

석분 슬러지를 사용한 경량 기포 콘크리트의 강도 특성

The Strength Properties of Autoclaved Lightweight Concrete Using Stone Powder Sludge

정지용* 최선미* 선정수** 최세진*** 이성연**** 김진만*****
Jeong, Ji Yong Choi, Sun Mi Sun, Joung, Soo Choi, Se Jin Lee, Seong Yeon Kim, Jin Man

ABSTRACT

This study is investigated the strength properties of ALC(Autoclaved Lightweight Concrete) using SPS(Stone Powder Sludge), to develop recycling technique of SPS.

At a given replacement percent of SPS and addition percent of foam, the results show that its the strength properties are equal or higher than the quartz used in a raw material of ALC, and it is also found that the addition percent of the foam and the strength properties have a certain relation of linear.

1. 서론

석분 슬러지는 부순 잔골재 생산과정에서 배출되는 부산물로 지정 폐기물로 분류되어 위탁 처리 및 매립되고 있다. 석분 슬러지의 위탁 처리 및 매립과정은 추가적인 처리 비용과 환경오염을 발생시키며, 더욱이 산업폐기물을 감소시키기 위한 정책들과 생활환경의 질적 향상을 요구하는 대중의 시선으로 인해 기업에게 큰 부담을 주고 있다. 이러한 원인은 산업폐기물을 감소시켜 환경오염과 추가적으로 발생하는 처리 비용을 동시에 해결할 수 있는 재활용 기술 개발의 필요성을 부각시킨다.

석분 슬러지는 국내 골재 생산 업체에서 부순 잔골재의 품질 향상을 위해 수처리 방식을 채택하기 때문에 일정량의 물을 함유하고 있는 슬러지 상태로 배출된다. 이로 인해 석분 슬러지를 재활용함에 있어서 건조 및 분쇄 과정이 추가되어 경제성을 저하시키는 요인으로 작용한다.

이에 본 연구는 건조 및 분쇄 과정 없이 석분 슬러지 원상태로 활용한 콘크리트 2차 제품을 개발하기 위한 일환으로 경량 기포 콘크리트 제품의 원료인 규사분에 대해 석분 슬러지를 대체한 경화체의 겉보기 밀도, 강도 특성을 검토 하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

ALC 제품에서 요구되는 밀도를 만족시키기 위해 이전 연구¹⁾에서 얻어진 결과에 따라 밀도 0.5품 0.45~0.55, 0.6품 0.55~0.65, 0.7품 0.65~0.75에 대하여 결합재의 슬러리 용적비로 기포를 각각 160, 140, 120% 첨가 하였다. 석분 슬러지 대체율은 규사의 용적에 대해 0, 25, 50, 75, 100% 5수준으로 실시하였으며, 사용 배합은 Table 1과 같다.

*정회원, 공주대학교 대학원

**정회원, 공주대학교 학부과정

***정회원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원 공학박사

****정회원, (주)삼표 R/C 본부장 공학박사

*****정회원, 공주대학교 건축공학과 교수 공학박사

Table 1 Mix of experiment

Foam addition percent (%)	W/B (%)	Replacement percent of SPS (%/Vol)	Water content (kg/m ³)	Unit volume (ℓ/m ³)					Unit weight (kg/m ³)						
				OPC ¹⁾	AC ²⁾	CH ³⁾	AG ⁴⁾	Q ⁵⁾	SPS	OPC	AC	CH	AG	Q	SPS
120 140 160	50	0	576	157	17	13	24	213	0	494	49	17	29	560	0
		25						160	53					420	140
		50						106	106					280	280
		75						53	160					140	420
		100						0	213					0	560

1) OPC : Ordinary portland cement, 2) AC : Alumina cement, 3) CH : Slaked lime,
4) AG : Anhydrous gypsum, Q : Quartz

2.2 실험 방법

사용 재료의 물리·화학적 특성은 Table 2, 3, 4와 같다. 재료의 혼합은 석분 슬러지, 배합수, 고성능 감수제를 먼저 혼합하여 슬러리 상태로 만든 후 OPC, AG, CH, AC를 첨가하고 2차 혼합하여 발포기로 제조한 기포를 첨가하여 균일하게 분포되도록 혼합하였다.

