

FCS 가변형 몰드 생산을 위한 PCM 분석

Analysis of Phase Change Materials for Production of Changable Mold for Free-form Concrete Segment

이 동 훈*

Lee, Donghoon

김 선 국**

Kim, Sunkuk

Abstract

A mold of free-form concrete segment can be used only one time. Thus, the construction duration and cost are increased. The materials of the mold such as wood and metal have limitations due to the implementation and reuse. The review of the material of the mold for free-form concrete segment is needed to reduce duration and production cost. Phase change material can be used both to implement free-shape by heating and to produce mold after cooling. After using Phase change material can be re-used to mold by heating. The scope of this study is many kind of phase change materials for molding. The aim of this study is to analyze the phase change materials for production of changable mold for free-form concrete segment. In this study, the paraffin wax that is melted at 64°C was selected by considering both the energy efficiency and the weather of Korea.

키 워 드 : 비정형 부재, 가변형 몰드, 상변화 물질, 용융점, 융해열

Keywords : Freeform concrete segment, Mold, Phase change material, Melting point, Heat of fusion

1. 서 론

비정형 부재 (Freeform Concrete Segment, 이하 FCS)는 자유로운 형상을 가진 부재이므로 금속 또는 목재와 같은 기존의 재료와 기술로는 재활용이 가능한 몰드의 제작이 어렵다. 지금까지 비정형 건축물에 사용된 FCS 생산을 위한 몰드는 1회성으로 사용되었다. 이러한 이유로 비정형 건축물의 공기와 원가가 막대하게 증가하였다. 그러나 비정형 건축물의 경제적 구현을 위한 비정형 콘크리트 부재의 생산기술을 실용화 수준으로 개발한 국내 연구는 전무한 실정이다(김근호, 2014). 따라서 본 연구는 상변화 물질 (Phase Change Material, 이하 PCM)을 가열하여 형상을 구현하고 냉각한 후 몰드로 사용하는 공법을 개발하기 위한 선행연구로 몰드의 주재료인 PCM의 용융점과 융해열 분석을 목적으로 한다.

2. PCM의 특성 분석 및 선정

가변형 몰드의 주재료로 사용할 수 있는 PCM을 선정하기 위해 용점과 융해열을 고려한다. 표 1은 상변화물질의 용점과 융해열을 조사한 결과이다. 몰드의 주재료로 사용하기 위해 용점은 상온보다 높아야 하며 융해열은 낮을수록 효율적이다. 따라서 용점이 50°C이하인 물질은 가변형 몰드의 재료로 부적합하다. 또한 용점이 75°C이상인 경우 가열용량이 높아 에너지 소비량이 크기 때문에 후보에서 제외한다. 따라서 가변형 몰드의 재료로 적합한 물질은 스테아린산과 파라핀이며 이중 융해열이 작은 (174kJ/kg) 파라핀이 가장 적합한 물질인 것으로 판단된다.

표 1. 상변화물질의 용점과 융해열 (한국생산기술연구원, 2014)

물질명	Melting point(°C)	Heat of fusion(kJ/kg)	물질명	Melting point(°C)	Heat of fusion(kJ/kg)
아세트아미드	82.3	214	시안 아미드	44.0	208.41
프로필아미드	81.3	168	d-유산	26	184
나프탈렌	78.2	148	글리세롤	18.2	200.62
스테아린산	71	203	아세트산	16.6	192.09
파라핀	20~64	174	에틸렌디아민	11.1	375.77
3-헵타데카논	48	218	폴리글리콜E400	8.3	276.35

* 경희대학교 건축공학과 박사과정

** 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(kimsuk@khu.ac.kr)

파라핀 계열의 화합물은 표 2와 같이 다양한 종류가 있으며 용점과 용융열의 차이가 있다. 가변형 거푸집의 재료로 적합한 화합물을 도출하기 위해 거푸집 제작 환경인 상온의 변화를 조사해야한다. 표 3은 1993년부터 2012년까지 20년간의 국내 기온변화를 조사한 자료이다. 대표적인 도시인 부산과 서울을 대상으로 조사하였으며 최저기온은 서울에서 영하 17℃를 기록하였으며 최고 기온은 38.4℃인 것으로 확인된다.

