

경량 기포 콘크리트의 레올로지 특성이 소포억제에 미치는 영향

Influence of Rheological Properties of Lightweight Foamed Concrete on Preventing Foam Collapse

이향선¹ · 전종운¹ · 조무진² · 기성훈³ · 한동엽^{4*}

Hyang-Sun Lee¹ · Jong-Woon Jeon¹ · Mujin Jo² · Seong-Hoon Kee³ · Dongyeop Han^{4*}

(Received October 29, 2018 / Revised November 29, 2018 / Accepted December 6, 2018)

The aim of the research is to provide possibility of quality controlling by rheological properties for lightweight foamed concrete. The lightweight foamed concrete achieves its low density by containing air bubbles (foam) produced during the mixing process. Therefore, containing foamed volume during setting period is critical for the securing the performance as an insulating material. In this research, regarding foam collapse during the setting period, rheological properties of fresh state lightweight foamed concrete were assessed to get its relationship with volume stability, or foam stability. For the experiment regarding foaming factors including mixing time, mix design of contents for materials, rheological properties of fresh state lightweight foamed concrete were tested with its density and settling depth. Based on the settling depth with various factors, relationship with rheological properties was analyzed, and especially, close relationship of plastic viscosity and settling depth was found. Therefore, from the results of this research, it is considered to contribute on suggesting a new approach of quality controlling for lightweight foamed concrete using rheological test method.

키워드 : 경량 기포 콘크리트, 기포 안정화, 침하, 레올로지 특성, 소성점도

Keywords : Lightweight foamed concrete, Foam stability, Settlement, Rheological properties, Plastic viscosity

1. 서론

경량 기포 콘크리트는 경량성과 단열성, 흡음성을 가지는 재료로써, 바닥난방의 단열층 형성 및 무기단열재를 제조하는 재료로 사용된다. 특히, 최근 유기단열재에 의한 건축물 화재는 유독가스로 인한 2차 피해 발생으로 이러한 단점을 해결하기 위해 무기단열재의 사용을 증대시키고 있으며 여기에 경량기포 콘크리트의 성능에 대한 연구들이 진행되고 있다.

경량 기포 콘크리트는 시멘트 페이스트에 기포를 포함하도록 하는 재료로서 기포 생성 과정에 따라 프리포밍방식(Pre-Foaming)과 믹스포밍방식(Mix-Foaming)으로 구분할 수 있다. 프리포밍방식은 기포발생기를 통해 미리 만들어진 기포를 슬러리에 혼입하는

방식으로 기존의 바닥난방의 단열층 형성에 많이 쓰이는 방법이다. 한편, 믹스포밍방식은 믹스포밍방식은 슬러리에 기포제를 혼입하여 혼합 과정에서 기포를 발생시키는 방식이다. 프리포밍방식은 기포량 조절과 현장타설 과정이 쉬우며, 비교적 균일한 독립기포를 형성할 수 있다. 또한, 이 방법은 모든 재료를 드라이 믹스 형태로 제조할 수 있어서 품질확보가 용이하고 현장에서 사용이 간편하다는 장점이 있다. 반면, 믹스포밍방식은 비빔 시간에 따라 발생하는 기포량의 차이가 크기 때문에 일정한 기포량을 생성하기 힘들다는 단점이 있으나, 믹스포밍방식에 의해 발생된 기포는 슬러리 내에 비교적 균등하게 분포한다는 장점이 있다.

한편, 경량 기포 콘크리트는 슬러리 내 기포의 안정성과 물-결합재비와 소포율의 관계, 결합재의 흡착성에 대한 이해 등의 부족

* Corresponding author E-mail: donald.dyhan@gnu.ac.kr

¹경상대학교 건축공학과 석사과정 (Department of Architectural Engineering, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea)

²동아대학교 건축공학과 석사과정 (Department of Architectural Engineering, Dong-A University, Busan, 49315, Korea)

³동아대학교 건축공학과 조교수 (Department of Architectural Engineering, Dong-A University, Busan, 49315, Korea)

⁴경상대학교 건축공학과, 공학연구원 조교수 (Department of Architectural Engineering, and Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea)

으로 소포에 의한 체적감소의 문제점을 가지고 있으며, 이러한 문제점은 단열성능과 경제성, 압축강도, 내균열 저항성의 저하에 영향을 미치게 된다.