경량 기포 콘크리트의 양생 방법은 전치양생 20℃에서 3시간, 증기양생은 승온 시간 2시간 (30℃/hour)후 80℃ 3시간 유지 후에 상온으로 강온, Autoclaving은 승온 시간 3시간 (53℃/hour)후 180℃ 6시간 유지 한 후 강온 하였다.

측정 방법으로 압축강도와 밀도는 KS F 4914 경량 기포 콘크리트 패널(ALC 패널), 조깅 인장강도는 ASTM C 796-97, 휨강도는 KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험에 준하여 실시하였다.

3. 결과

3.1 밀도

Fig. 1은 석분 슬러지 대체율에 따라 경화체의 밀도를 나타낸 것이다. 기포 첨가율에 따른 밀도는 첨가율이 감소할수록 밀도가 증가된다. 이는 동일 슬러리 용적에 기포량을 변화시켜 나타나는 것으로 사료된다.

대체율에 따른 밀도는 혼입률 120, 140%에서 각각 0.62~0.67, 0.54~0.62의 값이 나타나고, 석분 슬러지 대체율 75%까지 증가 하다 100%에서 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 혼입률 160%에서의 밀도는 0.50~0.52의 값으로 대체율이 증가할수록 아주 작게 증가한다. 이와 같은 결과는 부순 잔골재 생산 업체에서 미립분을 빠르게 침전시키기 위

Table 2 Physical properties of cement

Type	Density	Fineness (cm ² /g)	Compressive strength(MPa)	Time of set(min)	
				Initial	Final
OPC	3.15	3,304	38.2	59	399
AC	2.95	5,210	49.4	20	310

Table 3 Chemical properties of AG and CH and Q

Type	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Ig. loss
AG	3.7	0.7	38.3	0.03	0.01	54.4	2.9
CH	-	-	68.3	-	-	-	26.7
Q	79.7	9.6	1.6	2.84	1.19	-	2.2

Table 4 Chemical properties of SPS

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig. loss
63.17	16.15	3.50	1.64	2.91	2.11	5.23	5.38

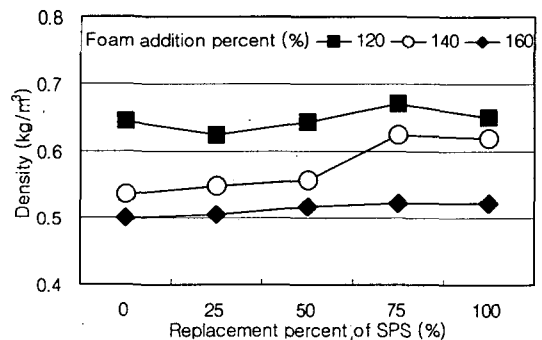


Fig. 1 Density according to replacement percent of SPS

해 사용되고 있는 응집제 등의 영향으로 기포 혼입 조건을 만족하는 페이스트의 동일 유동성상에서 대체율이 증가할수록 혼입된 기포를 소포하여 나타나는 현상으로 사료된다.

3.2 압축강도

Fig. 2는 석분 슬러지 대체율에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 기포 혼입률에 따른 강도의 변화는 기포 첨가율이 증가할수록 압축강도가 감소하는 것으로 나타나며, 모든 기포 혼입률 조건에서 대체율 75%까지 압축강도가 증가하고 다시 100%에서 감소한다. 이 결과의 원인은 대체율에 따른 밀도의 변화가 대체율 75%까지 증가하다 100%에서 다시 감소하는 현상과 동일시되어 동일한 페이스트 양에서 변화되는 밀도는 경화체의 공극량 변화와 같기 때문에 나타나는 것으로 사료된다.

