

리빙 콘크리트 패널용 마그네시아 복합체의 마그네시아 및 인산칼륨 비율에 따른 기초 품질 특성

The Quality Properties According to the Ratio of Magnesia and Potassium Phosphate of Magnesia Composites for Living Concrete Panel

최연왕¹ · 남은준^{2*} · 김철규³ · 양능원⁴

Yun-Wang Choi¹ · Eun-Joon Nam^{2*} · Cheol-Gyu Kim³ · Neung-Won Yang⁴

(Received November 12, 2021 / Revised December 13, 2021 / Accepted December 16, 2021)

In this study, the quality properties according to the ratio of magnesia and potassium phosphate of the magnesia composite were evaluated to control the quality of the parent material in terms of materials when designing living concrete panels. The quality properties are 7 levels (30, 35, 40, 45, 50, 55 and 60%) for W/B, 4 levels for P:M (1:0.5, 1:1.0, 1:2.0 and 1:3.0 vol. %) was prepared and evaluated. As a result of evaluating the flow of the magnesia complex, as W/B increased, the flow showed a tendency to increase, and the flow showed a tendency to decrease as the P:M increased. As a result of the evaluation of the compressive strength of the magnesia composite, the strength showed a tendency to decrease as P:M increased. In addition, it was confirmed that an optimal P:M ratio exists.

키워드 : 리빙 콘크리트 패널, 마그네시아, 인산칼륨, 품질특성

Keywords : Living concrete panel, Magnesia, Potassium phosphate, Quality properties

1. 서론

기상연구소의 조사에 따르면 지난 16년간 도시 내 고층건물과 아파트 단지 밀집 지역의 지표면 온도가 크게 상승한 것으로 나타나고 있으며, 온도가 24°C 이상인 지역도 증가하는 것으로 나타나고 있다(Kim et al. 2011a). 최근 인구의 증가, 각종 인공 시설물 및 차량의 증가 등 도시의 팽창으로 인하여 인공열의 방출과 CO₂ · 미세먼지 배출량이 급증하고 있으며, 이로 인한 온난화 및 도시 내 열섬현상이 뚜렷해지고 있다(Park and Oh 2011). 열섬현상은 온도가 높은 지역이 섬과 같은 형태를 띄게 되어 지역 내 풍로가 감소함에 따라 대기 오염 및 냉방 에너지 소모의 증가를 가져오며, 체감온도의 상승으로 인하여 지역주민에게 심리적 불쾌감을 조성하게 된다(Kim et al. 2001). 이러한 원인은 도시지역의

녹지 면적이 감소하고 개발 지역이 증가함에 따른 원인으로 분석되고 있다(Kim et al. 2001). 이와 같은 열섬현상을 저감시키기 위해서는 도시의 녹지공간을 충분히 확보하여야 하나 이는 경제여건상 어려운 실정(Cha and Lim 2011)이기 때문에 도시 열섬현상을 완화시키고 CO₂ · 미세먼지를 감소시킬 수 있는 대안을 요구되고 있는 실정이다.

도시 밀집 지역의 열섬현상을 저감하고 CO₂ · 미세먼지 저감을 위한 방안으로써, 이끼 등을 착근시킨 리빙 콘크리트 패널을 개발하여 기존 또는 신규 구조물의 외벽과 옥상에 외장재로서 적용하여 감소한 녹지 면적의 재생효과를 얻고자 하였다. 이와 유사한 기술로는 수직정원(Vertical Garden)이 있으나 구조물 외벽과 일체화가 이루어질 수 없는 단점을 가지고 있으며, 복잡한 지지 구조물을 별도로 설치해야하기 때문에 설치비와 유지관리 비용이 동일

* Corresponding author E-mail: eunjoon.nam@gmail.com

¹세명대학교 토목공학과 교수 (Department of Civil Engineering, Semyung University, Jecheon, Chungbuk, 27136, Korea)

²세명대학교 건설공학과 박사과정 (Department of Civil Engineering, Semyung University, Jecheon, Chungbuk, 27136, Korea)

³세명대학교 건설공학과 공학박사 (Department of Civil Engineering, Semyung University, Jecheon, Chungbuk, 27136, Korea)

⁴세명대학교 건설공학과 박사과정 (Department of Civil Engineering, Semyung University, Jecheon, Chungbuk, 27136, Korea)

한 면적의 일반 정원과 비교하여 약 3배가량 증가하여 비경제적인 것으로 나타나고 있다(Myung 2015; Jeon et al. 2014). 또한, 수직 정원의 스펀지나 매트타입 또는 블록타입으로 제작된 인공 경량 토양의 경우 내구성에 문제점이 많은 것으로 나타나고 있다(Lee et al. 2012).

