						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl
3.14	0.52	93.3	2.06	0.6	0.11	0.06

Table 3. Physical properties of dead-burn magnesia

Division	Fineness (cm ² /g)	Porosity	Density	Fineness number	Volumetric
Composition cost(%)	2,591	0.5	3.46	-200mesh ≥97%	c 1.25

2.2.3 인산나트륨

Table 4는 인산나트륨의 화학적 구성표를 나타낸 것으로 인산나트륨은 보통 제삼인산나트륨이라고 하며 백색에서 무색의 고체, 수용액은 강알칼리성을 갖는다. 인산나트륨은 마그네시아와 결합하여 사용하며 결합 시 초속경성, 부착성, 내마모성 등의 특징을 가지게 되며 경화 시 높은 수화열을 발생시킨다[3].

Table 4. Chemical composition of sodium phosphate

Appearance	Purity	pH (1% sol'n)	Iron(Fe)	Water insolubles
White Powder	98-103% up	4.3 - 4.9	0.05% max	0.1% max

2.2.4 파라핀

파라핀은 일정 온도에서 고체나 액체 또는 기체로 변하며 용해 및 상태변화 시 방출되는 열을 저장 또는 소모한다.

녹는점은 30℃에서 90℃의 범위를 갖고 물에서는 불용성이며 에테르나 벤젠, 에스테르에서는 용해성을 가진다. 또한 굳은 파라핀을 가열하여 액체 상태로 만들어 재사용이 가능하기 때문에 건설 폐기물 발생량을 줄일 수 있을 것이라 판단된다[4].

3. 재료 성능 실험

3.1 성능 실험 1

3.1.1 실험 방법

본 연구에서는 비정형 패널의 요구성능 중 성형성을 중점으로 실험을 진행한다. 슬럼프 플로우 값은 시멘트 페이스트가 좋은 성형성을 갖도록 160mm를 만족하는 배합비를 찾는 목적으로 W/B를 변화하여 실험을 진행하였다. 또한 3, 7, 28일에서 압축강도 및 휨강도를 측정하였으며 공시체의 양생은 수중 양생으로 진행한 뒤 흡수율을 측정하기 위해 항온항습양생을 실시한다. 잔골재를 포함하여 흡수율 증가여부 및 재품 활용성을 평가하기 위하여 보통 포틀랜드 시멘트와 물을 사용한 배합은 Table 5, 잔골재를 포함한 배합은 Table 6으로 나누어 실험을 진행한다.

Table 5. First basic experimental batch table

Division	W/B(%)	Unit mass (g)	
		W	C
Portland(20%)	20	148	
Portland(23%)	23	170.2	740
Portland(25%)	25	185	
Portland(28%)	28	207.2	

Table 6. Secondary basic experimental mixer including fine aggregates

Division	W/B(%)	Unit mass (g)		
		W	C	S
Portland(55%)	55	82.5		
Portland(58%)	58	87	150	450
Portland(60%)	60	90		
Portland(62%)	62	93		