이에 본 연구에서는 경량 기포 콘크리트를 이용한 무기단열재 생산을 위한 방법의 일환으로 믹스포밍방법을 통해 제조된 경량 기포 콘크리트의 품질 확보를 위해 소포를 저감시킬 수 있는 요소로써 레올로지 특성을 연계하여 분석하고자 한다. 이를 통해 경량 기포 콘크리트의 레올로지 특성과 소포와의 관계를 제시하고 소포를 최소화 할 수 있는 범위의 배합조건을 제시하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에서는 경량 기포 콘크리트의 소포 및 소포에 의한 침하에 미치는 요인들을 분석하고 소포를 최소화하여 부피안정성을 확보할 수 있는 배합 조건을 제시하기 위한 실험을 계획하였다. 실험 계획은 Table 1과 같다. 경량 기포 콘크리트의 소포 및 레올로지 특성에 영향을 미칠 수 있는 요인으로써 고성능 감수제를 제외한 모든 재료적인 부분을 검토하였다. 즉, 비빔 시간과 물-결합재비, 증점제 첨가량, 기포제 첨가량, 폐지 첨가량으로 선정하였으며, 각각의 요인들에 변수를 설정하였다. 먼저 비빔 시간은 2분 간격으로 6~14분의 5수준으로 하였고, 물-결합재비는 0.1 간격으로 0.6~1.2의 6수준으로 하였다. 기존의 경량 기포 콘크리트를 위한 배합에는 보통 콘크리트와 다르게 다소 높은 수준의 물시멘트비를 갖게 되어 이러한 특징을 반영하여 물-결합재비 범위를 정하였다. 증점제는 시멘트에 대한 질량비로 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7%의 6수준으로 하였으며, 기포제 또한 동일하게 구분하였다. 마지막으로 폐지는 시멘트에 대한 질량비로 1% 간격으로 0~5%로

Table 1. Experimental plan

	Factor		Default	Levels
Mixture conditions	Mixing time	5	10	6, 8, 10, 12, 14
	W/B	6	0.9	0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2
	Viscosity agent	6	0.3	0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7
	Foaming agent	6	0.3	0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7
	Superplasticizer	-	0.3	-
	Waste paper	6	4.75	0, 1, 2, 3, 4, 5
Test		2		Slurry density Dry density Settling depth Plastic viscosity

구분하여 각각 실험계획 하였다.

실험 사항으로는 경량 기포 콘크리트의 Ø100×200mm의 공시체 기준으로 슬러리 밀도와 절건밀도, 경화된 경량 기포 콘크리트의 침하 된 깊이를 측정하였으며, 레올로지적 특성과 소포의 관계를 분석하기 위해 독일 Thermo KA사의 Viscotester-IQ Rheometer_Vane rotor with universal container holder를 사용하여 빙험모델 산출을 통해 소성점도 계산하였다. 본 실험은 실험실 환경조건을 온도 및 습도를 20±2℃, 60±10%로 유지하여 진행하였다.

2.2 사용재료

본 연구에서 사용한 재료는 기본적으로 모두 분말형태의 재료를 사용하였다. 이는 서론에 서술한 바와 같이 믹스포밍 형태의 기포콘크리트의 사용성 및 상품성을 극대화하기 위해 모든 재료를 건식화하기 위해서이다. 먼저, 사용된 시멘트는 Table 2에서 보는 바와 같이 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 물은 수돗물을 사용하였으나 일반적인 수돗물의 경우온도가 15℃로서 이 경우 기포형성이 극대화 되지 않았다. 이에 사전 실험을 통해 배합수의 온도를 26℃로 유지한 후 배합을 실시하였다. 경량 기포 콘크리트의 기포를 안정화시키기 위한 점도 증진을 목적으로 사용한 증점제를 사용하였다. 다음으로 슬러리에서 기포를 발생하기 위해 사용한 기포제는 여러 계면활성제 종류에서 거품 형성이 가장 뛰어난 음이온계 계면활성제를 사용하였다. 계면활성제는 수용액의 농도가 일정 범위 이상이 되면 분자내의 친수기, 소수기가 조건에 따라 구형 등의 형태로 응집을 이루는데, 이때의 형태를 마이셀구조라 하며, 마이셀이 형성되기 시작하는 농도를 임계마이셀농도(Critical Micelle Concentration, CMC)라 한다. 슬러리 내에 기포를 형성하기 위해서는 사용하는 계면활성제의 CMC 이상을 유지해야한다. 그러나 본 연구에서는 CMC를 측정하지 않고 시멘트에 대한 질량비를 변화시켜 기포제 첨가량의 변화에 따른 기포 발생량 및 침하량을 측정하였다. 고성능 감수제는 분말상의 재료를 사용하였다. 폐지는 제지슬러지를 사용하였다. 제지슬러지는 사전 실험을 통해 경량기포 콘크리트를 안정화 시키는 역할을 하였다. 사용한 제지슬러지는 산업부산물로 신문을 수거한 후 이물질질을 제거하고 분쇄 및 섬유화하는 가공공정을 통해 생산된 종이섬유이며, L사에서 얻어진 제지 슬러지를 사용하였다.