리빙 콘크리트 패널은 이끼 등을 착근시킨 구조물 외장재이며, 구조물의 외벽과 옥상에 적용하여 감소한 녹지 면적의 재생효과를 얻을 수 있는 친환경 건설재료로 시공 중인 건축물뿐만 아니라 공용중인 건축물에도 적용이 가능하기 때문에 경제·사회적 가치가 매우 큰 건설재료 분야이다(de los Rios et al. 2009). 리빙 콘크리트 패널의 효과는 CO₂·미세먼지 감소에 의한 온난화 방지 및 산소량 증가에 따른 쾌적한 대기환경을 조성할 수 있으며, 콘크리트 외벽으로부터 반사되는 열을 흡수하여 도시의 열섬현상을 저감시키는데 기여할 수 있다(Perini et al. 2011). 또한 구조물의 단열 효과를 증대하여 건물 내부의 냉·난방 비용의 절감 및 소음 차단 효과를 기대할 수 있기 때문에 국내와 같이 국토면적이 협소하고 아파트가 밀집된 주거형태를 갖는 특수한 조건에 매우 적합한 것으로 판단된다. 추가적으로 다양한 건물외관의 색상변화에 따라 수려한 도시경관을 확보할 수 있어 본 기술을 적용할 경우 주민들을 심리적으로 안정시키는 효과도 기대할 수 있다(Eggert et al. 2006).

리빙 콘크리트 패널은 이끼 등의 착근이 쉬운 조건이어야 하며 착근 이후 생존이 가능하도록 환경을 조성하여야 한다. 그러나 패널을 제조하기 위해서는 재료적 측면에서 시멘트를 적용할 경우 높은 pH를 형성하고 있기 때문에(Kim et al. 2011b) 이끼의 생존 및 유지기간에 부적합하며, 구조적 측면의 경우 표면이 매끈하거나 치밀할 경우 이끼의 착근이 어려워 지는 단점이 있다. 더불어 패널에 이끼를 위한 영향분이나 수분공급에 따른 문제도 발생한다.

이끼의 성장조건과 리빙 콘크리트 패널의 화학 및 물리적 특성은 매우 밀접한 관련이 있으며, 그 관련성은 기후조건에 따라 상이하게 나타나므로 국외에서 개발된 기술이나 제품을 국내에 바로 적용할 수 없는 실정이다. 이에 따라 국내 환경여건에 적합하도록 리빙 콘크리트 패널을 연구·개발하는 과정이 반드시 필요한 실정이며, 현재 국내 기술수준을 고려할 경우 공개되거나 알려진 연구 사례가 미흡한 수준으로 자료수집의 한계에 따른 많은 실험과 경험이 필요하기 때문에 요소기술에 관한 많은 보완 연구가 수반되어야 한다.

마그네시아 복합체는 일반적인 시멘트와 비교하여 상대적으로 pH가 낮은 중성의 특징을 띠기 때문에(Manso et al. 2014) 생물학

적 수용성에 유리하며, 리빙 콘크리트 패널의 모재 재료로서 적합한 재료이다. 그러나 마그네시아 복합체는 종래의 경우 속경성인 특징으로 인하여 신속하게 작업을 해야 하는 구조물 긴급 보수용 재료로 사용되어 왔으며(Kim et al. 2015), 특히 관련 연구의 경우 마그네시아 복합체의 획일화된 연구가 수행되지 않아 연구기관 및 관련 단체에 따라 제각각의 방법으로 사용되어 마그네시아 복합체의 품질이 모두 다르기 때문에 활용이 불가능하며, 연구사례의 경우 쉽게 찾아보기 어렵다(Ma and Xu 2017).

따라서 급결하는 재료적 측면의 문제를 해결하기 위한 리빙 콘크리트 패널 개발을 위한 기초 보완 연구 중 하나로써 마그네시아 복합체를 리빙 콘크리트 패널의 모재재료로서 활용하고자 하였다.

이에 따라 본 논문에서는 리빙 콘크리트 패널의 모재로서 마그네시아 복합체의 품질을 제어하기 위한 자료확보를 위하여 마그네시아 복합체의 혼합비와 W/B에 대한 품질 특성의 영향을 평가하고자 하였으며, 본 논문의 결과를 통하여 리빙 콘크리트 패널 설계 시 모 재료의 품질 제어를 위한 품질 보완 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

2.1.1 인산칼륨

실험에 사용된 인산칼륨은 마그네시아의 경화반응제로써 순도 99% 이상인 국내 D사의 밀도 2.34g/cm³의 제 1인산칼륨(KH₂PO₄, 이하 P으로 약함)을 사용하였다.

