

# 기포 콘크리트용 기포의 특성에 관한 기초 연구

## The Fundamental Study on the Properties of Foam for Foamed Concrete

곽 은 구\*      강 기 응\*\*      강 철\*\*\*      권 기 주\*\*\*\*      김 진 만\*\*\*\*\*  
Kawg, Eun Gu      Kang, Gie Hyun      Kang, Cheol      Kwon, Ki Joo      Kim, Jin Man

### ABSTRACT

This study is to obtain basic data concerned with properties of foam for foamed concrete and foaming method. Main factors of this study are types of foaming agents, temperature of solution with foaming agents, and types of foam generator. Testing items are size distribution of foam, foaming ratio to solution, and stability of foam.

The results of this study were shown as follow. It is optimum condition of foam generator that length/diameter of foaming tube is 2.0, bead size within foaming tube is 4~6mm, and nozzle size of foaming tube is 10mm. AES and AOS are good results to produce high quality foam, and stability of foam is good in foaming temperature of 20°C

### 1. 서론

기포콘크리트는 경량성, 단열 및 보온 등의 열적 특성, 그리고 흡음 및 차음에 관한 음향 특성에 있어 매우 우수한 특성을 보이고 있을 뿐만 아니라 동일 용도의 섬유질 재료에 비하여 구조적 강도를 가지고 있어 매우 다양한 용도로 사용될 수 있는 재료이다.

기포콘크리트 제품으로 대표적인 ALC의 경우 경화체 내에서 개개의 기포는 독립적으로 존재하며, 이러한 형태의 기포를 닫힌기포(Closed pore)라고 한다. 닫힌기포를 만드는 제품의 용도는 주로 단열 및 차음 특성을 목표로 한 것이다. 흡음을 목표로 하는 경우에는 음파의 손실이 공기 및 경화체와의 충돌에 의해 발생하게 되므로, 기포의 형태를 연속적인 것으로 만들어야 하며, 이러한 형태의 기포를 열린기포(Open pore)라고 한다. 이와 같이 기포콘크리트의 경우 목적으로 하는 용도에 따라 기포의 요구 특성은 다르게 되므로 기포콘크리트를 제조하기 위해서는 이부분에 관한 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 기포제의 종류, 발포용액의 온도, 발포기의 특성을 실험변수로 하여 기포의 크기 분포, 발포율, 기포 안정성 등을 확보하기 위한 조건을 검토하기 위한 것이다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획 및 배합

본 연구의 실험 계획은 표1에 나타난 바와 같이 원료 조건으로는 기포 희석 용액의 온도, 기포제의 종류 및 농도에 관하여 검토하고, 기포 발생 장치에 대해서는 발포관의 길이/직경비, 비드크기, 토출구의 크기에 관한 요인에 대하여 기초 실험을 실시하였다. 측정항목으로는 시간의 경과에 대한 기포의 용적과 기포의 발생 후 배출되는 용액의 용적 변화를 검토하였으며, 기포제의 종류 및 농도에 따른 기포 크기를 검토하였다.

\* 정희원, 공주대학교 자원재활용신소재 연구소, 연구원

\*\* 정희원, 공주대학교 건축공학과, 대학원

\*\*\* 정희원, 공주대학교 건축공학과, 대학원

\*\*\*\* 정희원, 한국전력공사 전력연구원, 책임연구원

\*\*\*\*\* 정희원, 공주대학교 건축공학과, 교수·공학박사

Table 1 Design of experiment

Factors of experiment		Levels of experiment	Testing items
Solution	Temperature of water(°C)	10, 20, 30, 40, 50, 60	FR(Foaming Ratio) Size distribution of foam Time dependent variation of drainage solution
Foam generator	Size of bead(mm)	3(3, 4, 6)	
	Foam generate tube(Length/Diameter)	3(1.5, 2.0, 2.5)	
	Diameter of nozzles(mm)	3 levels(12, 10, 8)	
Material	Foaming agent	Kind	AES, AOS, RM, FP*
		Concentration	5

\* AES · AOS : Surfactant, RM :Rosin malate, FP: Fe protein

2.2 사용재료

본 연구에서 사용된 재료의 종류 및 물리적 성질은 표2와 3에 표시한 바와 같다.