Table 2. Physical properties of normal portland cement

Powder	Packing density (kg/m ³)	Particle mean size (µm)	Specific surface area (cm ² /g)
Cement	0.967	0.001 × 10 ⁻³	0.0014 × 10 ⁻⁵

2.3 시험방법

경량 기포 콘크리트의 슬러리 밀도는 KS F 4036의 시험방법에 따라 일정한 크기의 원통 용기에 경량 기포 콘크리트 슬러리를 채운 후 윗부분을 수평하게 제거하고 질량을 측정하여 산출하였으며, 절건 밀도는 6일간 상온 양생 및 탈형 후 105℃ 건조로에 24시간 이상 건조시켜 질량을 측정하였다. 침하량은 Ø100×200mm의 원통형 용기에 경량 기포 콘크리트 시료를 상부까지 채운 후 3일간 상온 양생 후의 침하 깊이를 측정하였다. 침하 깊이 측정은 공시체 중앙에서 측정하였다. 특히, 침하가 100mm이상 발생한 경우에는 경화된 공시체의 상부가 오목한 형태를 띠는데, 이 경우에도 침하량은 중앙에서 측정하였다. 굳지 않은 상태에서 소성점도를 측정하기 위해서 레오미터를 사용하여 플로우 커브를 통해 빙험모델을 도출하였다. 레올리지의 전단변형율은 5s⁻¹간격으로 5~20s⁻¹로 계단형식으로 각 구간마다 15초간 적용하도록 설정하였으며, 여기서 산출한 유동곡선을 통해 빙험모델을 도출하여 소성점도를 측정하였다. 이러한 전단변형율 설정과 빙험모델은 Fig. 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 밀도와 침하량 분석

실험 인자에 따른 경량 기포 콘크리트의 소포 관련성을 평가하기 위해 각각의 실험 인자들의 변화에 따른 침하량의 결과를 다음과 같이 나타냈다. 먼저 비빔시간에 따른 밀도와 침하량을 Fig. 2에 나타냈다. 비빔시간이 증가할수록 슬러리 밀도와 절건 밀도가 감소하고 침하량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 물리적인 작용인 비빔으로 인해 기포제와 공기의 접촉빈도가 많아져 많은 양의 기포가 생성되어 밀도가 낮아지는 것으로 판단된다. 침하량은 기포가 생성되는 과정에서 기포량이 증가할수록 기포와 기포 사이에 존재할 수 있는 시멘트 페이스트 부피가 감소하여 시간의 경과와 더불어 기포가 소실된 것으로 생각된다.

다음으로, 물-결합재비에 따른 밀도와 침하량을 Fig. 3에 나타냈다. 물-결합재비가 증가할수록 슬러리 밀도와 절건 밀도가 증가하는 경향을 보이며, 침하량은 감소하는 것으로 나타났다. 밀도의 경우, 물-결합재비가 증가할수록 슬러리 밀도와 절건 밀도의 차이가 커지는 것을 확인할 수 있는데, 이는 물-결합재비가 증가할수록 물의 함량이 많아지므로, 절건 시 증발되는 물의 양이 많기 때문이다. 반면에, 물-결합재비 0.6에서 절건 밀도는 다른 결과 값들과 달리 슬러리 밀도보다 높은 값을 나타내고 있는데, 이를 통해 비교적 많은 침하 발생으로 인해 경화된 시험체 내에 존재하는 기포가