2.1.2 마그네시아

실험에 사용된 마그네시아는 1,500°C 이상에서 서 고온 소성된 국내 D사의 밀도 3.6g/cm³ 사소 마그네시아(산화마그네슘(MgO), 이하 M으로 약함)를 사용하였다. Table 1은 실험에 사용된 마그네시아 시멘트의 물리적 특성 및 화학적 성분을 나타낸 것이다.

Table 1. Main chemical compositions and physical properties of magnesia cement

Type	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Density (g/cm ³)
M	0.1	1.1	95.68	3.60

2.1.3 붕사

실험에 사용된 붕사(사붕산나트륨 10수화염)는 화학 혼화제로

써 지연제(Retarder, 이하 R로 약함)로 사용하였다.

2.2 실험계획

본 논문에서는 마그네시아 복합체(이하 MC로 약함)의 품질을 제어하기 위한 기반 자료확보를 위하여 W/B 7수준(30, 35, 40, 45, 50, 55 및 60%)을 제조하였으며, P 및 M은 밀도의 차이가 크기 때문에 P:M비에 따라 용적이 크게 변화되므로 동일한 용적일 경우 P 및 M의 비율 변화에 따른 영향을 평가하기 위하여 P:M 4수준(1:0.5, 1:1.0, 1:2.0 및 1:3.0 vol. %)을 제조하였다. Table 2는 실험에 사용된 배합비를 나타낸 것이다. MC의 혼합은 P, M 및 R을 투입하여 6ℓ 용량의 페이스트 혼합기를 사용하여 1속으로

1분 동안 건비빔을 실시하였다. 이후 배합수를 투입할 경우 단시간에 경화가 일어나므로 1속 30초, 2속 1분 동안 혼합하여 배출하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 테이블 플로우

테이블 플로우는 테이블 플로우는 “KS L 5111 수경성 시멘트 시험용 플로 테이블”에 규정된 플로 테이블 및 플로우 콘을 이용하여 “KS L 5105 플로의 결정 방법”에 준하여 12.7mm의 높이로 낙하시키는 방법으로 테이블 플로를 측정하였으며, 낙하 후 퍼짐이 멈추었을 때 중심을 지나는 대각선 3방향의 지름을 측정하여 그 평균값을 테이블 플로우로 하였다.

2.3.2 압축강도

압축강도는 “KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법”에 준하여 40×40×160mm의 공시체 시험편을 성형하여 수중 양생을 실시하였다. 이후 재령에 따라 만능시험기(Universal Testing Machine, UTM)를 사용하여 압축강도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 테이블 플로우

Fig. 1~Fig. 4는 MC의 W/B에 따른 P:M에 대한 플로우 측정결과를 나타낸 것이며, 200~250 mm의 플로우를 확보하고자 하였다. Fig. 1의 결과 W/B에 따라 MC가 혼합할 수 없는 경향이 나타났다. W/B 30의 경우에는 P:M 0.5를 제외한 나머지 P:M에 대해서는 혼합하는데 어려움이 따르는 것으로 나타났다. 이는 M의 밀도가 P의 밀도와 비교하여 상대적으로 약 1.5배 크기 때문에 P:M이 증가할수록 P의 실제 질량이 급격히 증가하게 된다. 이에 따라 반응에 기인하는 배합수의 부족으로 혼합이 되지 않는 것으로 판단된다. W/B 35 및 40의 경우 P:M 1:2.0 및 P:M 1:3.0은 혼합이 되지 않는 것으로 나타났으며, W/B 45 및 50의 경우 1:3.0이 혼합이 되지 않아 플로우를 측정하기 어려운 것으로 나타났다. 그러나 W/B 55 및 60의 경우에는 모든 P:M에 대하여 혼합이 가능한 것으로 나타났다. P:M에 대한 플로우는 W/B가 증가할수록 유동성이 증가하는 경향이 나타났으며, P:M 증가에 따라 플로우가 감소하는 경향이 나타났다.

