

혼화재 종류 및 활성화토 대체율별 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

최희용^{1)*} · 김무한²⁾ · 김문한³⁾ · 황혜주⁴⁾ · 최성우²⁾

¹⁾G-Plus 생태건축연구소 ²⁾충남대학교 ³⁾서울대학교 ⁴⁾목포대학교

(2000년 11월 21일 원고접수, 2001년 2월 28일 심사완료)

Experimental Study on the Properties of Concrete by the Kinds of Admixture and the Replacement Ratios of Activated Hwangtoh

Hee-Yong Choi^{1)*}, Moo-Han Kim²⁾, Moon-Han Kim³⁾, Hey-Zoo Hwang⁴⁾, and Sung-Woo Choi²⁾

¹⁾G-plus.Co.Ltd., Seoul, 135-100, Korea

²⁾Dept. of Architectural Engineering, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

³⁾Dept. of Architectural Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea

⁴⁾Dept. of Architectural Engineering, Mokpo National University, Mooan, 534-729, Korea

(Received November 21, 2000, Revised February 28, 2001)

ABSTRACT

Pozzolan is to improve the strength and the durability of concrete as a result of the pozzolanic reaction, Broadly speaking, pozzolanic materials can be artificial materials, such as silica fume and fly ash, and natural material, such as rice husk ash, clay, volcanic ash, clayish pozzolan.

Hwangtoh is a mineral which belongs to a group of metakaolin, especially halloysite, and the main elements is SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

The purpose of this study is to examine the application of Hwangtoh for the concrete admixtures, the composition of this study is shown as follows.

Chapter I is analysis for properties of concrete as the kinds of admixture, and

Chapter II is analysis for properties of concrete as the replacement ratio of activated Hwangtoh.

As a result of this study, Hwangtoh is found to have high practical use as pozzolanic material, and the pertinent range of replacement ratios of Hwangtoh on cement are 10~20 %.

Keywords : admixture, pozzolan-reaction, Hwangtoh, strength-properties

1. 서 론

혼화재는 콘크리트의 성능을 개선, 향상시키기 위해 사용되는 재료이다. 특히 포졸란의 경우 혼화재 자체가 마이크로필러 효과를 함과 동시에 콘크리트가 경화 후 시멘트수화물과 반응하는 포졸란반응을 일으켜 콘크리트의 조직을 치밀하게 하여 콘크리트의 강도 및 내구성을 개선시킨다¹⁾.

이러한 포졸란반응을 일으키는 무기질계 포졸란에는 산업부산물인 실리카흄이나 플라이애쉬와 같은 인공포졸란과 왕겨재, 점토, 화산재와 같은 천연포졸란이 있으며, 천연포졸란은 콘크리트용 혼화재로 사용할 경우 생산에 따른 부가가 적어 환경문제 및 에너지 절약 차원에서 활용

가능성이 매우 높다¹⁾.

점토광물의 일종인 황토는 우리 나라 지표면의 10% 이상을 점하고 있는 풍부한 재료로 옛부터 요업재료 및 건축재료등 광범위하게 쓰여진 전통재료이나, 큰 수축에 의한 균열, 낮은 강도특성으로 현대적인 건축재료로의 자원화 되지 못한 실정이다²⁾.

우리 나라에서 산출되는 황토는 광물학적 구분으로 고평토와 동일한 Kaolin족의 Halloysite계에 속하는 광물로서, 주요 성분은 SiO_2 와 Al_2O_3 , Fe_2O_3 등으로 일반적인 콘크리트 혼화재와 그 성분이 유사하여 포졸란반응을 일으키는 천연포졸란의 성질을 갖는 것으로 연구보고^{2,3)}되고 있다. 특히 점토질 포졸란은 소성에 의해 활성화시킬 경우 매우 높은 포졸란반응 활성도를 갖는 것으로 보고³⁾되고 있어서, 활성화시킨 황토는 혼화재로서의 활용 가능성이 매우 높을 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구의 목적은 황토의 콘크리트용 혼화재로

* Corresponding author

Tel : 042-821-7731 Fax : 042-823-9467

E-mail : heeyong21@hanmail.net

서 적용성을 검토하기 위해, 무기질 혼화제의 종류에 따른 콘크리트의 물성을 비교·검토하고, 활성황토의 대체율에 따른 콘크리트의 특성을 비교·검토하여 천연재료인 황토를 콘크리트용 혼화제로서 활용하기 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

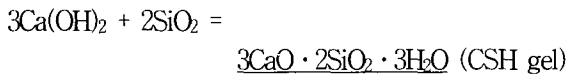
2. 황토에 의한 포졸란반응 메커니즘

황토는 점토질 포졸란의 일종으로 천연의 상태에서는 포졸란반응이 발생하지 않고, 활성화시킨 경우 매우 높은 포졸란반응을 일으키는 것으로 보고되고 있으며, 활성화시키기 위한 소성온도는 600~1000 °C의 범위로 보고^{2,3)}되고 있다.