Fig. 3은 밀도와 압축강도의 상관관계를 나타낸 것으로 밀도가 증가할수록 일정하게 압축강도가 변화되는 직선적인 상관관계를 나타내어 정확한 밀도의 조절로 요구하는 압축강도를 확보 할 수 있는 것으로 사료된다.

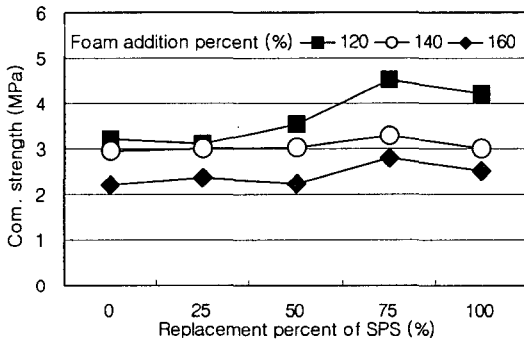


Fig. 2 Compressive strength according to replacement percent of SPS

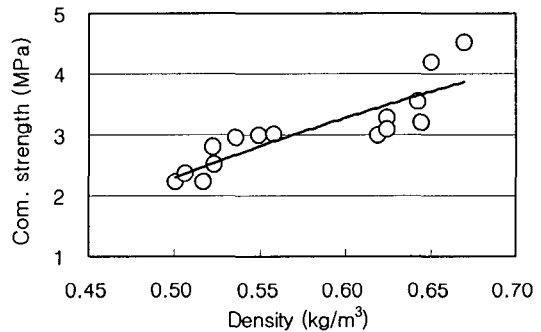


Fig. 3 Relation of density and compressive strength

3.3 휨강도와 인장강도

Fig. 4와 5는 석분 슬러지 대체율에 따라 인장강도와 휨강도를 나타낸 것으로 인장강도와 휨강도는 유사한 성상으로 기포 혼입률 120, 140%에서 대체율 75%까지 증가 하고 100%에서 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 기포 첨가율 160%의 경우 휨·인장강도의 변화는 모두 유사하게 나타난다. 이는 각각의 기포 혼입 조건에서 밀도와 동일한 변화를 갖기 때문에 나타나는 것으로 대체율 75%까지 강도가 증가하다 다시 감소되며, 밀도의 변화가 아주 작은 160%의 경우 강도의 변화도 작게 나타나는 것으로 사료된다.

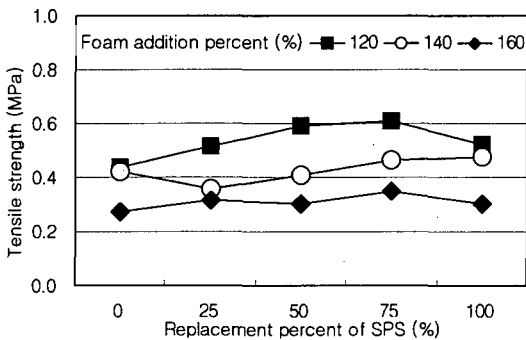


Fig. 4 Tensile strength according to replacement percent of SPS

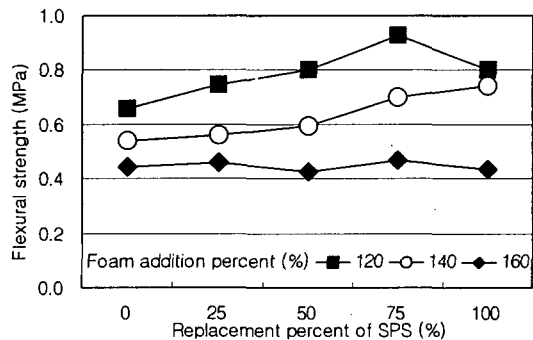


Fig. 5 Flexural strength according to replacement percent of SPS

3.4 기포 첨가율과 밀도 또는 강도 특성과의 상관관계

Fig. 6은 기포 첨가율과 경화체의 특성, 즉 밀도, 압축강도, 휨강도, 인장강도와와의 상관관계를 나타낸 것으로, 각각의 특성 모두는 기포 첨가율이 증가할수록 일정한 비율로 직선적인 상관관계를 나타내고 있다. 이 결과는 수열반응 조건에서 생산되는 경량 기포 콘크리트의 물리적 특성을 기포 혼입률에 따라 조절할 수 있다는 것을 나타낸다.