따라서 리빙 콘크리트 패널의 모재료로 활용하기 위한 MC는 소요의 강도를 만족하는 범위에서 작업이 가능한 범위 내 목표

Table 2. Experiment plan and variables

Type (W/B-M)	W/B (%)	Binder(Vol.)		R (M×%)
		P	M	
30-0.5	30	1	0.5	3
30-1.0			1.0	
30-2.0			2.0	
30-3.0			3.0	
35-0.5	35		0.5	
35-1.0			1.0	
35-2.0			2.0	
35-3.0			3.0	
40-0.5	40		0.5	
40-1.0			1.0	
40-2.0			2.0	
40-3.0			3.0	
45-0.5	45	0.5		
45-1.0		1.0		
45-2.0		2.0		
45-3.0		3.0		
50-0.5	50	0.5		
50-1.0		1.0		
50-2.0		2.0		
50-3.0		3.0		
55-0.5	55	0.5		
55-1.0		1.0		
55-2.0		2.0		
55-3.0		3.0		
60-0.5	60	0.5		
60-1.0		1.0		
60-2.0		2.0		
60-3.0		3.0		

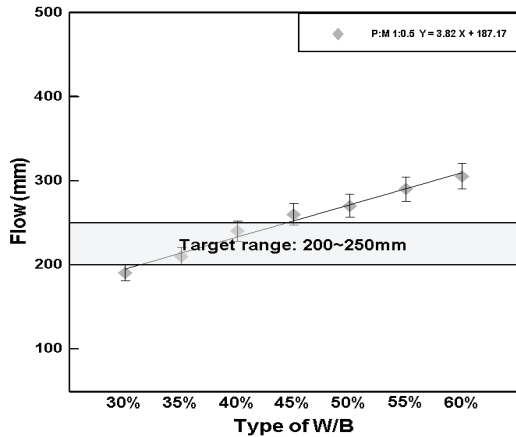


Fig. 1. Test results of flow according(P:M 1:0.5)

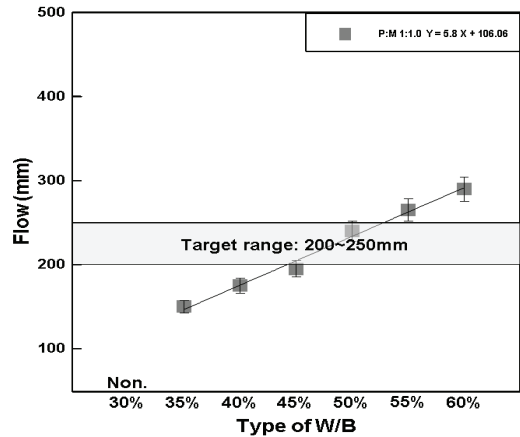


Fig. 2. Test results of flow according(P:M 1:1.0)

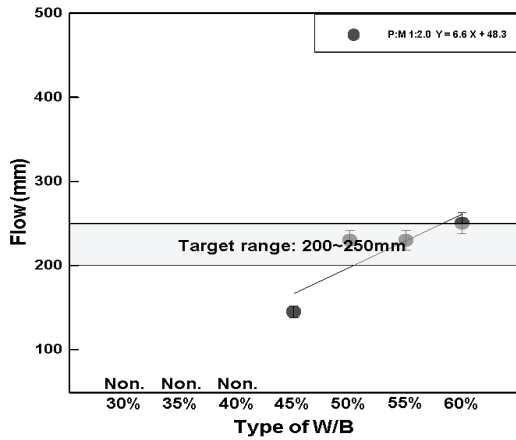


Fig. 3. Test results of flow according(P:M 1:2.0)

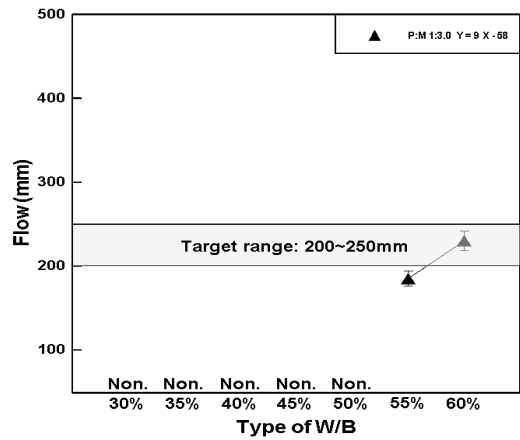


Fig. 4. Test results of flow according(P:M 1:3.0)

플로우를 선정하여야 할 것으로 판단된다.

