

식물성 왁스를 포함하는 무기바인더의 강도 평가

배민아*, 김경호*, 이만식**, 백재호**

*한국생산기술연구원

**과학기술연합대학원대학교

e-mail:jhbaek@kitech.re.kr

Evaluation of inorganic binder strength properties including vegetable wax

Min A Bae*, Kyeong Ho Kim*, Man Sig Lee*, Jae Ho Baek*

*Korea Institute of Industrial Technology

**Department of Green process and System Engineering, University of Science and Technology

요약

무기바인더는 저온에서 경화가 가능하며, 유해가스를 배출하지 않는 장점을 가지고 있으나 그 특유의 흡습성으로 인하여 공기 중 수분을 흡수하여 결합력이 약해져 중자의 강도가 급격히 감소하는 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 무기바인더의 강도와 흡습성을 개선하기 위해 에스테르기를 함유하는 왁스를 이용하여 이를 효율적으로 합성하는 방법을 연구하였다. 식물성 왁스와 합성된 무기바인더의 특성을 확인하고, 일반 강도와 내수강도 평가를 진행하였다. 그 결과 왁스를 포함한 무기바인더의 경우 일반 강도가 증가하였으며, 특히 내수강도가 118 N/cm²에서 216 N/cm²까지 증가하여 약 55%의 강도 개선 효과를 확인하였다.

1. 서론

무기바인더는 저온에서 경화가 가능하여 유기바인더에 비해 에너지 소모량이 적으며 유해가스를 배출하지 않기 때문에 친환경적이다. 이러한 친환경적인 장점으로 인해 무기바인더에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만[1-2], 무기바인더 특유의 흡습성으로 인해 바인더 결합력이 약해져 대기 환경에 노출 될 시 강도가 급격히 감소하는 문제가 있다[3]. 이에, 본 연구에선 실리케이트가 주성분인 무기바인더를 이용하여 무기 화합물 첨가제(Silicon water, Silica sol, Potassium silicate등)와 에스테르기를 함유하는 식물성 왁스를 합성하여 기존 무기바인더가 가지는 강도와 내수 강도를 개선하여 주로 산업 적용하고자 하였다. 본 연구에서 적용한 식물성 왁스는 다양한 광택제, 화장품 등에 사용되고 있기에 무기바인더가 경화 될 시 피막형성제로 작용하여 무기바인더의 수분 흡습성을 저하시켜 강도를 개선시키는 역할을 할 것으로 기대하였다.

2. 실험 방법

2.1 바인더 합성

본 연구에서 식물성 왁스(AAKO.Co.Ltd.)는 분말상태로 사용하였으며, 그 특성은 표 1에 나타내었다.

[표 1] Physical and chemical properties.

Physical state	Colour	Melting point[°C]	Boiling point[°C]	Density [kg/m ³]
Waxy solid	Colour less	64-90	No data available	982-1000

기존 무기바인더[4]에 식물성 왁스를 첨가하여 무기바인더를 합성할 시 왁스의 melting point를 고려하여 합성 초반에는 90 °C 이상의 온도에서 용해를 진행하였으며, 왁스가 완전히 용해된 후에는 그보다 낮은 60 °C의 온도에서 합성을 진행하였다.

2.2 주형의 강도특성

합성된 무기바인더는 AFS 55 베트남 사에 3 wt% 함량으로 혼련하여 강도, 내수강도 평가를 실시하였다. 이때 사용된 베트남 사의 산도는 pH 6.8이며 염분 함유량은 11 ppm, SiO₂ 함량은 97.4 %이다. 베트남 사와 무기바인더를 주물사용 믹서기(YOUNGJIN MACHINERY CO., LTD)를 이용하여 300 rpm에서 150초 혼합하여 혼련사를 제조하였다. 강도 및 내수강도 측정을 위해 무기중차 제조 장치(YOUNGJIN

MACHINERY CO., LTD)를 이용하여 샘플을 제작하였다. 샘플 크기는 175x22.4x22.4 mm(LxWxH) 직사각형이며, 150 °C 70초로 경화하였으며, 강도 측정은 범용 시험기(HEUN.IN, Korea)를 사용하여 측정하였다. 중차 제조 후 최소 60분의 냉각 시간을 확보한 후 최대 강도를 확인하였으며, 또한 절대 습도 29.9 g/cm³의 대기상태에서 1시간, 3시간 노출 시킨 후 변화되는 내수 강도를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 무기바인더 특성분석

본 연구에서 합성된 무기바인더의 물리화학적 특성을 표 2에 나타내었다. 일반 무기바인더의 SiO₂와 Na₂O 몰 비는 3.5로 나타났으나, 식물성 왁스를 첨가한 경우 4.7로 몰 비가 증가함으로써 바인더의 점도가 높아짐을 확인할 수 있었다. SiO₂와 Na₂O 몰 비가 3.4를 초과하는 경우에는 Na 이온이 작아져 초기 강도가 낮아지는 문제가 발생[5]하나 본 연구에 사용된 무기바인더의 경우 K 이온이 Na 이온을 대체하여 초기강도를 보상 해 주는 것으로 판단된다.

