

석분 슬러지를 사용한 경량 콘크리트의 공학적 특성

The Engineering Properties of Light Weight Concrete Using Stone Powder Sludge

정지용* 김하석* 최선미* 최세진** 이성연*** 김진만****
Jung, Ji Yong Kim, Ha Seok Choi, Sun Mi Choi, Se Jin Lee, Seong Yeon Kim, Jin Man

ABSTRACT

The stone powder sludges, which are occurred in aggregate production company, have classified the specified waste, so taking place the environment pollution and the disposal cost. In this causes, the stone powder sludge is required the development of recycling technique.

This study concerned with the using possibility of stone powder sludge on light weight concrete. We acquired the fundamental date on recycling technique of stone sludges, by hydro-thermal reaction.

The results shows that it is possible to develop the light weight concrete, having various range of properties according to the content of foam.

1. 서론

국내 각 산업분야의 급격한 발달에 따라 천연 자원의 소모와 부족 현상이 발생하고 산업 폐기물로 인한 환경오염 등의 문제가 동시에 발생되고 있다. 이러한 관점에서 폐기물의 재활용은 부존자원의 감소와 폐기물로 인한 환경오염의 문제를 극소화 할 수 있는 최선의 방법이 될 것이다.

국내 골재 제조업체의 경우 발생하는 폐기물중 석분 슬러지는 골재 생산량의 약 20~30% 발생되고, 지정 폐기물로 분류되어 위탁 처리 및 자가 처리 방식에 의해 매립되고 있다. 이로 인해 환경오염의 증가와 폐기물 처리비용 가중에 대한 부담이 증가되는 문제가 발생되어 석분 슬러지의 재활용 기술 개발이 시급이 요구된다. 이에 본 연구는 석분 슬러지를 활용한 제품과 재활용 기술 개발을 위한 기초 자료를 제시하고자 석분 슬러지를 혼합한 경량 콘크리트의 공학적 특성을 검토 하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 실험은 석분 슬러지를 활용한 경량 콘크리트의 공학적 특성을 검토하기 위해 배합 용적에 대한 비율로 0~200% 까지 20% 간격으로 기포를 첨가하여 제조한 경량 콘크리트 경화체의 밀도, 압축강도, 휨강도, 쪼갬 인장강도를 측정하였으며, 실험 배합은 Table 1과 같다.

*정회원, 공주대학교 대학원

**정회원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원 공학박사

***정회원, (주)삼표 기술연구소 소장 공학박사

****정회원, 공주대학교 건축공학과 교수 공학박사

Table 1. Mix of experiment

W/B (%)	C/S ratio	Foam addition percent(%)	Binder (kg/m ³)	Water content (kg/m ³)	Unit volume(ℓ/m ³)					Unit weight(kg/m ³)				
					OPC ¹⁾	AC ²⁾	CH ³⁾	AG ⁴⁾	SPS ⁵⁾	OPC	AC	CH	AG	SPS
40	0.83	0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200	1300	520	177	19	15	28	241	556	56	20	33	635

- 1) OPC : Ordinary portland cement, 2) AC : Alumina cement, 3) CH : Slaked lime, 4) AG : Anhydrous gypsum, 5) SPS : Stone powder sludge

2. 2 실험 방법

슬러리 상태에서 슬러리와 기포의 층 분리 현상을 막기 위해 알루미늄 시멘트를 사용하였고, 무수석고는 알루미늄 시멘트의 급결을 방지, 소석회는 Ettringite 형성을 증진시켜 수열반응을 통한 Tobermorite 결정 생성을 촉진하기 위해 첨가하였으며, 사용 재료의 특성은 Table 2, 3과 Fig. 1과 같다.

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

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

Table 4. Chemical properties of stone powder sludge

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

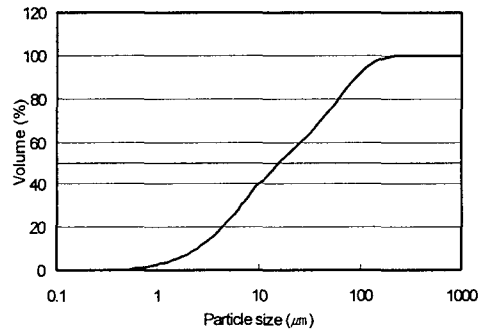
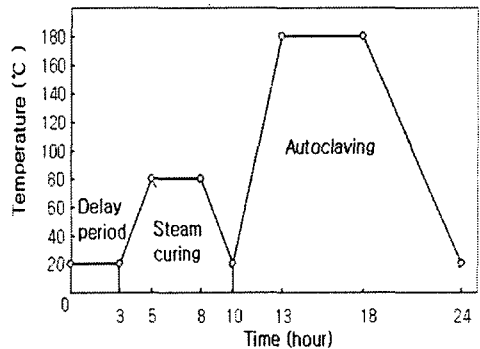