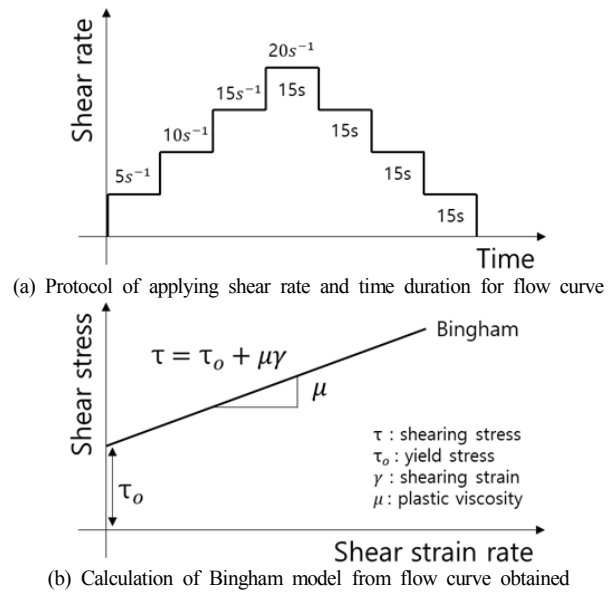


Fig. 1. Rheological test setting

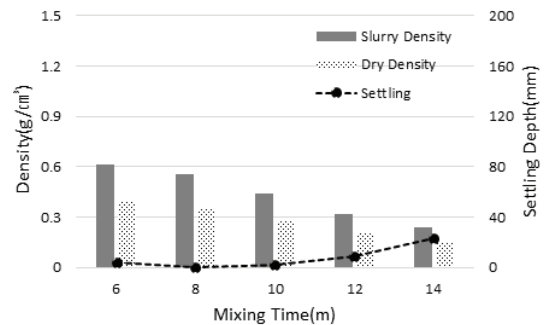


Fig. 2. Influence of mixing time on slurry and dry densities of lightweight foamed concrete

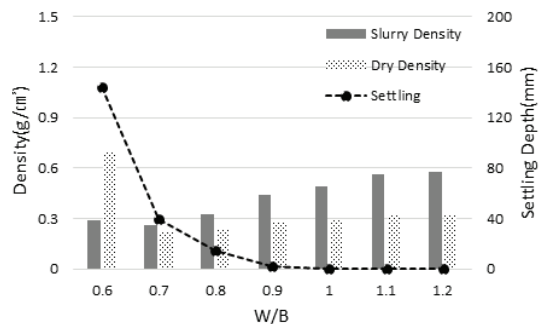


Fig. 3. Influence of W/B on slurry and dry densities of lightweight foamed concrete

대부분 존재하지 않아 절건 밀도가 높은 것으로 판단된다. 이 경우, 경화 시 시험체의 상부가 오목한 형태를 띠는데 이를 통해 급격히 짧은 시간에 기포가 소포된 것으로 생각되며 낮은 물-결합재비에

서 생성된 기포는 매우 불안정한 것을 확인할 수 있었다.

증점제에 따른 밀도와 침하량을 Fig. 4에 나타냈다. 증점제의 첨가량이 증가할수록 슬러리 밀도와 절건 밀도 모두 감소하는 것으로 나타났으며, 침하량은 비교적 작은 결과 값을 보이며, 결과 값의 변화가 크지 않다는 것을 알 수 있다. 슬러리 밀도의 경우 증점제의 첨가량이 증가할수록 밀도가 낮아지는데, 이는 증점제가 응결 및 경화 과정에 기포가 소실되는 것을 방지할 뿐 아니라 비빔 과정 및 굳지 않은 상태에서 발생된 기포를 안정적으로 고정하는 것에 기인한다고 생각된다.