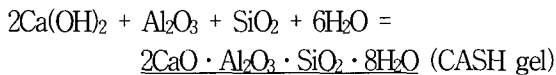
소성에 의해 활성화시킨 황토는 활성화된 유리질의 SiO₂와 Al₂O₃에 의해 시멘트수화물인 수산화칼슘(Ca(OH)₂)과 포졸란반응을 일으켜 CSH gel 및 CASH gel을 생성하는 것으로 보고²⁾되고 있으며 포졸란반응의 화학식은 다음과 같다.

【점토재료(황토)와 수산화칼슘과의 화학반응식】^{2,3,4,5,7)}

1. 포졸란 반응 - (CSH gel 생성)



2. Strätlingite 반응 - (CASH gel 생성)



3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획 및 배합

본 연구의 실험계획을 Table 1에 나타내었다.

I 시리즈에서는 혼화제 종류에 따른 콘크리트의 물성을 비교·검토하기 위해, 혼화제 종류를 플라이애시, 실리카

흙, 고로슬래그 및 활성화시키지 않은 생황토와 활성화시킨 활성황토로 설정하였으며, 기존의 연구보고²⁾를 토대로 혼화제의 대체율을 20%로 설정하였다.

II 시리즈에서는 활성황토의 대체율에 따른 콘크리트의 물성을 비교·검토하기 위해, 활성황토의 대체율을 0, 10, 20, 30%의 4수준으로 설정하였다.

혼화제로서 황토의 사용가능성을 검토하기 위해 본 실험에 사용된 콘크리트는 보통강도 영역의 콘크리트로서 물결합재비를 55%로 설정하였으며, 동일한 유동성을 확보하기 위해 목표슬럼프를 17±2cm로 설정하였다.

콘크리트의 기초물성에 관한 비교·검토를 위해, 모든 시리즈에서 KS⁶⁾에 준하여 굳지않은 성상에서는 슬럼프, 고성능감수제 첨가율, 공기량, 단위 용적중량을 측정하였으며, 경화 성상에서는 압축강도, 인장강도를 재령 7, 28, 56, 91일에서 측정하였다.

Table 2는 콘크리트 배합을 나타낸 것이다.

모든 시리즈에서 물-결합재비를 55%, 잔골재율을 48%로 하였으며, I 시리즈에서는 혼화제 종류에 따른 비교·평가를 실시하였으며, II 시리즈에서는 활성황토 대체율별 콘크리트의 물성을 비교·평가하였다.

3.2 사용재료 및 비빔방법

Table 3에 본 실험에 사용된 재료의 물성을 나타내었다.

시멘트는 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 혼화제는 플라이애시, 실리카흙, 고로슬래그와 활성화시키지 않은 생황토 및 850 °C로 가열하여 활성화시킨 활성황토를 사용하였다. 목표슬럼프를 만족시키기 위해 나프탈렌계 고성능감수제를 사용하였으며, 잔골재는 제염사, 굵은골재는 부순자갈을 사용하였다.

본 실험에 사용된 황토는 경남 하동산으로, 주요성분은

Table 1 Factors and level of experiment

Series	W/B (%)	Aiming slump (cm)	Admixture		Test items
			Types	Replacement ratio (%)	
I	55	17±2	-	20	• Fresh concrete Slump (cm), Dosage of SP agent (%), Air content (%), Unit weight (kg/ℓ)
			FA*		
			SF*		
			BFS*		
			NHT*		
II	55	17±2	AHT*	0	• Hardened Concrete Compressive Strength (kgf/cm ²), Tensile Strength (kgf/cm ²), ⇒ Measuring age : 7, 28, 56, 91 days
			AHT*	10	
			AHT*	20	
			AHT*	30	

* FA : Fly-ash, SF : Silica-fume, BFS : Blast-furnace slag, NHT : Non-activated hwangtoh, AHT : Activated hwangtoh,

Table 2 Mix proportion of concrete

Series	W/B (%)	s/a (%)	Admixture		Unit weight (kg/m ³)				
			Types of Ad.	Replacement ratio (%)	W*	C*	Ad*	S*	G*
I	55	48	-	20	179	325	0	833	934
			FA			260	65	823	922
			SF			260	65	822	922
			BFS			260	65	832	933
			NHT			260	65	827	927
			AHT			260	65	827	927
II			AHT	0	325	0	833	934	
				10	293	33	830	931	
				20	260	65	827	927	
				30	228	98	823	923	

* W : Water, C : Cement, Ad : Admixture, S : Fine aggregate, G : Coarse aggregate

SiO₂, Al₂O₃ 및 Fe₂O₃ 이고, 각각의 화학적 조성을 Table 4에 나타내었다.