[표 2] Physical properties of prepared inorganic binders

	XRF (%)				Specific gravity	Viscosity (cps)
	Si	Na	K	etc.		
Inorganic binder	65.7	19.4	13.3	1.6	1.34	31.4
lb+W ^{**} (1wt%)	66.4	14.0	14.7	4.9	1.35	38.1

lb : Inorganic binder
**W: Wax

3.2 무기바인더의 강도

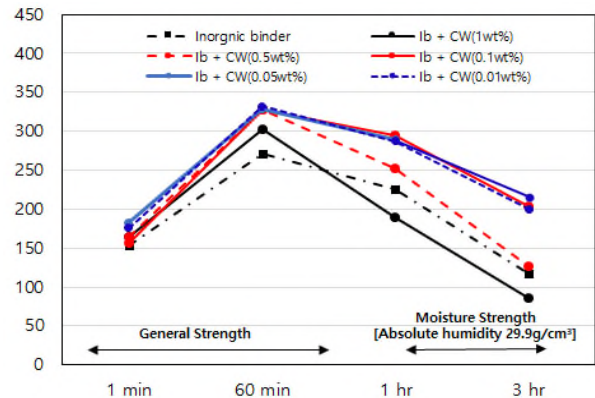
그림 1과 표 3은 무기바인더로 제작한 샘플 중차의 강도를 측정한 결과이다. 주형이 가지는 강도는 주조품을 생산하는 모든 과정에서 중요한 요소로 작용하며 주형의 강도가 약하면 주형의 조립, 보관, 이송이 불가하고 주조 중 용탕의 온도와 압력을 버티지 못해 조기붕괴를 일으켜 주물 결함을 발생시킨다.

그림 1의 일반강도와 내수강도 결과를 보면 금형 탈형 직후라 할 수 있는 1분에서의 초기강도는 154-176 N/cm³으로 일반 무기바인더에서 왁스가 첨가될수록 소폭 증가하였다. 60분의 방치 후 최대 강도는 일반 무기바인더에 비해 왁스를 첨가한 바인더가 271 N/cm³에서 332 N/cm³로 약 23% 증가하였으나, 왁스의 첨가량이 증가할수록 최대 강도가 소폭 감소하였다.

[표 3] Strength test results of core prepared using inorganic binders

Sample	General Strength(N/cm ³)		Moisture strength(N/cm ³) 29.9 g/m ³ (38°C, 65RH%)	
	1 min	60 min	1 hr	3 hr
Inorganic binder	154	271	225	118
lb*+W**(1wt%)	165	302	189	86
lb+W(0.5wt%)	165	327	253	127
lb+W(0.1wt%)	156	328	294	203
lb+W(0.05wt%)	182	328	289	216
lb+W(0.01wt%)	176	332	287	200

lb : Inorganic binder
**W: Wax



[그림 1] Strength test results of core prepared using inorganic binders

무기바인더의 경우 대기 중 주형을 방치할 시 그 강도는 시간이 지남에 따라 점차 감소하는데 이는 주원료인 몰유리 (xSiO₂-yNa₂O) 특유의 흡습성으로 인해 대기 중의 수분을 흡수하여 결합력을 저하시키기 때문으로 알려져 있다. 왁스의 첨가량이 0.01 wt% 이상만 되어도 일단 강도와 내수 강도가 크게 증가됨을 확인 할 수 있었는데, 무엇보다 왁스가 0.05 wt% 첨가 될 시 내수 3시간 후 강도가 216 N/cm³으로 일반 무기바인더 118 N/cm³과 비교하여 약 55% 개선됨을 확인하였다. 그러나 왁스가 1 wt% 이상으로 포함된 경우 내수 3시간 후 강도는 약 86 N/cm³으로 탈형 후 초기 강도보다 낮아지는 결과를 보였는데, 이는 왁스의 과량 첨가로 인해 무기바인더의 결합력이 감소하였음을 의미한다.

4. 결론

무기바인더의 강도 특성을 개선하기 위해 식물성 왁스를 사용하였으며, 이를 무기바인더에 합성한 후 특성 평가를 진행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 식물성 왁스를 첨가하여 제조된 무기바인더는 왁스의 영향으로 SiO₂/Na₂O 몰 비는 4.7 점도는 38.1 cps로 일반 무기

바인더 비해 증가함을 확인하였다.

2) 식물성 왁스가 첨가된 무기바인더의 초기 강도는 소폭 증가하였으나, 최대 강도는 271 N/cm^3 에서 332 N/cm^3 로 약 23 % 증가하였으나, 왁스의 첨가량이 증가할수록 최대 강도는 감소하였다.

3) 식물성 왁스가 0.05 wt% 첨가 될 시 내수 3시간 후 강도가 216 N/cm^3 으로 일반 무기바인더 118 N/cm^3 과 비교하여 약 55 % 개선됨을 확인하였다.

참고문헌

- [1] A Schrey, Noracel* W100 -a new technology to prevent veining defects, Foseco Foundry Practice 246 Publishers, pp. 34, 2007년.
- [2] U. Nwaogu and N. S. Tiedje, "Foundry coating technology : A review", Mat. Sci. and Application, 제 2권 8호, pp.1143-1160, 2011년.
- [3] K. Aramaki, "The inhibition effects of chromate-free, anion inhibitors on corrosion of zinc in aerated 0.5 M NaCl", Corrosion Science, 제43권 3호 pp.591-604, 5월, 2001년.
- [4] M. A. Bae, M. H. Kim, J. W. Park, and M. S. Lee, "Effect of Additives on the Sand Burning of Inorganic Binder in Al-Si7Mg Alloy Casting", Korean J. Met. Mater., 제56권 4호, pp.327-333, 2018년
- [5] W. K Lee and A. R Oh, "Effect of $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ Mole Fraction on Geopolymer Foam Block Made from Mine Tailing", J. Korea Soc. Waste Manag, 제29권 2호, pp.155-160, 2월, 2012년.
- [6] J. K. Yoo, Y. H. Keum and B. H. Shon, "A study on the synthesis of porous silica from a sodium silicate", Korea Academia-Industrial cooperation Society, 제15권 4호, pp.2519-2525, 4월, 2014년.