다음으로 기포제에 따른 밀도와 침하량을 Fig. 5에 나타냈으며, 기포제의 첨가량이 증가할수록 슬러리 밀도는 감소하는 추세를 보였다. 절건 밀도는 0~0.3%까지는 감소하고 0.5% 이상에서는 증가하는 것으로 보이며, 침하량도 0.5% 이상에서는 급격한 증가 값으로 나타났다. 슬러리 밀도의 경우, 기포제 첨가량이 증가할수록 슬러리 내에 존재하는 기포량이 증가하여 낮은 밀도를 보이고 있으며, 절건 밀도의 경우 0.5% 이상의 첨가량에서는 물-결합재비 0.6의 경우와 같이 많은 양의 기포 소실로 인해 경화된 시편체 내에 존재하는 기포가 대부분 존재하지 않아 절건 밀도가 높아진 것으로 판단된다. 이를 통해 많은 양의 기포가 소실되는 배합의 경우는 경화 과정 중에 기포가 대부분 소포되어 절건 밀도가 슬러리 밀도보다 높아질 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 기포제 첨가량이 0.5% 이상인 경우 경화된 시편체가 오목한 형태를 띠는 것을 통해 물-결합재비 0.6과 같이 급격히 짧은 시간에 소포되어 기포의 불안정성을 확인할 수 있다.

폐지에 따른 밀도와 침하량을 Fig. 6에 나타냈다. 폐지 첨가량이 증가할수록 슬러리 밀도와 절건 밀도는 증가하다가 4% 이상에서는 감소하는 경향을 보이며, 침하량은 비교적 작은 수준으로 폐지량 변화에 의한 영향은 많지 않은 것으로 나타났다. 밀도의 경우 폐지 첨가량이 증가할수록 폐지가 흡수하는 물의 양이 증가하여 밀도가 증가하는 것으로 생각된다. 한편, 폐지 첨가량 2%의 경우 표면 기포의 크기가 $\varnothing 0.188\text{mm}^2$ 이었는데, 반면 폐지 첨가량 0, 1%의 경우에는 경화 시 표면에 각각 $\varnothing 0.755\text{mm}^2$, $\varnothing 0.518\text{mm}^2$ 정도의 크기의 공극 형성을 통해 폐지를 첨가함으로써 기포들이 제한된 크기로 유지되는 것으로 판단된다. 한편 폐지 첨가량 0, 1%의 경우 표면의 큰 기포로 인해 공기압으로 탈형했을 때 공극으로 공기압이 새어나가 탈형하지 못하여 절건 밀도 측정이 불가능하였다. 해당 실험체의 표면 기포 크기는 Fig. 7에 나타냈다.

이상의 결과에서 경량 기포 콘크리트의 기포가 소포되어 결과적으로 침하가 크게 발생하는 경우는 1) 비빔시간이 과도하게 많은 경우, 2) 물-결합재비가 낮은 경우, 3) 기포제가 과도한 경우로

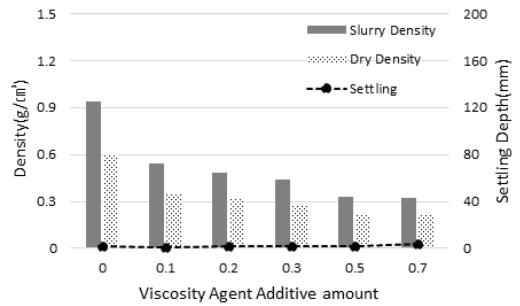


Fig. 4. Influence of viscosity agent on slurry and dry densities of lightweight foamed concrete

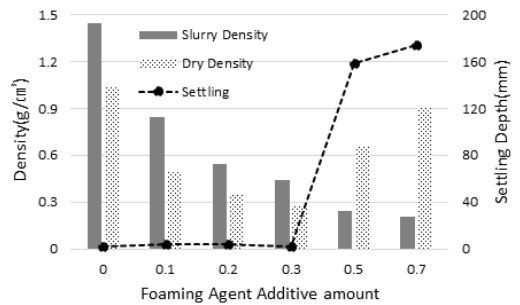


Fig. 5. Influence of foaming agent on slurry and dry densities of lightweight foamed concrete

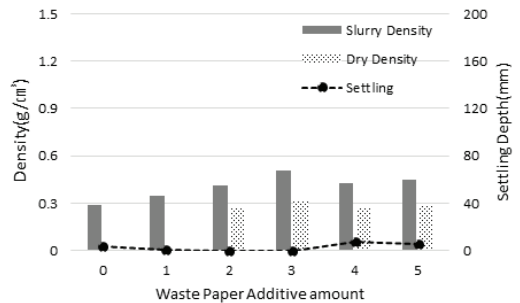
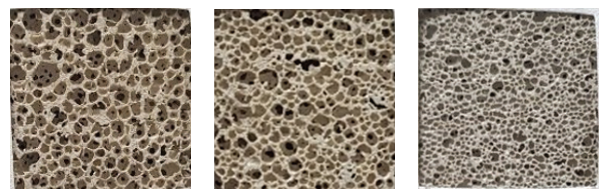