비빔방법은 100 ℓ 강제식 팬타입믹서를 사용하였으며, 잔골재1/2+결합재+잔골재1/2(30초)→물+고성능감수제(30초)→굵은골재(60초) 순으로 비빔을 하였으며, 총 소요시간은 2분이 소요되었다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 혼화재 종류에 따른 검토(Ⅰ 시리즈)

4.1.1 굳지않은 콘크리트의 성상 검토

Fig. 1은 혼화재 종류별 목표슬럼프를 만족시키기 위한 고성능감수제 첨가율과 그때의 슬럼프 값을 나타낸 것이다.

Table 3 Properties of using materials

Constituent	Type	Properties
Binder	Ordinary portland cement (OPC)	Specific gravity:3.15 Blaine:3,200 cm ² /g
	Fly-ash (FA)	Specific gravity:2.2 Blaine:2,976 cm ² /g
	Slica-fume (SF)	Specific gravity:2.2 Blaine:220,000 cm ² /g
	Blast-furnace slag (BFS)	Specific gravity:2.99 Blaine:4,379 cm ² /g
	Hwangtoh (HT)	Specific gravity:2.5 Blaine:3,350 cm ² /g
Chemical admixture	Super-plasticizer	Naphthalene type Specific gravity:1.04
Fine aggregate	Removal salt sand	G _{max} 5mm, F.M:3.16 Specific gravity:2.56
Coarse aggregate	Crushed stone	G _{max} 20mm, F.M:6.02 Specific gravity:2.58

Table 4 Chemical composition of Hwangtoh

(Unit : %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ig.loss
40.0	32.9	7.79	0.39	1.54	0.76	1.73	13.7

BFS의 경우 표면이 매끈하고 비빔수의 흡수가 거의 없어서 목표슬럼프를 만족시키기 위한 고성능감수제의 첨가율이 가장 낮은 것으로 나타났으며, SF는 분말도가 매우 높기 때문에 점성이 증가하여 유동성을 만족시키기 위한 고성능감수제의 첨가율이 가장 높은 것으로 나타났다.

황토를 대체한 경우 황토의 가공방법에 따른 NHT와 AHT의 고성능감수제 첨가율은 유사한 분말도의 FA나 BFS에 비해 다소 높게 나타나고 있으며, 이는 황토입자가 개기공구조^{2,8)}를 이루고 있어서 다른 혼화재에 비해 비빔수의 흡수량이 상대적으로 큰 것에 기인하는 것으로 사료된다. 또한 NHT에 비해 AHT가 고성능감수제의 첨가율이 큰 것으로 나타났는데, 이는 황토를 활성화시키기 위해 가열할 경우, 황토 내부의 증간수⁴⁾가 증발하여 NHT에 비해 비빔수의 흡수량이 증가한데 기인한 것으로 사료된다.

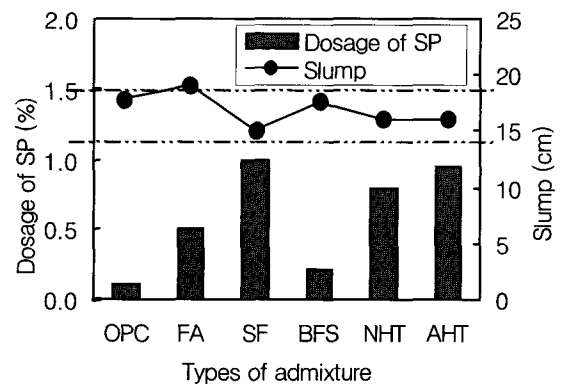


Fig. 1 Dosage of SP and slump according to types of admixture

Fig. 2는 혼화제 종류별 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 것으로, 혼화제를 혼입한 콘크리트의 공기량은 OPC에 비해 다소 저하하는 것으로 나타났다. 혼화제 종류에 따른 공기량은 BFS의 경우 공기량이 가장 높게 나타나고 있으며, AHT의 경우 FA와 SF보다 공기량이 높게 나타나고 있어, 소요의 공기량을 확보하기 위해 AE제를 사용할 경우 FA 및 SF보다 AHT가 다소 효과적일 것으로 사료된다.