3.2 압축강도

Fig. 5~Fig. 8은 MC의 W/B에 따른 P:M에 대한 재령 12시간, 3일, 7일 및 28일 압축강도 측정결과를 나타낸 것이다. Fig. 5~Fig. 8의 결과 W/B에 따라 혼합이 가능한 배합의 경우 전반적으로 P:M 이 증가할수록 압축강도가 유사하게 감소하는 경향이 나타났다. 또한, P:M 1:0.5 기준 압축강도는 12시간에서 28일 압축강도에 대비하여 약 50~70% 발현되는 결과가 나타났다. 이러한 원인은 MC의 일반적인 특징인 속경성으로 인하여 단시간내 강도발현이 급격히 나타나는 것으로 판단되며, 이는 R의 첨가량 변화에 따라 소요 작업시간을 만족하는 범위에서 소요 압축강도 기준을 선정하여야 할 것으로 판단된다. P:M 1:0.5~1:1.0에서는 W/B 30~60까지 강도

가 감소하는 경향을 나타냈다. 하지만 P:M 1:2.0에서는 W/B 30~40까지, P:M 1:3.0에서는 W/B 30~50까지 측정이 불가능하였다. 이러한 원인은 플로우 측정결과와 같이 혼합이 되지않는 원인과 동일한 것으로 동일한 부피내에서 MC가 차지하고 있는 부피가 커질수록 강도가 증가하여야 하는 결과가 나타나야 하지만(Korea Concrete Institute 2009), P:M 이 증가할수록 밀도차에 의한 M의 크기가 배수로 커지게 되므로 P와 M이 반응할 수 있는 소요 단위 수량의 절대량 부족이 원인이 된것으로 판단된다. 이러한 결과는 최적의 P:M가 존재하는 결과이며, W/B에 따라 최적의 P:M은 달라질 수 있는 것을 의미한다. 이러한 결과를 명확하게 규명하기 위해서는 W/B와 P:M의 변수범위를 보다 세밀하게 구분하여 다수의 실험을 통한 결과분석이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 리빙 콘크리트 패일의 모재료로 활용가능한 개략적인 혼합비 및 비율을 검토하고자 하였으므로 세밀한 분석은

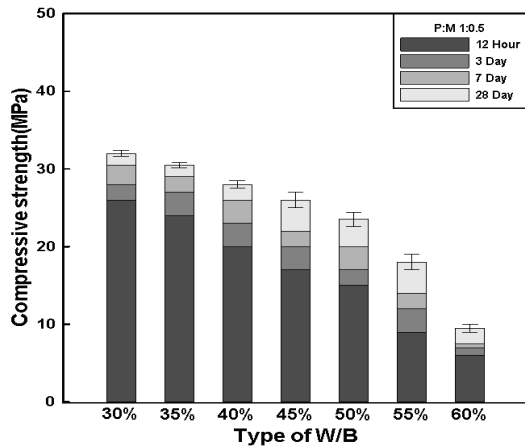


Fig. 5. Test results of compressive strength(P:M 1:0.5)

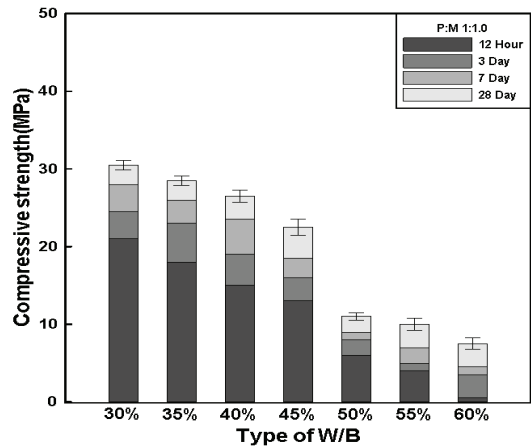


Fig. 6. Test results of compressive strength(P:M 1:1.0)

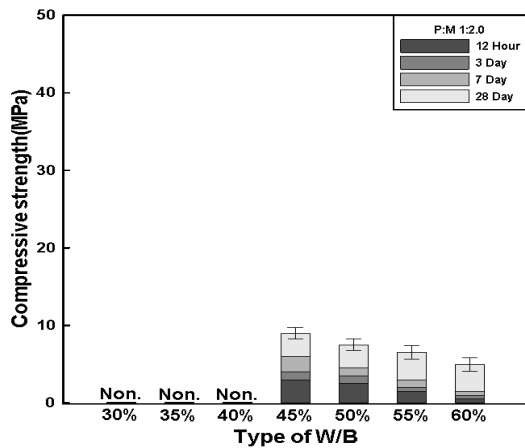


Fig. 7. Test results of compressive strength(P:M 1:2.0)