Fig. 6. Influence of waste paper on slurry and dry densities of lightweight foamed concrete



(a) Waste Paper 0% (b) Waste Paper 1% (c) Waste Paper 2%
Fig. 7. Shape of foam on the surface of the specimen according to the amount of the waste paper

정리할 수 있다. 즉, 비빔시간과다와 기포제 과다는 기포발생량과 직접적인 관계가 있는 것으로 보여진다. 물-결합재비의 경우는 물의 비율이 낮은 것과 동시에 시멘트 질량에 대한 비율로 첨가하는 기포제의 양이 많아지는 것으로 판단된다.

3.2 침하량과의 관계 분석

(1) 슬러리 상태의 기포량과 침하량의 관계 분석

위의 경량 기포 콘크리트의 침하 조건에서 공통적으로 밀도가 비교적 낮은 경우에 침하가 발생할 수 있다는 것을 확인하여, 이러한 결과를 통해 슬러리 내의 공기량과 침하량의 관계에 대해 분석하였다. 슬러리 상태의 경량 기포 콘크리트의 공기량과 침하량의 관계를 Fig. 8에 나타냈다. 슬러리 상태의 공기량은 기포제를 넣지 않은 상태를 공기량 0%라고 가정하여 다음의 식 (1)을 통해 계산하였다.

$$\frac{T - W}{T} \times 100 = A(\%) \quad (1)$$

이때, T는 공기량 0%로 가정한 기포제가 들어가지 않은 시료의 단위용적 질량을, W는 해당 시료의 단위용적질량, A는 공기량을 나타낸다.

슬러리 상태에서 공기량이 증가할수록 침하량이 증가하는 것을 알 수 있으며, 특히 어느 임계점에서 침하가 급격히 증가하는 것을 알 수 있는데, 이를 통해 슬러리 내부에 존재하는 공기량이 증가할수록 경화 과정에서 소포되는 기포량 역시 증가한다는 것을 알 수 있었다. 특이점으로는 공기량 75%이상인 경우에는 침하 깊이가 50mm이하인 경우와 140mm이상인 두 가지 경우가 발견되었다. 이를 통해 슬러리 내의 공기량이 많아도 다른 조건에 따라 침하량의 결과가 다르다는 것을 알 수 있다.

(2) 소성점도와 침하량의 관계 분석

공기량이 75%이상에 해당되는 실험 인자의 소성점도와 침하량의 결과 값을 Table 3에, 결과 값의 관계를 Fig. 9에 나타냈다. 먼저, 비빔시간과 증점제, 기포제, 폐지의 첨가량 변화에 따른 결과는 소성점도가 감소할수록 침하량이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 실험 인자가 기포제 첨가량 경우 소성점도는 가장 낮은 결과

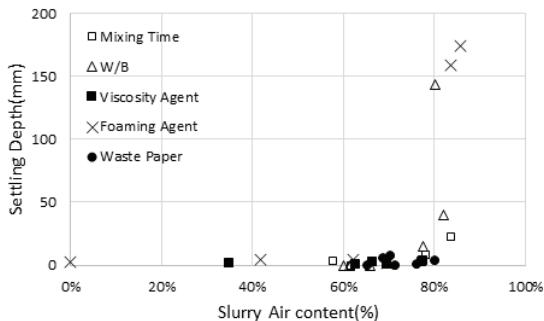


Fig. 8. The relationship between air content in the slurry condition and settling depth

를 나타남과 동시에 침하량은 가장 큰 결과를 나타냈다. 이를 통해 경량 기포 콘크리트의 굳지 않은 상태의 소성점도가 슬러리 내부의 기포의 소실과 관계가 있을 수 있다는 것을 알게 되었다.