표 2. 파라핀 화합물의 종류 (한국생산기술연구원, 2014)

Compound	Melting point(°C)	Heat of fusion(kJ/kg)	Compound	Melting point(°C)	Heat of fusion(kJ/kg)
Paraffin C16-C18	20-22	152.0	Paraffin C13-C24	22-24	189.0
Polyglycol E600	22	127.2	1-Dodecanol	26	200.0
Paraffin wax	64	173.6	1-Tetradecanol	38	205.0
Paraffin C16-C28	42-44	189.0	Paraffin C18	27.5	243.5
Paraffin C20-C33	48-50	189.0	Vinyl stearate	27-29	122.0

표 3. 한국의 20년간 기온변화 (기상청, 2014)

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	최고	13.5	18.7	22.2	29.8	31.9	35.0	38.4	37.0	32.8	28.3	21.8	16.2
	평균	-2.1	0.8	5.8	12.5	18.1	22.4	25.1	25.8	21.5	15.0	7.5	0.3
	최저	-15.4	-17.1	-7.6	-0.9	5.8	10.8	16.2	16.3	8.4	-2.0	-9.0	-15.1
부산	최고	17.5	20.3	22.9	28.1	29.9	29.9	35.8	34.9	35.2	29.1	25.6	19.4
	평균	3.3	5.2	8.6	13.3	24.8	20.2	23.5	25.1	22.0	17.5	11.8	6.0
	최저	-12.8	-9.9	-5.0	-0.1	7.8	12.4	15.8	16.8	13.1	1.8	-3.6	-10.6

따라서 한국의 기온 변화구간은 그림1의 (a)와 같이 -17℃에서 38℃이며 여름철 일사광에 의한 재료의 온도 상승을 고려하여 용점이 최소한 45℃ 이상이어야 한다. 따라서 파라핀 왁스 (Paraffin wax)와 파라핀 C20-C33 (Paraffin C20-C33)이 계절과 상관없이 상온에서 고체상태를 유지한다. 또한 가열부하 보다 냉각부하가 높은 점을 고려하면 용융점이 64℃인 파라핀 왁스가 가장 적합한 재료인 것으로 판단된다. 그러나 겨울철 기온이 영하로 떨어진 경우 파라핀 왁스의 용융을 위한 온도차가 증가하여 냉각부하를 감인하더라도 에너지 소비측면에서 비효율적이다. 따라서 계절에 따라 두 가지 종류의 파라핀을 선택하여 적용하는 것이 에너지 소비를 줄이는 방법이다.

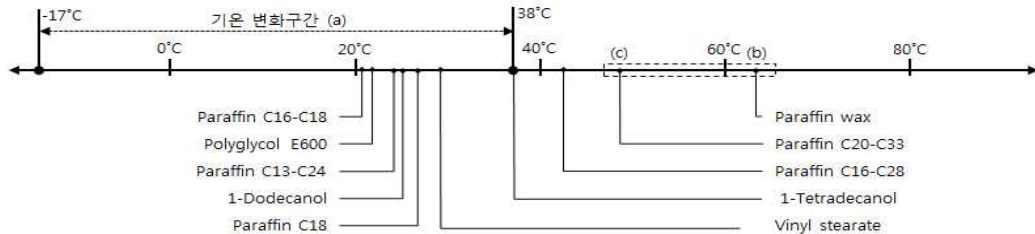


그림 1. 파라핀 종류별 용점 비교

3. 결 론

본 연구는 가변형 몰드의 주재료인 PCM의 용융점과 용해열 분석을 분석하였다. 용융점과 용해열은 한국의 기온과 비교하여 분석하였으며 파라핀 왁스와 파라핀 C20-C33이 계절과 상관없이 상온에서 고체상태를 유지하므로 적합한 PCM인 것으로 판단된다. 또한 용융점이 64℃인 파라핀 왁스가 에너지 측면에서 유리한 것으로 판단되며 기온에 따라 선택적으로 적용하는 것이 에너지 소비를 줄이는 방법이다.

Acknowledgement

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2013R1A2A2A01068297)

참 고 문 헌

1. 김근호, 비정형 콘크리트 부재의 생산 및 관리기술 개발, 경희대학교 석사학위논문, 2014.2
2. 한국생산기술연구원, 화합물의 종류별 용점과 용해열, 2014, <http://www.kitech.re.kr/>
3. 기상청, 연도별 기후자료, 2014, <http://www.kma.go.kr/index.jsp>