3.1.2 실험 결과 및 분석

1) 휨강도 및 압축강도

Figure 5는 Table 5의 배합실험을 통한 W/B 28%의

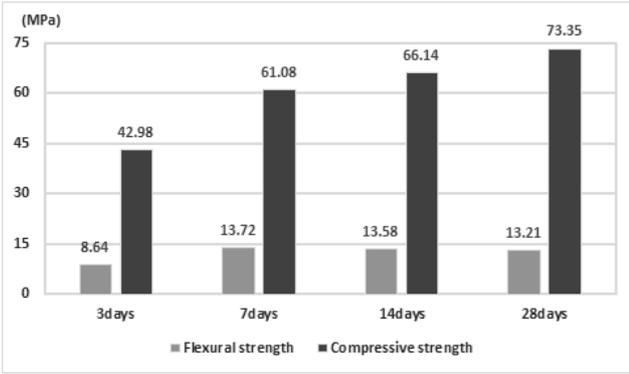


Figure 5. Flexural and compressive strength of the first test

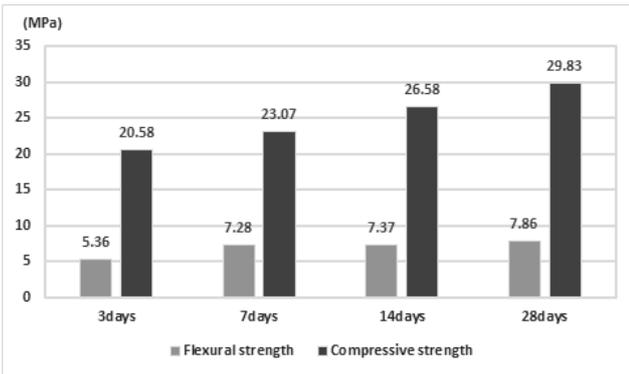


Figure 6. Flexural and compressive strength of the second test

휨강도 및 압축강도를 나타낸 그래프이다. 휨강도의 경우 초기에는 증가하는 추세를 보이다 7일 이후에는 강도가 점차 감소하는 경향을 보이며 압축강도의 경우 시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보인다.

Figure 6은 Table 6의 배합실험을 통한 W/B 60%에 잔골재를 포함한 배합비의 압축강도 및 휨강도를 나타낸 그래프이다. 이 실험의 경우 잔골재를 추가함으로써 휨강도와 압축강도 모두 이전의 경우보다 감소하였으나 휨강도의 경우 압축강도와 마찬가지로 증가하는 경향을 보인다.

2) 흡수율

KS F 4735의 패널 품질 기준인 흡수율 18%이하이다. Figure 7은 Table 5에서 선정된 experiment 1과 Table 6에서 선정된 experiment 2의 배합을 토대로 흡수율을 측정된 결과 값을 나타낸 그래프이다. W/B 28%의 배합에서 만들어진 공시체의 경우 평균 흡수율은 7.27%로 품질기준에 적합한 값을 가진다. 잔골재를 포함한 배합의 W/B 60%의 평균 흡수율은 8.82%로 품질기준에 적합한 값을 가진다. 이를 통해 잔골재를 첨가함으로써 흡수율이 증가

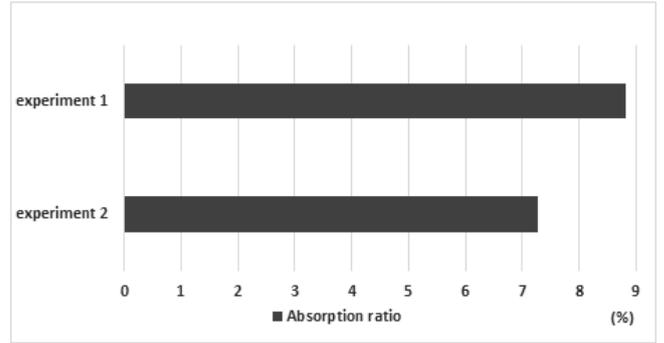


Figure 7. Absorption ratio of the first basic experiment

한다는 사실을 확인하였으며, 본 실험에서 제작된 FCP의 실용성 여부를 확인한 결과 적합한 것으로 판단된다.

보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 배합과 잔골재를 첨가한 배합의 슬럼프 수치에 따른 W/B를 변화함으로써 배합비를 도출하고 휨강도 및 압축강도, 흡수율을 측정된 결과 두 실험 모두 KS F 4735의 품질 기준을 모두 만족하였다.