다만, 물-결합재비가 낮은 경우 침하가 발생하는 경우는 경량 기포 콘크리트의 소성점도가 다른 실험인자의 결과 값에 비해 비교적 높은 값임에도 침하량이 여전히 높게 나타났다. 특히 물-결합재비 0.6의 경우 소성점도가 가장 높은 반면에 침하 깊이 역시 144mm로 높은 값을 나타내고 있다. 이는 비빔시간과 증점제, 기포제, 폐지 첨가량과의 다른 경향을 보이고 있다. 하지만, 이 경우는 비교적 낮은 물-결합재비에 의해 기포를 생성할 수 있는 물의 비율이 비교적 적고, 시멘트 질량에 비례해서 첨가하는 기포제의 양이 과다하여 불안정한 상태의 기포가 많이 생성된 것에 이유가 있다고 판단된다.

(3) 기포제와 물의 질량비와 침하량의 관계 분석

물-결합재비의 경우 다른 시험 인자들에 비해 소성점도가 비교적 높은 결과 값을 나타냈지만, 침하량 역시 높은 결과 값을 나타냈는

Table 3. Result value of plastic viscosity, ratio of foaming agent/water and settling depth by experimental factor

Factor	Levels	Plastic viscosity	Foaming agent/water	Settling depth
Mixing time	12	1.60	0.33%	8.36
	14	1.45	0.33%	22.77
	0.6	2.37	0.50%	144.00
W/B	0.7	1.80	0.43%	39.85
	0.8	1.84	0.38%	14.67
Viscosity agent	0.5	2.07	0.33%	2.10
	0.7	1.60	0.33%	3.63
Foaming agent	0.5	1.30	0.56%	159.00
	0.7	1.30	0.78%	174.00
Waste paper	0	1.47	0.33%	3.88
	1	1.53	0.33%	0.86

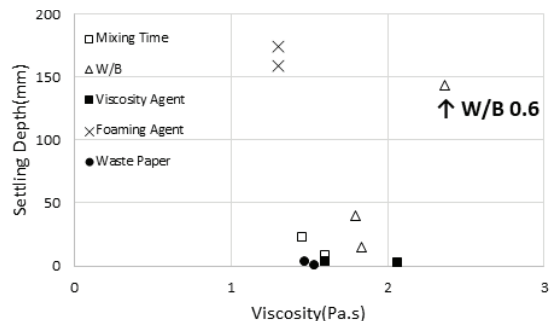


Fig. 9. The relationship between plastic viscosity and settling depth

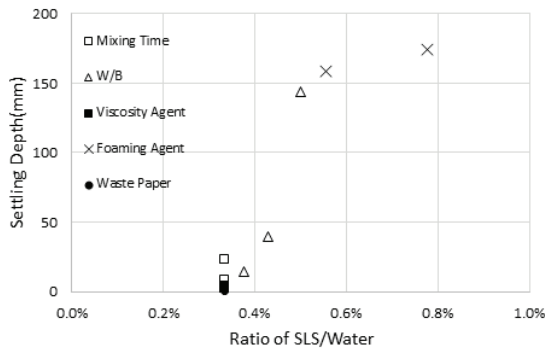


Fig. 10. The relationship between ratio of SLS/Water and settling depth

데, 이를 통해, 소포와 관련된 영역이 점도뿐만 이 아니라고 판단 하였다. 이에 기포를 발생시키는 기포제와 용매 역할을 하는 물을 질량비로 산출하여 침하 깊이와의 관계를 분석하였다. 공기량이 75%이상에 해당되는 실험 인자의 기포제/물의 질량비와 침하량의 결과 값을 Table 3에 결과 값의 관계를 Fig. 10에 나타냈다.

기포제는 시멘트에 대한 질량비로 배합을 결정하기 때문에 실험인자 중 물-결합재비와 기포제 첨가량 변화를 제외한 그 외의 실험인자들의 기포제/물 질량비는 0.33%로 동일하다. 물-결합재 비의 변화에 따른 결과를 바탕으로 기포제/물 질량비가 증가할수록 침하량이 증가한다는 것을 알 수 있다. 특히, 물-결합재비 0.6 에서는 기포제/물 질량비가 0.50%로 비교적 높으며 침하량 또한 높을 결과 값을 나타냈다. 다음으로 기포제 첨가량의 변화에 따른 결과 역시 기포제/물 질량비가 비교적 높은 결과를 나타냈으며, 기포제/물 질량비가 증가할수록 침하량이 증가한다는 것을 알 수 있다. 이를 통해, 기포를 발생시키는 기포제는 물의 질량에 대한 비율로 영향을 미치며, 기포제/물 질량비가 증가할수록 발생하는 기포량을 증가하며 경량 기포 콘크리트의 밀도를 낮출 수 있지만, 과도한 기포제의 첨가량은 오히려 경화 시 많은 양의 기포를 소실 시켜 경량 기포 콘크리트의 부피 안정성에 영향을 끼칠 수 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 경량 기포 콘크리트의 품질 관리를 위한 방안으로써 레올로지 특성을 적용하여 기포의 소포와 관련한 부피안정성 확보를 위해 다양한 실험 인자에 대해 검토하였으며 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 과도한 기포량 또는 낮은 점도로 생성된 기포가 불안정함으