Table 2 Physical poperties of surfactant

Types	Active Matter (%)	Free Oil (%)	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Klett Color (5%AM)	P.H (Neat, 25°C)
AES	28.17	0.30	4	0.15	7.53
AOS	35.25	1.10	0.24	25	12.90

Table 3 Physical poperties of Rosin Malate · Fe Protein

Types	pH (20°C)	specific gravity (20°C)	Active Matter (%)
RM (Rosin Malate)	7.47	1.02	25.7
FP (Fe Protein)	7.44	1.16	35.8

2.3 실험 방법

기포 발포 용액은 700ml로 기포를 발생시켰으며, 기포제 첨가는 내할로 실시하였으며, 용액 조건 및 발포기에 관한 실험에서는 기포의 용적 변화가 적은 AES 재를 선택하여 실험을 실시하였다.

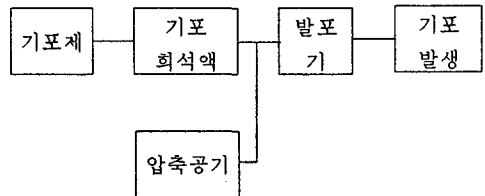


Fig.1 Method of manufacture foam

2.4 기포 콘크리트용 기포 제조

기포 콘크리트를 제조에 사용되는 기포 혼입 방법으로 선기포방식(Pre-foaming Method), 후기포방식(Post-foaming Method), 혼합기포방식(Mixed Foaming Method)으로 분류할 수 있으며, 본 실험에서는 Fig.1과 같은 선기포 방식을 채택하였다.

2.5 실험계획법

선기포 방식의 기포 크기 및 발포율에 영향을 줄 것으로 사료되는 발포관의 길이, 비드크기, 토출구 부분에 대하여 실험 계획법 3인자 3수준 배치법에 준하여 실험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 기포 발생 장치에 관한 실험

Fig. 2는 실험 계획법에 의한 기포 발생 장치에 대한 실험 결과이다. 아래 그림에서 발포관의 길이가 길어짐에 따라 발포관 내의 비드크기가 증가함에 따라 기포 발포율(ml)이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 토출구의 직경(Diameter of nozzles)의 크기가 작아질수록 발포율이 감소하는 것으로 나타났다. 이에 기포콘크리트용 기포를 제조하기 위한 조건으로는 발포관의길이/직경비가 2.0, 비드크기가 4~6mm, 토출구의 직경이 10mm일 때가 가장 적절할 것으로 사료된다.