3.2 성능 실험 2

3.2.1 마그네시아 시멘트 실험계획

기초실험 2에서는 마그네시아 시멘트와 인산나트륨을 사용한 실험을 진행한다. 마그네시아와 인산나트륨이 결합할 경우 초속경 반응이 일어나게 되며 이는 작업시간이 감소하는 문제점이 발생한다. 이를 조절하기 위해 붕사를 첨가하여 실험을 진행하며 첨가율은 마그네시아의 중량을 기준으로 0.5%, 1%, 1.5%로 나누어 진행한다. 붕사의 첨가율의 경우 기존 문헌을 참고하여 첨가율 수준을 결정하였다 [5]. 마그네시아 시멘트를 기반으로 물, 잔골재, 붕사를 조합하여 여러 경우의 배합을 나누어 실험을 진행하며 각 배합의 배합비를 변경하여 실험을 진행한다. 성능 실험2도 성능 실험1과 마찬가지로 3일, 7일, 28일의 휨강도 및 압축강도를 측정하였으며 수중 양생 후 흡수율을 측정하였다. Table 7과 Table8은 붕사 및 잔골재를 포함하지 않은 배합과 포함한 배합을 나타낸 표이다.

Table 7. Third basic experiment placement table

Division	W/B(%)	Unit mass (g)		
		D-MgO	W	Sodium phosphate
MgO(20)	20		27.66	
MgO(30)	30		41.49	
MgO(40)	40	138.3	55.32	4840.5
MgO(50)	50		69.15	

Table 8. 4th basic experiment placement table including fine aggregate and borax

Division	W/B(%)	Unit mass (g)				
		D-MgO	W	Sodium phosphate	Borax	Fine aggregate
Mgo(40)	40		55.32			
Mgo(45)	45		62.23			
Mgo(50)	50	138.3	69.15	4840.5	13.83	414.9
Mgo(55)	55		76.06			

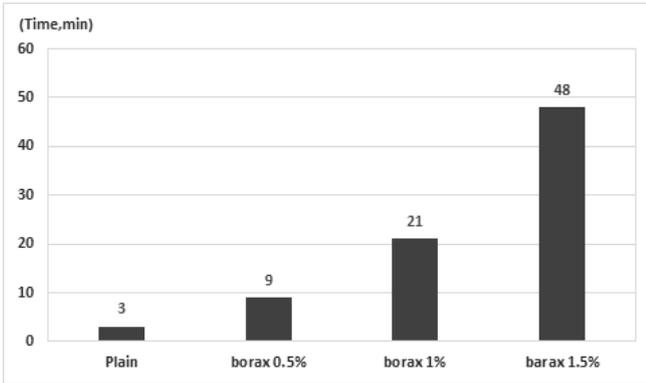


Figure 8. The coagulation time according to the addition ratio of borax

3.2.2 실험 결과 및 분석

1) 붕사첨가에 따른 응결시간 비교 실험

Figure 8은 붕사 첨가에 따른 경화 시간을 나타낸 그래프로 붕사의 첨가량이 증가할수록 경화시간 지연은 증가하는 것으로 판단된다. 그 이유는 붕사가 첨가될수록 초속경성질은 억제시켜 경화시간이 증가하는 것이라 판단된다.

2) 휨강도 및 압축강도

Figure 9는 Table 7의 휨강도 및 압축강도를 측정한 결과이다. 휨강도의 경우 시간이 경과함에 따라 강도는 증가하는 경향을 나타낸다. 압축강도의 경우 3일 강도가 가장 높은 값을 가지며 7일 강도에서 가장 낮은 값을 가진 뒤 점차 강도가 증가하는 추세를 보인다. 7일에서 강도가 가장 낮은 이유는 실험체 제작 시 비빔이 원활이 완벽하게 이루어지지 않아 각 몰드마다의 타설된 모르타르의 배합이 달라져 강도의 차이가 있는 것이라 판단된다.