로써 발생하는 과도한 소포 및 침하는 슬러리 내에 존재하는 기포들이 대부분 소실되는 현상의 결과이므로 절건 밀도가 슬러리 밀도보다 높은 값으로 나타났다.

- 2) 슬러리 내에 과도하게 존재하는 기포량은 침하를 발생시킬 수 있는 요인 중 하나인 것으로 관찰되었다. 이를 통해 경량 기포 콘크리트의 밀도를 낮추기 위해 비빔 시간이나 기포제 첨가량 등을 통해 공기량을 증가시키되 안전한 범위 내에 한정되어야 할 것으로 사료된다.
- 3) 계면활성제인 기포제와 물의 질량비가 동일한 시험체들과의 분석을 통해 소성점도가 낮아질수록 침하량이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 소성점도를 증진시키면 침하를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.
- 4) 기포제/물의 질량비와 침하 깊이의 관계를 통해 생성되는 기포의 안정성은 기포제인 기포제와 물의 비율에 영향을 받는 것을 알 수 있었으며, 이는 배합 시 기포제는 시멘트에 대한 질량비가 아닌 물에 대한 질량비로 계획해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2017년 동남권 국토교통 지역특성화 사업비(17RDRP-B134579-05)의 지원으로 수행되었습니다.

References

Choi, M.I., Lee, H.S. (2015). "Literature study on the improvement of lightweight concrete in perspective of foaming agent," Proceeding of the Korea Institute of Building Construction **15(2)**, 141-142 [in Korean].

Jeong, J.Y., Pack, H.J. (2011). "Properties of Foamed Concrete according to type of surfactant and unit volume of foam," Proceeding of the Korea Concrete Institute, 491-492 [in Korean].

Jung, S.C., Kim, B.S. (1998). A study on the mixing design of lightweight cellular concrete for on-dol system, Journal of the Architectural institute of Korea Structure & Construction, **14(12)**, 83-92 [in Korean].

Kim, J.H., Yun, J.H. (1996). Air-entraining agents and water-reducing admixtures, Magazine of the Korea Concrete Institute, **8(2)**, 13-19 [in Korean].

Kim, J.M, Jeong, J.Y. (2012). Properties of foamed concrete according to types and concentrations of foam agent, Journal

of the Korea Concrete Institute, **24(1)**, 61–70 [in Korean].

Kim, J.M., Kwak, E.G. (2011). Properties of bubble according to types and concentrations of concrete foaming agent, Journal of the Korea Concrete Institute, **23(2)**, 151–158 [in Korean].

경량 기포 콘크리트의 레올로지 특성이 소포억제에 미치는 영향

본 연구에서는 경량 기포 콘크리트의 부피 안정성을 확보하기 위해 소포를 저감시킬 수 있는 요소들을 레올로지 특성을 연계하여 분석하였다. 실험계획으로는 비빔시간, 물-결합재비, 증점제, 기포제, 폐지 첨가량에 대한 변화로 각 요인을 통해 실험하였다. 먼저 과도한 비빔과 기포제의 첨가량에 의해 발생한 다량은 기포는 슬러리 내에서 불안정한 상태로 존재하여 침하를 발생시킨다. 특히 기포제의 경우 계면활성제로써 물에 영향을 미치므로 배합 계획 시 물에 대한 질량비로 계획해야 할 것으로 판단된다. 또한 레올로지 특성을 통해 경량 기포 콘크리트의 소성점도와 소포량이 반비례관계를 가진 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구의 결과는 경량 기포 콘크리트의 소포를 저감시킬 수 있는 요소들을 분석함으로써 경량 기포 콘크리트의 배합 조건에 대한 기초적인 자료를 제공될 것으로 판단된다.