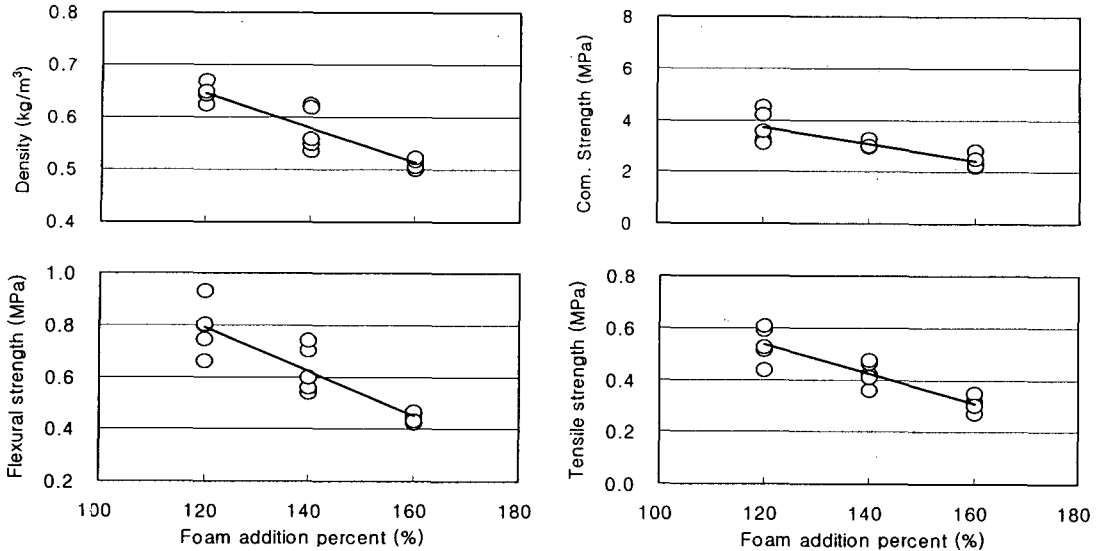


Fig. 6 Relation of the addition percent of foam and density or the strength properties

4. 결론

- (1) 석분 슬러지 대체율에 따른 밀도 변화는 기포 혼입률 120, 140%일때 대체율이 75%까지 증가하고 100%에서 다소 감소되며, 160%일때 밀도 변화는 거의 없는 것으로 나타난다.
- (2) 경량 기포 콘크리트의 압축강도, 인장강도, 휨강도 특성은 규사분을 사용했을 때와 동일하거나 높은 강도를 나타낸다.
- (3) 밀도와 압축강도의 관계는 직선적으로 나타나 경화체 밀도로 압축강도를 예측할 수 있으며, 기포 혼입률에 따른 밀도와 강도 특성이 직선적 상관관계를 나타내어 기포 혼입 조건으로 밀도와 강도 특성을 예측할 수 있는 것으로 나타난다.

감사의 글

본 연구는 (주)SAMPYO가 연구비를 지원하고 공주대학교 자원재활용신소재 연구센터(RIC/NMR)가 수행한 연구결과의 일부로 관계기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. 김진만, 정지용, 김하석, 최선미, 최세진, 이성연, 석분 슬러지를 사용한 경량 콘크리트의 공학적 특성, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, Vol. 17 No. 1, pp.457~460, 2005
2. 김진만, 정지용, 최선미, 곽은구, 최세진, 이성연, 실리카질 재료로서 석분 슬러지를 사용한 콘크리트의 강도 특성, 한국건축실공학회 춘계 학술·기술논문 발표대회 논문집, Vol. 5 No.1, pp.85~88, 2005