Figure 10은 Table 8의 배합을 토대로 진행한 실험의 휨강도 및 압축강도는 나타낸 그래프이다. 휨강도의 경우 7일 강도에서 가장 높은 값을 가지며 이후 점차 감소하며 압축강도의 경우 증가하는 경향을 보인다. 잔골재와 붕사

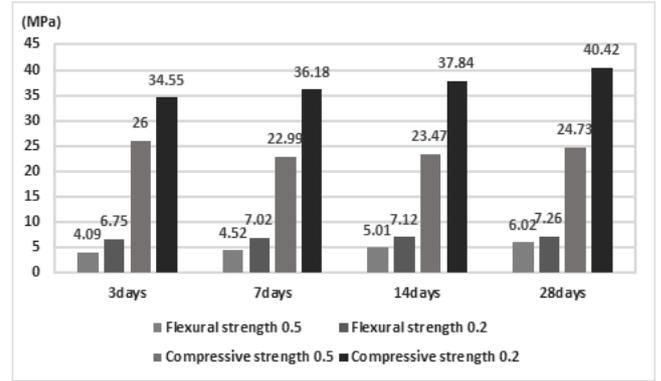


Figure 9. Flexural and compressive strength of the 3rd basic test

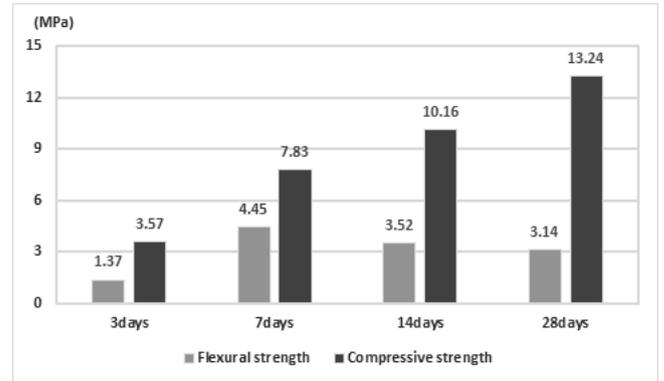


Figure 10. Flexural and compressive strength of the 4th basic test

를 포함한 배합비로 실험한 결과 휨·압축강도는 감소하며 휨강도의 경우 시간이 경과할수록 점차 감소한다. 7일 강도에서 점차 강도가 증가하는 이유는 양생과정에서 생긴 미세한 균열 및 미장과정에서 재대로 된 미장이 이루어지지 않았기 때문에 낮아지는 것이라 판단된다.

3) 흡수율

Figure 11은 Table 7에서 선정된 experiment 3과 Table 8에서 선정된 experiment 4의 배합을 토대로 제작한 공시체의 흡수율을 나타낸 그래프이다. Experiment 3의 W/B 50% 평균 흡수율은 15.43%로 측정되었으며, W/B 20%의 평균 흡수율은 11.66%로 측정되었다. 두 배합모두 KS F 4735의 품질기준을 만족하지 못했으며, experiment 4의 W/B 55% 평균 흡수율은 7.2%로 품질기준에 만족한다.

붕사의 첨가율은 초속경의 장점을 포함하며 작업시간의 확보를 위하여 1%를 선택하였다.

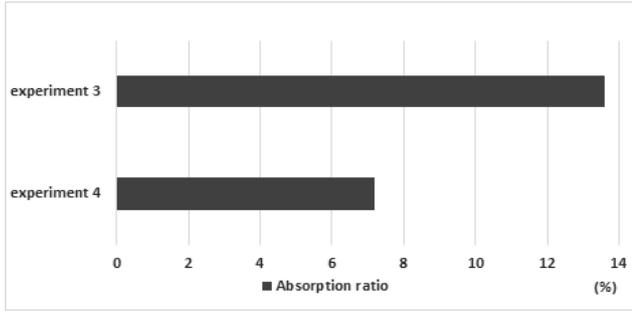


Figure 11. Absorption ratio of the second basic experiment

마그네시아 시멘트와 인산염을 사용한 배합을 잔골재와 붕사를 첨가한 배합의 슬럼프 값에 따른 W/B를 변경함으로써 배합을 도출하였으며 그 결과 experiment 4는 KS F 4735의 품질기준을 모두 만족하였으나, experiment 3의 경우 품질기준을 만족시키지 못하였다. 따라서 성능만을 고려할 경우 experiment 2가 최적의 배합이라 판단된다.