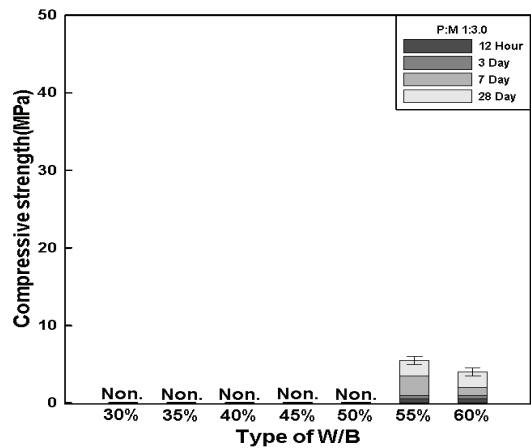


Fig. 8. Test results of compressive strength(P:M 1:3.0)

Table 3. Analysis of range fluctuations in optimal P:M and W/B (two-way, ANOVA)

Source	df*	Sum of squares	Mean of squares	F	P
P:M	1	2021.86	2021.86	172.50	.000
W/B	1	257.14	257.14	21.94	.000
P:M×P:M	1	159.62	159.62	13.62	.001
W/B×W/B	1	13.16	13.16	1.12	.301
P:M×W/B	1	466.69	466.69	39.82	.000
Error	22	257.85	11.72	-	-
Corrected Total	27	3252.43		-	-

df* : degrees of freedom

실시하지 않았다. 그러나 리빙 콘크리트 패널에 적용하기 위한 재

령 7일 목표강도는 20MPa 이상을 기준으로 하였기 때문에 이를 만족하는 W/B 및 P:M을 선정하고자 하였다.

재령 7일 20MPa를 만족하는 배합은 Fig. 5-8의 결과를 통하여 선정이 가능하지만 통계적 분석기법을 통하여 적정 범위를 선정하고자 하였다.

3.3 최적 P:M 및 W/B 범위

MC의 요구 압축강도 범위에 따른 최적 배합비는 국내 E사의 minitab프로그램을 활용하여 P:M 및 W/B에 따른 압축강도의 분산 분석을 수행하여 영향인자를 고려하고자 하였으며, 반응 표면 설계 분석을 통하여 최적 범위를 도출하고자 하였다.

Table 3는 재령 7일 압축강도의 P:M 및 W/B의 분산 분석 결과를 나타낸 것이다. 재령 7일 압축강도에 대한 P:M 및 W/B의 유의

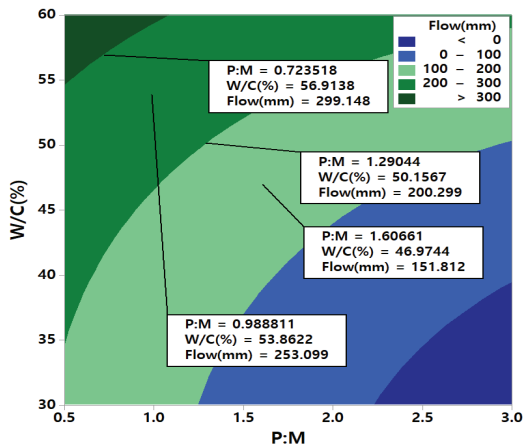


Fig. 9. Flow according to P:M and W/B

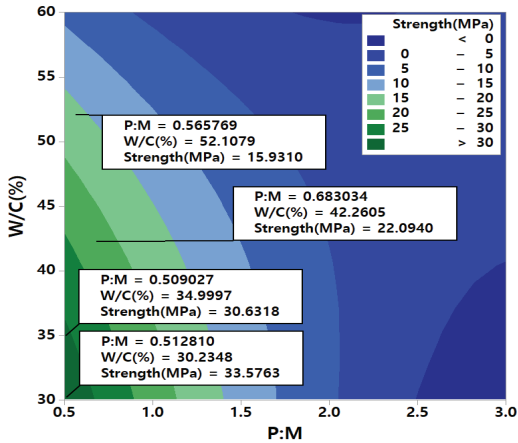


Fig. 10. Compressive strength according to P:M and W/B

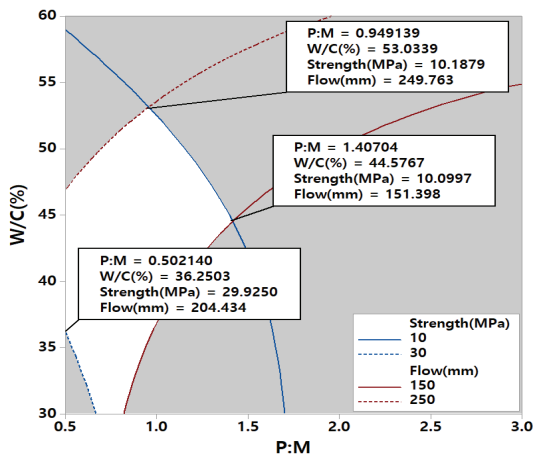


Fig. 11. Relationship between optimal P:M and W/B according to target compressive strength and flow