Fig. 1 Particle size distribution

재료의 혼합은 석분 슬러지, 배합수, 고성능 감수제를 먼저 혼합하여 슬러리 상태로 만든 후 OPC, AG, CH, AC를 추가하고 2차 혼합하여 발포기로 제조한 기포를 첨가하고 균일하게 분포되도록 혼합하였다.

Fig. 2는 양생방법을 나타낸 것으로 전치양생은 20℃에서 3시간, 증기양생은 승온시간 2시간 (30℃/hour)후 80℃ 3시간 유지 후에 상온으로 강온, Autoclaving은 승온시간 3시간 (53℃/hour)후 180℃ 5시간 유지 한 후 강온 하였다.

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



3. 결과

3. 1 밀도

Fig. 3은 기포 첨가율에 따른 밀도 변화를 나타낸 것으로, 기포 첨가율 0~40%에서 1.19~1.48, 60~140%에서는 0.62~0.99, 160~200%에서는 0.45~0.54의 밀도가 나타났고, 밀도의 감소 비율은 거의 직선적으로 반비례하고 있다.

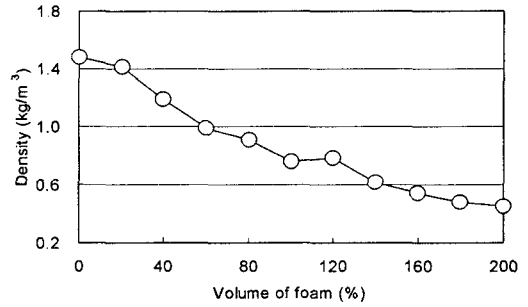


Fig. 3 Density according to foam addition percent

3. 2 압축강도

Fig. 4는 기포 첨가율에 따른 압축강도를 나타낸 것으로, 기포 첨가율 0~40%는 14.06~19.36MPa, 60~120%는 4.37~6.27MPa, 140~200%는 1.85~2.90MPa로 나타나고, 첨가율 증가에 따른 압축강도는 감소되는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 압축강도와 밀도의 상관관계를 나타낸 것으로 밀도 0.6 이하의 초경량 콘크리트는 5MPa 이하, 밀도 0.6~1.0의 경량 콘크리트는 5~10MPa, 밀도 1.0 이상의 보통 콘크리트는 10MPa 이상의 강도 특성을 나타내고, 밀도와 압축강도의 관계는 직선적으로 증가되는 비례관계를 갖는다.

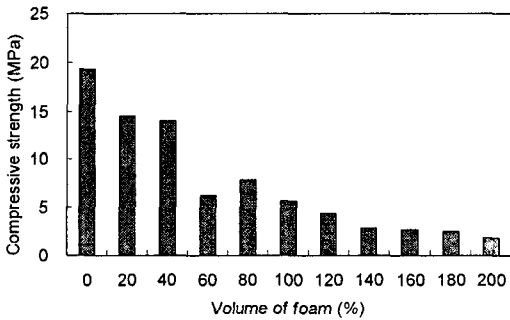


Fig. 4 Compressive strength according to foam addition percent

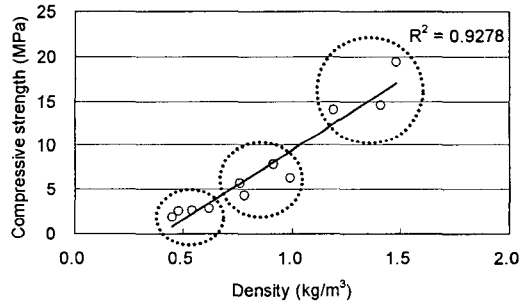


Fig. 5 Relation of compressive strength and density

3. 3 휨강도

Fig. 6은 기포 첨가율에 따른 휨강도를, Fig. 7은 밀도와 휨강도의 상관관계를 나타낸 것이다. 기포 첨가율 0~60%에서는 2MPa 이상의 유사한 휨강도가 나타난다. 기포 첨가율 80% 이상에서는 1.34MPa 이하의 휨강도가 나타나고 기포 첨가율 증가와 같이 감소된다. 밀도와 휨강도의 관계는 직선적으로 증가되는 비례관계를 갖는다.