4. 형상 구현 실험

4.1 실험 계획

4.1.1 비빔방법

비빔에서 사용한 믹서는 가정식 믹서를 사용하였다. 가정식 믹서의 경우 드럼이 회전하여 드럼내부의 날에 의해 비빔이 완료되는 중력식 믹서이다. 드럼내부에 잔골재와 분체를 투입 후 90초간 건비빔을 통하여 1차 비빔을 진행한다. 그 후 배합수를 투입하여 90초 동안 2차 비빔을 실시한 후 실험체 제작을 진행한다.

4.1.2 미장방법

미장방법으로는 실험체 패널의 두께 5cm를 유지하기 위해 바닥거푸집에서 5cm위에 보조선을 그린 후 타설을 진행한다. 그 후 쇠풀손을 사용하여 3분간 미장을 실시한다.

4.1.3 두께측정 방법

Figure 12는 두께 위치를 구간별로 나누어 표시한 그림이다. 두께측정 방법은 제작된 패널에 CNC장비에 H₁부터 H₃₆까지 36개 노드별 위치를 표시한 뒤 전동드릴을 사용하여 구멍을 뚫는다. 그 후 구멍을 통한 두께를 측정하여 각 구간별 평균값을 계산하여 변위에 따른 두께의 변화, 양생 시 생기는 변화량을 식 1을 사용하여 계산한다.

Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
H ₁	H ₇	H ₁₃	H ₁₉	H ₂₅	H ₃₁
H ₂	H ₈	H ₁₄	H ₂₀	H ₂₆	H ₃₂
H ₃	H ₉	H ₁₅	H ₂₁	H ₂₇	H ₃₃
H ₄	H ₁₀	H ₁₆	H ₂₂	H ₂₈	H ₃₄
H ₅	H ₁₁	H ₁₇	H ₂₃	H ₂₉	H ₃₅
H ₆	H ₁₂	H ₁₈	H ₂₄	H ₃₀	H ₃₆

FCP

Figure 12. Intervals for each node of CNC equipment

$$\text{오차율} = (A - A') / A \times 100 \quad \text{----- (1)}$$

A : 설정한값 A' : 측정된 두께

4.2 실험 결과 및 분석

4.2.1 제 1 실험 패널

Table 9는 구간별 두께측정 결과의 평균값과 구간별 오차율의 평균을 나타낸 표이다. CNC장비의 변위를 각 0mm, 15mm, 30mm, 45mm, 30mm, 15mm로 설정한 결과 제작되어진 파라핀 거푸집의 변위는 45, 30, 15, 0, 15, 30mm로 제작되었다. 패널의 두께는 일반적으로 사용되고 있는 50mm를 목표로 실험을 진행하였다. 1구간부터 6구간까지의 패널두께의 평균값을 측정한 결과는 각각 31.3mm, 40.1mm, 45.3mm, 61.6mm, 57mm, 47.1mm로 측정되었다. 패널두께는 거푸집의 변위가 큰 곳에서 낮은 곳으로 두께의 차이를 보이며 그 원인은 경화 중 높이 차이로 인해 시멘트 페이스트가 흘러내린 것이라 판단된다.

Table 9. Measurement results by section of panel (mm)

	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6
average (mm)	31.3	40.1	45.3	61.6	57	47.1
error rate(%)	18.7	9.8	4.7	11.7	7	2.8

4.2.2 제 2 실험 패널

Table 10은 구간별 두께측정 결과와 패널의 구간별 오차를 나타낸 표이다. 앞서 실험한 제 1 실험 패널과 같은 변위와 두께를 사용하였으며, 1구간부터 6구간까지 패널 두께의 평균값을 측정한 결과 각각 49.8mm, 51mm, 47mm, 52.1mm, 51.3mm, 44.8mm 로 측정되었다. 패널두께는 구간 4과 구간 6에서 가장 큰 오차 값을 가지며 원인은 경화 중 높이 차이와 작업의 숙련도 부족이 원인이라 판단된다.