수준을 살펴볼 경우 P:M에 대해서는 매우 유의한 것으로 나타나지만 W/B의 경우에서 0.3 이상으로 유의하지 않음을 알 수 있다. 따라서 최적의 P:M이 존재하는 것을 확인할 수 있으며, W/B에 따른 최적의 P:M를 고려하기 위해서는 추가적인 실험이 필요할 것으로 판단된다. 그러나 본 논문에서 요구하는 재령 7일 압축강도의 20MPa 이상의 범위를 만족하는 배합비는 Fig. 10과 같이 P:M 1:0.5의 범위내 W/B 35, 40 및 45의 범위에서 목표강도를 만족할 수 있는 것으로 판단되며, P:M 1:0.5의 범위에서 W/B 33%를 적용할 경우 약 23.14MPa로 최대강도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 작업성을 고려한 유동성을 포함하여 고려할 경우에는 W/B 40 이상인 범위내에서 배합비를 선정하여야 할 것으로 판단된다.

Fig. 9는 P:M 및 W/B에 따른 플로우 분석결과를 나타낸 것이며, Fig. 10은 P:M 및 W/B에 따른 압축강도 분석결과를 나타낸 것이다. Fig. 10의 결과 본 연구에서 요구하는 목표강도를 만족시키기 위해서는 최대 30MPa 이상을 발현하는 P:M(1:0.5) 및 W/B 30%의 구간부터 최소 10MPa 이상을 발현하는 구간인 P:M(약 1:1.5) 및 W/B 약 60% 범위가 적합할 것으로 판단된다. Fig. 11은 Fig. 9와 Fig. 10을 중첩한 것으로 요구 플로우 및 압축강도 범위를 만족하는 적정 P:M은 P:M 1:0.5의 범위 내 W/B 35%, 40% 및 45%의 범위에서 목표 강도를 만족할 수 있는 것으로 판단된다.

또한 P:M 1:0.5의 범위에서 W/B 35%를 적용할 경우 약 30.63MPa로 최대강도를 얻을 수 있을 것으로 분석되었다. 그러나 작업성을 고려할 경우에는 적정 플로우를 얻을 수 있는 W/B 40% 이하인 범위 내에서 배합비를 선정하여야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 리빙 콘크리트 패널 설계시 재료적 측면에서 모 재료의 품질을 제어하고 반영하고자 마그네시아 복합체의 혼합비와 W/B에 대한 품질 특성의 영향을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 마그네시아 복합체는 산화마그네슘의 밀도가 인산칼륨의 밀도와 비교하여 상대적으로 큰 원인에 기인하여 P:M이 증가할수록 실제 질량이 급격하게 증가하기 때문에 반응을 위한 배합수의 부족으로 혼합이 되지 않는 것으로 판단된다.
2. 마그네시아 복합체는 P:M이 증가함에 따라 강도가 감소하는 경향이 나타났으며, 최적의 배합비율이 존재함을 확인할 수 있었다.

3. 마그네시아 복합체는 리빙 콘크리트 패널의 모재료로서 활용하기 위해서는 소요의 강도범위를 만족하는 수준에서 작업성을 고려하여 소요 유동성을 가지는 배합을 선정하여야 할 것으로 판단된다.

이러한 결과를 통하여 리빙 콘크리트 패널은 P:M 1:0.5의 범위에서 W/B 35%를 적용할 경우에 최대강도를 얻을 수 있으며, 작업성을 고려할 경우에는 적정 플로우를 얻을 수 있는 W/B 40% 이하인 범위 내에서 배합비를 선정할 경우 플로우와 압축강도를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

이 연구는 건설 기술 연구의 보조금(21CTAP-C163834-01)의 지원을 받았습니다. 한국 정부의 국토교통부에서 지원하는 프로그램입니다.

References

Cha, H.J., Lim, J.H. (2011). The effect of urban road vegetation on a decrease of road surface temperature, *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture*, **39(3)**, 107–116.

Chae, C.U., Suh, C.H. (1994). An experimental study on the lightweight precast concrete panel development, *Proceeding of the Architectural Institute of Korea*, **14(1)**, 521–524.

de Los Rios, A., Camara, B., Cura, M.A.G., Rico, V.J., Galvan, V., Ascaso, C. (2009). Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia, *Journal of Science of The Total Environment*, **407(3)**, 1123–1134.