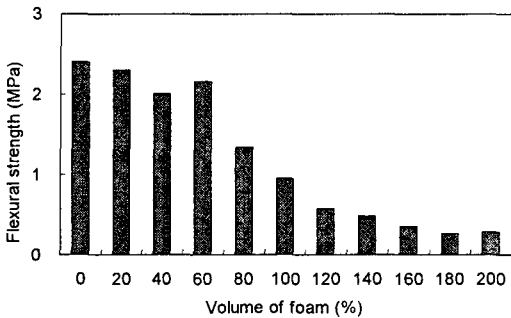


Fig. 6 Flexural strength according to foam addition percent

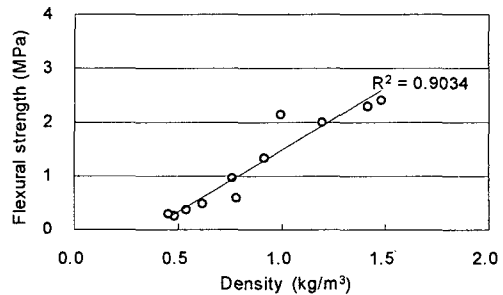


Fig. 7 Relation of flexural strength and density

3. 4 쪼갬 인장강도

Fig. 8은 기포 첨가율에 따른 쪼갬 인장강도를, Fig. 9는 밀도와 쪼갬 인장강도의 상관관계를 나타낸 것이다. 기포 첨가율에 따른 쪼갬 인장강도의 특성은 감소하는 것으로 나타나며, 밀도와 쪼갬 인장강도는 비례적으로 증가되는 직선적 관계를 나타낸다.

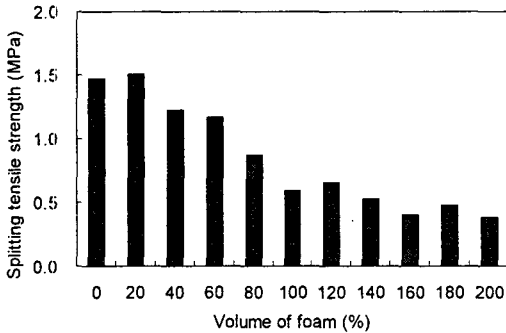


Fig. 8 The splitting tensile strength according to foam addition percent

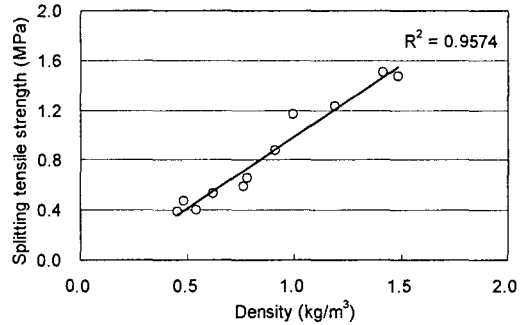


Fig. 9 Relation of splitting tensile strength and density

4. 결론

- (1) 기포 첨가량에 따라 경화체의 밀도는 점진적으로 감소하고 있어, 기포량을 변화시켜 적정 수준의 품질을 갖는 경화체의 제조가 비교적 용이한 것으로 나타났다.
- (2) 수열반응에 의해 제조한 경화체는 밀도 0.6 이하에서 5MPa 이하, 밀도 0.6~1.0에서 5~10MPa, 밀도 1.0 이상에서 10MPa 이상의 압축강도를 발현하는 것으로 나타났다.
- (3) 경화체의 밀도와 압축강도, 휨강도 및 인장강도는 직선적으로 비례 관계가 있으며 그 상관성도 매우 높게 나타나고 있다.

[감사의 글]

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

참 고 문 헌

1. 강기웅, 바텀 애쉬를 사용한 기포콘크리트의 물리적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 16 No. 2, pp.525~528, 2004. 11
2. 박은구, 기포 콘크리트용 기포의 특성에 관한 기초 연구, 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 16 No. 1, pp.680~683, 2004. 5
3. 한천구, 석산에서 발생하는 슬러지 미립분의 혼입률 변화에 따른 시멘트 모르타르의 강도 및 흡수 특성, Vol. 13 No. 6, pp. 561~567, 2001