단위용적중량의 변화는 OPC가 가장 높게 나타나고 있으며, 혼화제 종류에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

4.1.2 경화 콘크리트의 성상 검토

Fig. 3은 재령에 따른 혼화제 종류별 압축강도의 변화를 나타낸 것이다.

혼화제를 대체한 경우 OPC에 비해 대부분 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, SF의 경우 가장 높은 강도 발현 수준을 보이고 있다.

재령 7일에서 FA, BFS는 OPC에 비해 강도발현수준이 저하하지만 AHT는 OPC에 비해 높은 강도발현 수준을 보이고 있다. 이는 활성황토의 활성SiO₂와 활성Al₂O₃에 의해 초기 강도발현 성상이 향상된 것으로 사료되며²⁾, 활성황토를 사용할 경우 초기재령에서의 강도 확보가 가능할 것으로 사료된다.

장기재령인 56, 91일에 있어서도 AHT의 경우 FA나 BFS보다 높은 강도발현수준을 보이고 있어서, 점토질 포졸란이 플라이애시보다 활발한 포졸란반응을 일으킨다는 기존의 연구보고²⁵⁾와 일치하는 것으로 나타났으며, 혼화재료로서 활성황토의 사용 가능성이 매우 큰 것으로 사료된다.

NHT의 경우 OPC보다 모든 재령에서 압축강도가 저하하는 것으로 나타나, 점토질 포졸란을 사용할 경우 활성화시켜야 포졸란반응을 일으킨다는 기존의 연구보고²³⁾와 일치하는 것으로 나타났다.

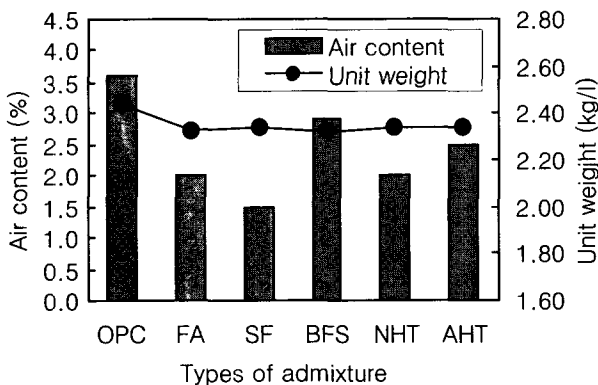


Fig. 2 Air content and unit weight according to types of admixture

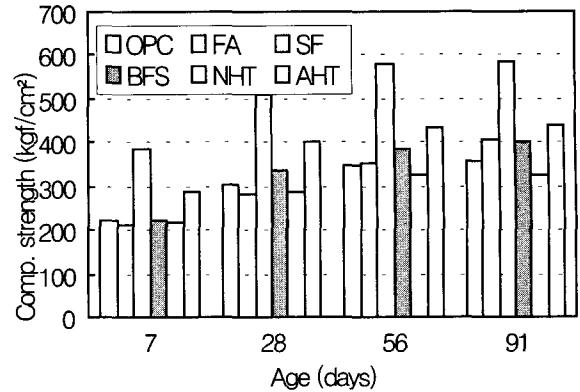


Fig. 3 Compressive strength according to types of admixture by age

Fig. 4는 재령별 OPC에 대한 혼화제 종류에 따른 압축강도 발현비를 나타낸 것이다.

SF의 경우 모든 재령에서 가장 높은 강도발현비를 보이고 있으며, 재령에 따른 압축강도 발현비가 1.6~1.7의 범위에 있는 것으로 나타났다.

AHT의 경우 압축강도 발현비가 1.2~1.3의 범위로, FA와 BFS에 비해 압축강도 발현비가 높게 나타나고 있다. FA의 경우 재령 56일 이후에는 OPC보다 강도발현이 높은 것으로 나타났으며, BFS의 경우 재령 28일 이후의 압축강도 발현비는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 또한 NHT의 경우 모든 재령에서 압축강도 발현비가 1.0 이하로 나타나 활성화시키지 않은 생황토의 경우 포졸란반응에 의한 강도증진 효과가 없는 것으로 나타났다.

SF와 AHT의 경우 재령의 경과에 따라 압축강도 발현비는 다소 감소하는 경향을 보이고 있으나, FA 및 BFS의 경우 재령의 경과에 따른 감소는 나타나지 않고, FA의 경우 오히려 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 이는 SF 및 AHT의 경우 포졸란반응의 활성화가 FA, BFS보다 커서 초기재령에서의 강도발현이 촉진되어 장기재령에서 강도증진폭이 감소된 것으로 사료된다.