Table 10. Measurement results by section of panel (mm)

	Sectio n1	Sectio n2	Sectio n3	Sectio n4	Sectio n5	Sectio n6
average(mm)	49.8	51	47	52.1	51.3	44.8
error rate(%)	1.5	1	3	3.2	1.3	5.2

4.2.3 제 3 실험 패널

Table 11은 구간별 두께측정 결과와 패널의 구간별 오차를 나타낸 표이다. 앞서 실험한 제 1 실험 패널과 같은 변위 및 두께를 사용하였으며, 1구간부터 6구간까지 패널 두께의 평균값은 각각 45.8mm, 51.3mm, 50.8mm, 45.5mm, 49.3mm, 47.3mm 이다. 제 3 기초실험 패널의 경우 초속경의 성질을 이용하여 제작한 것으로 작업시간이 충분히 확보되지 않았으나 초속경의 성질로 인하여 경화 시 높이차에 따른 두께변화가 없는 것으로 나타났다.

Table 11. Measurement results by section of panel (mm)

	Sectio n1	Sectio n2	Sectio n3	Sectio n4	Sectio n5	Sectio n6
average(mm)	45.8	51.3	50.8	45.5	49.3	47.3
error rate(%)	4.8	2.3	0.8	4.5	2.3	2.7

4.2.4 제 4 실험 패널

Table 12는 구간별 두께측정 결과와 패널의 구간별 오차를 나타낸 표이다. 변위 및 두께는 앞서 실험한 것과 같으며, 1구간부터 6구간까지의 평균값은 각각 45.3mm, 47.3mm, 47.3mm, 52.3mm, 51.8mm, 49.1mm 이다. 제 4 기초실험 패널의 경우 초속경의 성질을 이용하여 제작한 것으로 응결 지연제를 첨가한 결과 작업시간을 확보할 수 있었으며 패널두께 오차율의 경우 경화 시 높이 차이에

의한 것으로 나타났다.

Table 12. Measurement results by section of panel (mm)

	Sectio n1	Sectio n2	Sectio n3	Sectio n4	Sectio n5	Sectio n6
average(mm)	45.3	47.3	47.3	52.3	51.8	49.1
error rate(%)	4.7	2.7	2.7	2.5	2.2	1.2

5. 결 론

본 연구에서는 현재 비정형 패널 생산에 대한 비싼 인건비, 폐기물 발생 등의 문제점을 해결하기 위해 파라핀을 이용한 새로운 방식의 FCP 제작 방법에 대한 실험을 진행했다. 본 실험의 목적은 FCP 제작을 위한 최적의 재료와 그에 따른 배합비를 도출하여 생산된 패널의 두께를 측정하여 오차율을 측정했으며 다음과 같은 결론을 도출했다.

- 1) 성능 실험에서의 휨강도 및 압축강도를 측정한 결과 휨강도는 제 1 실험 패널의 경우 13.21MPa, 제 2 실험 패널의 경우 7.86MPa, 제 3 실험 패널의 경우 7.26MPa, 제 4 실험 패널의 경우 3.14MPa이며, 압축강도는 제 1 실험 패널의 경우 73.35MPa, 제 2 실험 패널의 경우 29.83MPa, 제 3 실험 패널의 경우 40.42MPa, 제 4 실험 패널의 경우 13.24MPa로 측정되었다. 강도의 경우 제 1 실험 패널이 가장 높은 값을 가지며 그 이유는 W/B가 실험 배합 중 가장 낮으며 시멘트만을 사용한 배합이기 때문이라 판단된다.
- 2) 성능 실험에서의 흡수율을 측정한 결과 제 1 실험 패널의 경우 7.2%, 제 2 실험 패널의 경우 8.8%, 제 3 실험 패널의 경우 13.6%, 제 4 실험 패널의 경우 7.2%로 제 3 실험 패널을 제외한 모든 패널은 KS F 4735의 기준을 만족한다. 제 3 실험 패널의 경우 사소 마그네시아가 다른 재료에 비해 흡수율이 높아 KS 기준에 만족하지 못한 것이라 판단된다.
- 3) 실험 패널의 오차율의 평균은 1구간부터 6구간까지 측정한 결과 제 1 실험 패널이 9.1%, 제 2 실험 패널이 2.5%, 제 3 실험 패널이 2.9%, 제 4 실험 패널이 2.6%로 측정되었다. 오차율이 생긴 이유는 경화 중