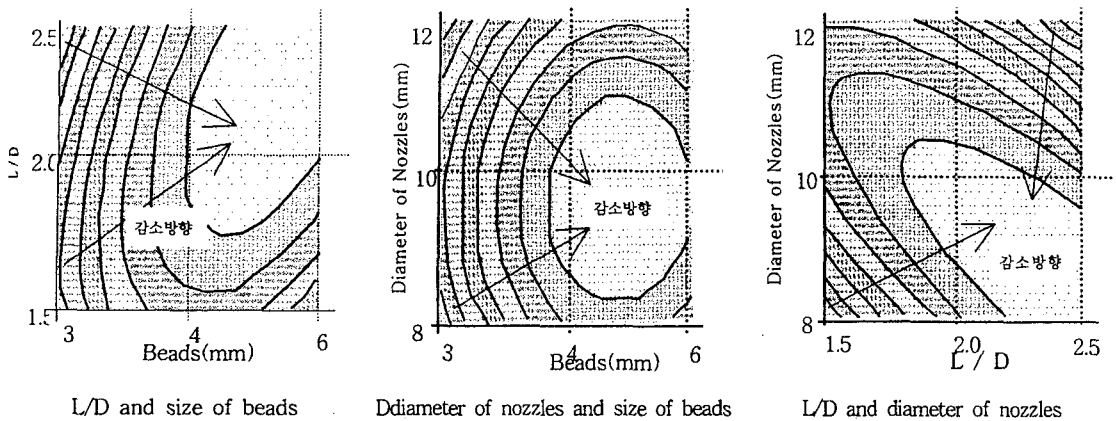


Fig.2 Foam volume according to foam generator

### 3.2 회석 용액의 수온에 따른 실험

Fig.3은 회석 용액의 온도에 대한 것으로 시간에 따라 배출용액의 용적 변화에 대한 것으로 회석 용액의 온도가 높을수록 배출 용액이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, 시간 20분경과 후에는 온도에 관계없이 일정하게 나타나며, 60분경과 후에는 700ml에 수렴하고 있다. 이에 기포콘크리트를 작업 시간을 고려할 때 시간에 따라 배출 용액의 용적 변화가 적은 수온 20°C이하가 적절 할 것이다.

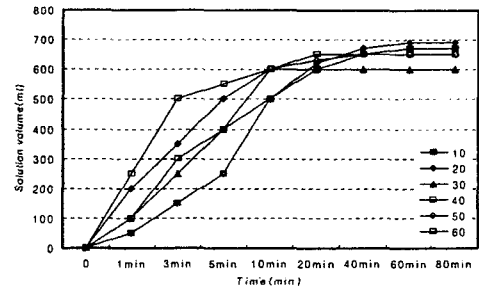


Fig.3 Time dependent change of solution volume

### 3.3 원료 조건에 따른 실험

#### (1) 기포제 농도별 발포율

Fig.4는 기포제의 종류 및 농도 변화에 따른 기포 용적의 변화를 나타낸 것으로 모든 기포제에서 기포제 농도의 증가에 따라 기포 용적이 증가하지만, 기포용적은 종류별로 다른 것으로 나타났다.

다른 기포제와 달리 식물성 기포제(RM)는 농도 1% 이상에서 기포 용적이 급격하게 증가하여 3%일 때 최대 용적을 보이고 있다. 그러나 기포 용적이 큰 경우 기포의 소포가 또한 급격히 나타나고 있다.

반면 AES와 AOS는 RM에 비하여는 낮은 발포율을 보이고 있으나 동물성 기포제인(FP) 보다 발포율이 높을 뿐만 아니라 기포제의 안정성이 매우 뛰어난 것으로 나타나, 본 연구의 결과에 의하면 AES 및 AOS가 기포제로써 적절할 것으로 사료된다.

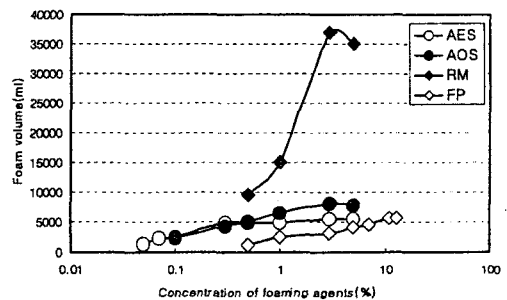
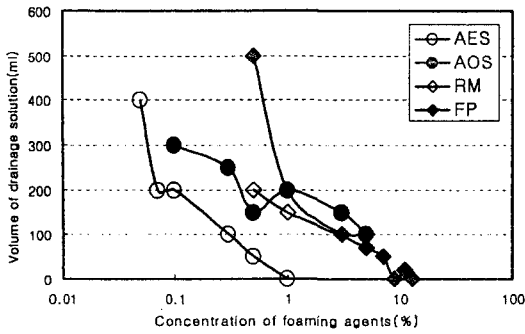