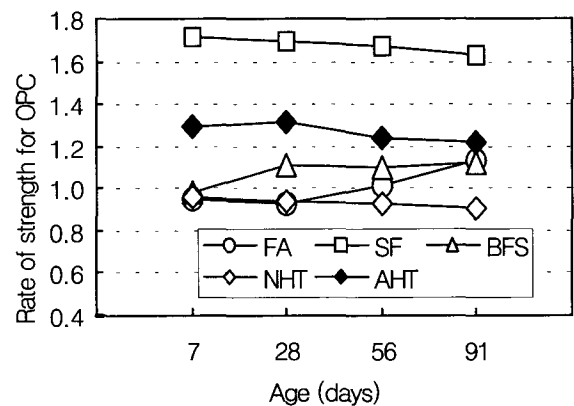


Fig. 4 Rate of strength on OPC according to age.

Fig. 5는 혼화재 종류에 따른 재령별 인장강도를 나타낸 것이다.

혼화재를 대체한 경우 대부분 OPC에 비해 인장강도가 높게 나타나고 있으며, 재령의 경과에 따른 인장강도 발현 성상은 압축강도의 경우와 동일한 경향을 나타내고 있다.

혼화재 종류에 따른 인장강도 발현성상은 모든 재령에서 SF가 가장 높은 강도를 발현하고 있으며, 황토를 사용한 경우 NHT는 가장 낮은 강도수준을 발현하고 있다. AHT의 경우 비슷한 분말도의 FA, BFS보다도 높은 강도를 발현하고 있는데, 이는 압축강도 발현성상과 동일한 경향으로서, AHT가 FA, BFS보다 포졸란반응이 활발히 진행되어 내부조직이 더 치밀해졌기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 6은 각 재령에서 OPC에 대한 인장강도 발현비를 나타낸 것이다.

압축강도의 성상과 유사한 경향으로, SF의 경우 모든 재령에서 가장 높은 인장강도 발현비를 나타내고 있으며, AHT의 경우 재령의 경과에 따른 변화는 거의 없이 1.2의 범위를 나타내고 있다. NHT의 경우 대부분의 재령에서 가장 낮은 인장강도 발현비를 나타내고 있으며, 압축강도 발현성상과 유사하게 인장강도 발현비가 1.0이하로 나타나, 인장강도에 의한 결과에 있어서도 황토를 포졸란 혼화재로서 사용하기 위해서는 소성에 의한 활성화가 필요할 것으로 사료된다.

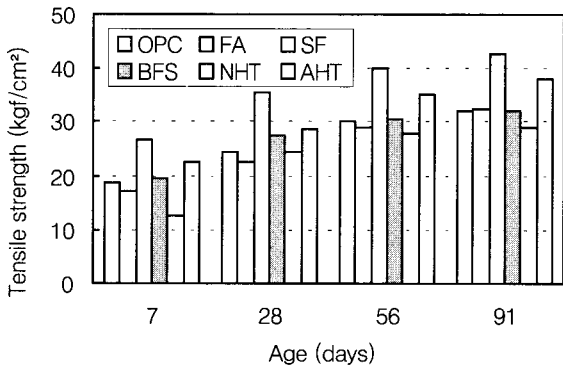


Fig. 5 Tensile strength according to types of admixture by age

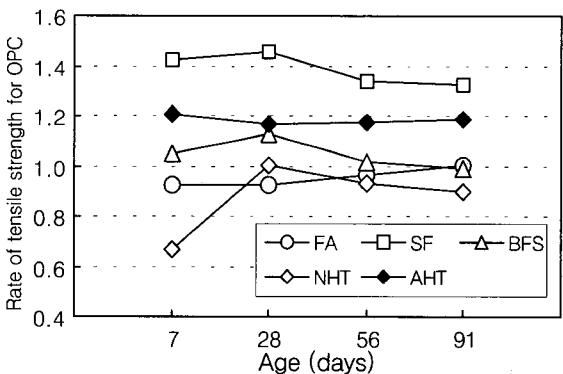


Fig. 6 Rate of tensile strength on OPC according to age

4.2 활성화도 대체율에 따른 검토(II시리즈)

4.2.1 굳지않은 콘크리트의 성상 검토

Fig. 7은 활성화도의 대체율에 따른 목표슬럼프를 만족시키기 위한 고성능감수제의 첨가율과 그때의 슬럼프 값을 나타낸 것이다.

활성화도의 대체율이 증가할수록 고성능감수제의 첨가율이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 황토 대체에 따른 황토의 비빔수 흡수량이 증가하기 때문인 것으로 사료되며, 황토를 사용할 경우 소요의 유동성을 확보하기 위해서는 고성능감수제의 첨가량을 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.