Eggert, A., Haubner, N., Klausch, S., Karsten, U., Schumann, R. (2006). Quantification of algal biofilms colonising building materials: chlorophyll a measured by PAM-fluorometry as a Biomass Parameter, *Journal of Biofouling*, **22(2)**, 79–90.

Favero-Longo, S.E., Castelli, D., Fubini, B., Piervittori, R. (2009). Lichens on asbestos-cement roofs: bioweathering and biocovering effects, *Journal of Hazardous Materials*, **162(2–3)**,

1300–1308.

Guillitte, O., Dreesen, R. (1995). Laboratory chamber studies and petrographical analysis as bioreceptivity assessment tools of building materials, *Journal of Science of The Total Environment*, **167(1–3)**, 365–374.

Jeon, J.K., An, Y.S., Kim, E.J. (2014). Performance evaluation study on green-wall system using moss, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, **26(3)**, 36–40 [In Korean].

Kim, J.H., Kang, S.P., No, H.N., Lee, B.C. (2015). Characteristics and application of magnesia phosphate ceramic for construction materials, *Magazine of the Korea Concrete Institute*, **27(6)**, 57–62.

Kim, S.B., Kim, G.H., Cho, J.H. (2001). The urban heat island phenomenon and potential mitigation strategies, *Journal of Nakdong River Environmental Research Institute*, **6(1)**, 63–89.

Kim, T.H., Li, F.Q., Ahn, T.W., Choi, I.S., Oh, J.M. (2011b). Research on improvement of water purification efficiency by concrete using bio film, *Journal of Environmental Impact Assessment*, **20(6)**, 815–821.

Kim, Y.J., Kang, D.H., Ahn, K.H. (2011a). Characteristics of urban heat-island phenomena caused by climate changes in Seoul, and alternative urban design approaches for their improvements, *Journal of the Urban Design Institute of Korea Urban Design*, **12(3)**, 5–14.

Korea Concrete Institute. (2009). *Concrete Standard Specification*, Korea Concrete Institute Korea.

Lee, J.S., Park, S.H., Kim, Y.S., Shin, H.C. (2012). A fundamental experiment of the artificial soil mixture using stone sludge burning pellet for applying to green roof soil, *Journal of the Korea Concrete Institute*, **24(2)**, 209–210 [In Korean].

Ma, H., Xu, B. (2017). Potential to designmagnesium potassiumphosphate cement paste based on an optimal magnesia-to-phosphate ratio, *Journal of Materials and Design*, **118**, 81–88.

Manso, S., Muynck, W.D., Segura, I., Aguado, A., Steppe, K., Boon, N., Belie, N.D. (2014). Bioreceptivity evaluation of cementitious materials designed to stimulate biological growth, *Journal of Science of The Total Environment*, **481**, 232–241.

Myung, S.J. (2015). The effect of green area in urban area on mitigation of urban heat island, *Proceeding of Korean Meteorological Society*, **2**, 402–403.

Papida, S., Murphy, W., May, E. (2000). Enhancement of physical weathering of building stones by microbial populations, *International Biodeterioration & Biodegradation*, **46(4)**, 305–317.

Park, E.H., Oh, C.H. (2011). A study of CO₂ reduction effect by preventing heat island, *Proceeding of Korean Society of*

Environment and Ecology, **21(1)**, 133–141.
Perini, K., Ottele, M., Haas, E., Raiteri, R. (2011). Greening the

building envelope, facade greening and living wall systems,
Journal of Ecology, **1(1)**, 1–8.

리빙 콘크리트 패널용 마그네시아 복합체의 마그네시아 및 인산칼륨 비율에 따른 기초 품질 특성

본 연구에서는 리빙 콘크리트 패널 설계시, 재료적 측면에서 모재료의 품질을 제어하기 위하여 마그네시아 복합체의 마그네시아 및 인산칼륨 비율에 따른 품질특성을 평가하였다. 품질특성은 W/B는 7수준(30, 35, 40, 45, 50, 55 및 60%), P:M 4수준(1:0.5, 1:1.0, 1:2.0 및 1:3.0 vol. %)에 따라 제조하여 평가하였다. 마그네시아 복합체의 플로우 평가결과, W/B가 증가할수록 플로우가 증가하는 경향이 나타났으며, P:M 증가에 따라 플로우가 감소하는 경향이 나타났다. 마그네시아 복합체의 압축강도 평가결과, P:M이 증가함에 따라 강도가 감소하는 경향이 나타났으나 최적의 배합비율이 존재함을 확인할 수 있었다.