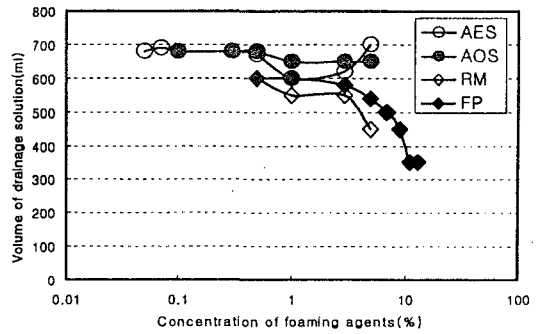
Fig.4 Foam volume according to concentration of foam

#### (2) 기포 경시변화

Fig 5는 기포제의 종류 및 농도에 따른 배출 용액의 용적을 시간에 따라 나타낸 것이다. 기포제의 종류와 상관없이 농도가 높을수록 배출 용액의 변화가 작게 나타났으며, 60분경과 시에는 배출 용액이 700ml에 수렴하는 것으로 나타났다. 기포제의 종류별로 보면, 농도 0.5%일 때 AES가 가장 낮은 배출 용액의 용적 변화를 나타냈으며, 가장 높은 변화를 보이는 것은 동물성 기포제(FP)로 나타났다.(Fig.5-a)



a. 3min.



b. 60min.

Fig. 5 Time dependant volume of drainage solution according foaming agents

### (3) 기포 크기 분포

Fig.6은 기포제의 종류에 따른 기포 크기 분포를 나타낸 것으로 기포제의 종류에는 상관없이 최대 크기는 0.3mm이하로 나타났으며, 최소 크기는 0.01mm의 범위였다. 기포제의 종류별로 보면, RM은 기포 크기 0.11~0.15mm 범위가 가장 많이 나타나고 있으며, FP는 기포 크기 0.20mm 이상에서 증가하는 것으로 나타났다. AES, AOS 및 FP의 경우에는 0.06~0.10mm 범위의 기포의 비율이 상대적으로 높게 나타나고 있다.

기포의 크기는 기포의 안정성에 있어서 매우 중요한 것으로 기포의 크기가 작은 경우가 보다 우수한 안정성을 보이므로 동일한 조건에서 작은 크기의 기포를 제조할 수 있는 기포제를 사용하는 것이 바람직하다.

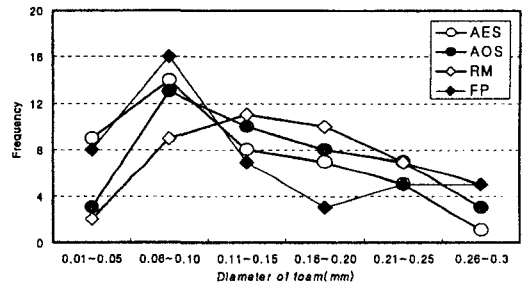


Fig. 6 Size distribution of foam

### 4 결론

기포 콘크리트용 기포 특성에 관한 실험적 연구에 대한 결론은 아래와 같다.

- 1) 기포콘크리트용 기포를 제조하기 위한 조건으로는 발포관의길이/직경비가 2.0, 비드크기 4~6mm, 토출구 직경 10mm로 나타났다.
- 2) 기포제 AES와 AOS는 적정용적으로 발포할 뿐만 아니라 기포제의 안정성이 높아 본 연구의 범위 내에서는 기포 콘크리트를 제조에 사용할 수 있는 가장 적절한 기포제인 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 전력산업연구개발의 연구비 지원에 의해 수행된 연구 결과의 일부임.

### 참고문헌

1. 기해식, 경량기포콘크리트의 압축강도에 대한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 1998
2. 김순호 외 3인, 황토를 사용한 경량 기포콘크리트의 물성 및 흡습 성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 2000
3. 고용석 외 5인, 플라이 애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 2000
4. P. Kumar Mehta, "CONCRETE- structure, p roperties, and materials", prentice hall, 1993