Fig. 8은 활성화도 대체율에 따른 공기량과 단위용적중량을 나타낸 것으로, 활성화도 대체율이 증가할수록 공기량은 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 특히 대체율 20, 30%의 경우 OPC에 비해 공기량은 약 1% 정도 저하하는 것으로 나타났다.

단위용적중량의 변화는 활성화도 대체율이 증가할수록 단위용적중량은 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 황토입자가 개기공구조²⁾에 의해 다공질을 이루고 있으며, 또한 시멘트에 비해 비중이 작기 때문에 대체율이 증가할수록 단위용적중량은 감소하는 것으로 사료된다.

Fig. 9는 활성화도 대체율에 따른 재령별 압축강도의 변화를 나타낸 것이다.

활성화도 대체율 10, 20%에서는 모든 재령에서 OPC에 비해 압축강도 발현수준이 높게 나타나고 있으며, 재령의 증가에 따라서도 약간씩 더 높은 수준을 보이고 있다. 이는 활성화도에 존재하는 활성 Al_2O_3 성분과 활성 SiO_2 성분이 시멘트내의 $Ca(OH)_2$ 와의 반응에 의한 불용성 화합물을 생성하는 포졸란반응이 진행되어 압축강도 증진 효과가 나타난 것으로 판단된다.

한편, 활성화도 대체율 30%의 경우 대체율 10, 20%와 달리 OPC에 비해 압축강도가 약간씩 저하하는 것으로 나타나, 활성화시킨 점토질 포졸란의 적정 대체율이 10~20% 내외라는 기존 연구보고²³⁾와 유사한 경향을 보이고 있으며, 활성화도 대체율 30%의 경우, 수화에 필요한 시멘트의 양이 상대적으로 감소되어 압축강도발현을 위한 시멘트의 수화물 생성 감소와 수화반응 진행정도가 낮기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 10은 재령별 OPC에 대한 활성화도 대체율에 따른 압축강도 발현비를 나타낸 것이다.

대체율 10, 20%의 경우 OPC에 비해 높은 강도발현비를 나타내고 있다. 대체율 10%의 압축강도 발현비는 1.10 내외로 재령의 경과에 따른 변화는 거의 없는 것으로 나타났으며, 대체율 20%는 모든 재령에서 가장 높은 압축강도 발현비를 나타내고 있으나, 재령이 경과함에 따라 다소 감소하는 경향을 나타내고 있다.

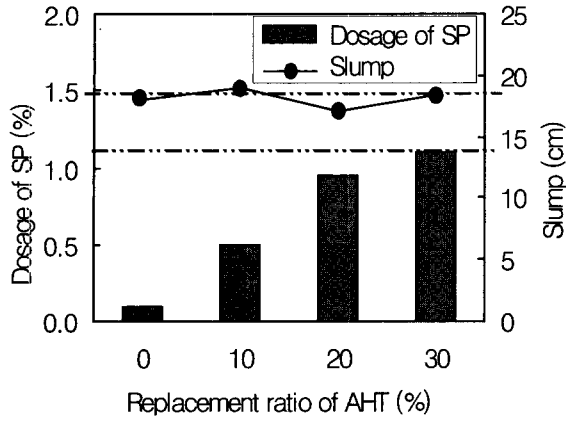


Fig. 7 Dosage of SP and slump according to replacement ratio of AHT

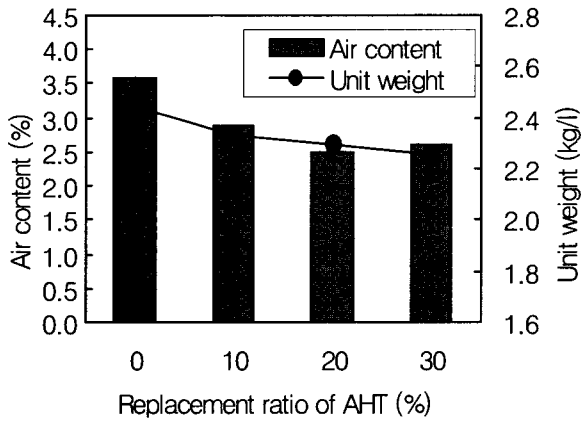


Fig. 8 Air content and Unit weight according to replacement ratio of AHT

대체율 30%의 경우 가장 낮은 압축강도 발현비를 나타내고 있으며, 재령 28일을 제외하고는 발현비가 0.90 내외로 OPC에 비해 압축강도가 저하하는 것으로 나타나, 활성황토 대체율이 20%를 초과하는 경우 강도증진의 효과가 감소하는 것으로 사료된다.

Fig. 11은 활성황토 대체율에 따른 재령별 인장강도를 나타낸 것이다.