높이차이로 인한 흘러내림 현상 및 작업자의 숙련도 부족에 의해 생긴 것이라 판단된다.

- 4) 흡수율과 오차율을 보았을 때 제 2 실험 패널의 배합이 흡수율이 KS기준에 만족하며 오차율이 가장 적으므로 콘크리트 형상 구현 및 성능이 가장 좋은 최적의 배합이라 판단된다.

추가적인 연구로는 패널제작 재료의 변경에 따른 영향, 비정형 패널의 거푸집 제작방식 변경, 콘크리트 경화 시 발생하는 페이스트의 흘러내림 등의 문제점을 보완에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 이러한 추가 연구를 통해 향후 FCP 생산 및 개발에 큰 기여를 할 것이라 판단된다.

요 약

최근 비정형 건축물의 비중이 증가함에 따라 거푸집 재사용이 불가하여 건설폐기물이 증가하고 있는 추세이다. 또한 비정형 건축물 건축 시 생산자의 숙련도에 따라 비정형 패널의 품질이 결정되며 이에 따른 정확한 공사비 측정 불가 및 인건비 증대라는 문제점이 있다. 본 연구는 이러한 비정형 건축물의 문제점을 보완하기 위하여 오차율이 적고 작업성이 좋은 최적의 배합을 찾는 것을 목표로 실험을 진행한다.

키워드 : 비정형 패널, 파라핀, 오차율, 붕사, 마그네시아

ORCID

Minsik Kim, <http://orcid/0000-0003-0588-7061>

Chaewool Park, <http://orcid/0000-0002-4756-7771>

Sung-Lok Do, <http://orcid/0000-0003-1039-2856>

Kihyuk Kim, <https://orcid.org/0000-0002-6568-5050>

Dong-Hoon Lee, <http://orcid/0000-0002-4044-9959>

Acknowledgement

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 19CTAPC 15329401000000).

References

1. Lee EY, Kim YS, An analysis and improvement of free form building's construction productivity -Focused on Exposed Concrete Work, Journal of the Korea Construction Engineering and Management, 2014 may;15(3):38-46.
<https://doi.org/10.6106/KJCEM.2014.15.3.038>
2. Kang JS, Properties of radon adsorption matrix utilizing diatomite and powered active carbon to adsorbent [master's thesis]. [Daejeon (Korea)]: hanbat university; 2018. 39 p.
3. Kim BK, Physical properties evaluation of flooring using a rigid hardening magnesia phosphate ceramics [master's thesis]. [Daejeon (Korea)]: hanbat university; 2016. 84 p.
4. Lee HS, Park JH, Yim JH, Seo HJ, Son TW, Polymer Korea, Preparation and properties of shape-stabilized phase change materials from UHMWPE and paraffin wax for latent heat storage, Journal of Korea The Polymer Society, 2015 Jan39(1):23-32.
<https://doi.org/10.7317/pk.2015.39.1.23>
5. Kim TH, Properties of inorganic filler adhesive utilizing dead-burn magnesia and fly ash [master's thesis]. [Daejeon (Korea)]: hanbat university; 2018. 36 p.