대체율 20%의 경우 모든 재령에서 가장 높은 인장강도를 나타내고 있으며, 대체율 30%는 가장 낮은 인장강도를 나타내고 있다. 이는 압축강도 발현성상의 경향과 일치하는 것으로, 포졸란반응에 의한 강도증진효과를 고려하면 대체율 10~20%가 효과적인 것으로 사료된다.

Fig. 12는 각 재령에서 OPC에 대한 인장강도 발현비를 나타낸 것이다.

대체율 20%는 발현비가 1.20내외로 모든 재령에서 가장 높은 발현비 나타내고 있어 압축강도의 발현비와 유사한 경향을 보이고 있으며, 10%의 경우도 1.10 내외의 범

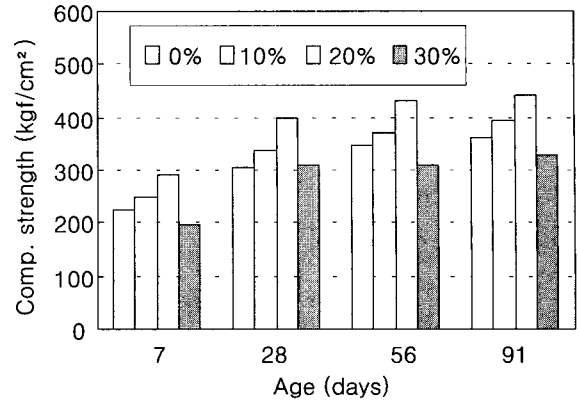


Fig. 9 Compressive strength according to replacement ratio of AHT by age

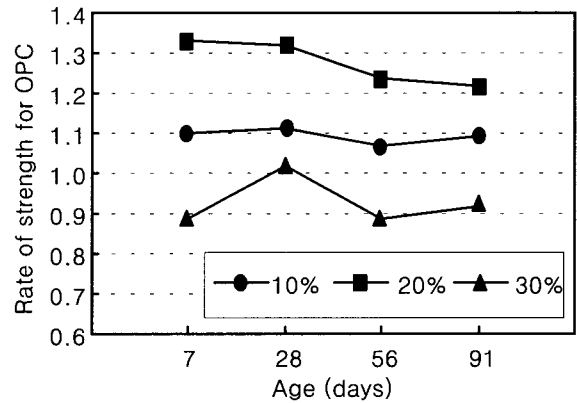


Fig. 10 Rate of tensile strength on OPC according to age

위로 OPC에 비해 강도발현수준이 높은 것으로 나타났으나, 대체율 30%의 경우 발현비가 0.91 내외로 OPC에 비해 강도발현수준이 낮게 나타났다.

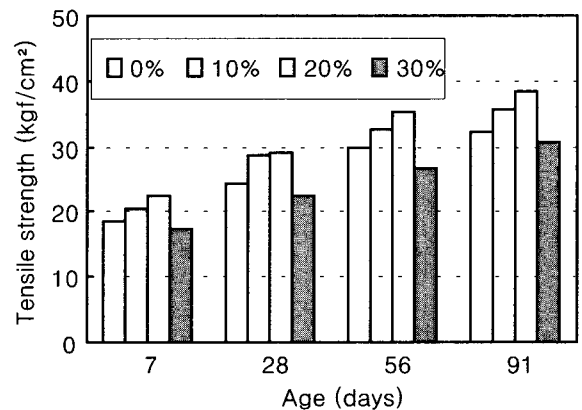


Fig. 11 Tensile strength according to replacement ratio of AHT by age

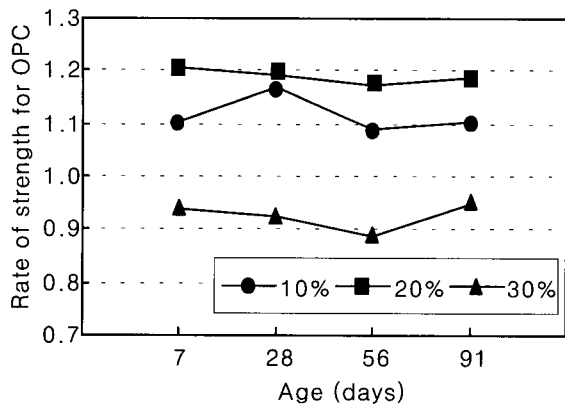


Fig. 12 Rate of tensile strength on OPC according to age

5. 결 론

시멘트 혼화제로서 황토를 사용한 콘크리트의 특성을 검토하기 위해, 혼화제 종류별, 활성황토 대체율별 굳지 않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 성상을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 혼화제 종류에 따른 굳지않은 콘크리트의 성상에서 황토를 대체한 경우 목표슬럼프를 만족시키기 위한 고성능 감수제의 첨가율은 다소 증가하는 것으로 나타났다.

2) 혼화제 종류에 따른 강도발현성상은 SF가 가장 높게 나타났다. AHT의 경우 모든 재령에서 FA, BFS 보다 높은 강도를 발현하는 것으로 나타나, 혼화제로서 AHT의 사용이 가능할 것으로 사료되며, 조기강도의 확보도 가능할 것으로 사료된다.

3) 황토의 활성유무에 따른 강도발현 성상은 AHT의 경우 높은 강도발현 수준을 보이고 있으나, NHT는 OPC보다 강도발현수준이 낮게 나타나고 있어서, 황토를 혼화제로 사용하기 위해서는 고온 가열(450~1000 °C)에 의한 활성화가 필요할 것으로 사료된다.

4) AHT의 대체율에 따른 굳지않은 콘크리트의 성상에

서 대체율이 증가할수록 소요의 유동성을 확보하기 위한 고성능 감수제의 첨가율은 증가하는 것으로 나타났으며, 공기량은 감소하는 것으로 나타나, 활성황토를 혼화제로 사용할 경우 고성능 AE감수제의 사용을 고려해야 될 것으로 사료된다.

5) AHT의 대체율에 따른 강도발현성상은 대체율 20%가 가장 높은 것으로 나타났으며, 30%는 오히려 OPC에 비해 강도가 저하하는 것으로 나타나, 본 연구의 범위인 일반강도영역의 콘크리트에서는 활성황토를 시멘트 혼화재료로 사용시 시멘트 중량대비 대체율이 약 10~20%내외에서 적정하게 나타난 것으로 확인되었다.

참고문헌

- Neville A. M., "Properties of Concrete," Forth and Final Edition, 1996, pp.83~86.
- 최희용, 황혜주, 김무한, 김문한, "시멘트 Mortar로의 적용을 위한 황토혼화제 개발에 관한 연구," 대한건축학회 논문집, 2000, 6, pp.95~102
- Frias M., "The Effect that the Pozzolanic Reation of Metakaolin has on the Heat Evolution in Metakaolin-Cement Mortars," *Cement and Concrete Research*, 2000, Feb., pp.209~216.
- 최희용, 황혜주, 김무한, 김문한, "황토의 Pozzolan 제조방법에 관한 실험적 연구," 제5회 한국·일본 건축재료·시공 Joint Symposium 논문집, 2000, 8, pp.117~128.
- Dunster A. M., "The pozzolanic reation of metakaolin and its effects on Portland cement hydration," *Journal of Materials Science* Vol.28, 2000. Apr., pp.1345~1350.
- 김무한, "구조재료실험," 문운당, 1999.
- Coleman N. J., "The Solid State Chemistry of Metakaolin-Blinded Ordinary Portland Cement," *Journal of Materials Science*, Vol.35, 2000, Jun., pp.2701~2710.
- 이종근, "무기재료원료공학," 반도출판사, 1990, pp.45~160.

요 약

본 연구에서는 천연재료인 황토의 활용성을 넓히기 위해, 황토를 혼화제로 사용한 경우 혼화제 종류 및 황토 대체율에 따른 콘크리트의 기초물성을 비교·검토하였다.

연구 결과, 황토를 사용할 경우 유동성은 다소 저하하는 것으로 나타났으며, 혼화제를 대체하지 않은 콘크리트에 비해 공기량도 다소 저하하는 것으로 나타나, 고성능 감수제의 선택성 및 AE제의 사용에 의한 공기량 보정이 필요할 것으로 판단된다. 황토와 시멘트간의 포졸란반응에 의한 강도발현성상을 검토한 결과, 황토를 콘크리트용 혼화제로서 사용하기 위해서는 가열에 의한 활성화공정이 필요한 것으로 나타났으며, 활성황토를 콘크리트용 혼화재료로 사용할 경우 활발한 포졸란반응에 의해 압축강도 발현이 플레인콘크리트보다 높게 나타나, 건설 신재료로서의 황토의 개발이 가능할 것으로 사료된다.

활성황토의 대체율에 따른 콘크리트의 특성은 대체율이 증가할수록 강도발현수준이 높게 나타났으나, 대체율 30%의 경우 무혼입에 비해 강도가 저하하는 것으로 나타나, 활성황토의 적정 대체율에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요할 것으로 사료되며, 본 연구의 범위에서 활성황토의 적정 대체율의 범위는 10~20%내외에 존재할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 황토콘크리트, 포졸란 반응, 혼화재료, 활성황토