

혼화제를 사용한 고강도 경량콘크리트에 관한 실험적 연구 An Experimental Study on High Strength Lightweight Concrete Using Compound Materials

김종인* · 최영화** · 김정훈***

Kim, Jong-In* · Choi, Young-Wha** · Kim, Jeong-Hun***

<Abstract>

This experimental study on high strength lightweight concrete using compound materials has been performed. In which, expanded clay was used as coarse aggregate, and silica fume and fly ash as admixtures varying by 0, 10% and 0, 5, 10, 15, 20% of cement amount respectively were added. Thus, the properties of fresh and hardened concrete have been investigated. The results of this study can be summarized as follows ; Each slump loss of mixtures replaced fly ash has been decreased by increasing replacement rate. The compressive strength have shown 465, 428 and 401 kgf/cm² at 30, 40 and 50% of W/B in 28days respectively, all of which have satisfied the criterion 270 kgf/cm² of high strength lightweight concrete. The unit volume weight of hardened concrete has been decreased by increasing replacement rate of silica fume and fly ash, values of which have satisfied the criterion 2000 kgf/m³ of light weight concrete.

Key word : high strength lightweight concrete, compressive strength, expanded clay, compound materials, slump loss, unit volume weight

* 정회원, 대구대학교 건설환경공학부 교수, 工博
E-mail : jikim@daegu.ac.kr

** 정회원, 대구대학교 건설환경공학부 교수, 工博
E-mail : ywchoi@daegu.ac.kr

*** 대구대학교 대학원, 공학석사

* prof. Dept. of Construction & Environmental Engineering,
Daegu University

** prof. Dept. of Construction & Environmental Engineering,
Daegu University

1. 서론

건설구조의 주된 재료로써 가장 일반적으로 사용되는 콘크리트는 다른 재료들에 비하여 경제성 및 구조성능에서 우수한 성능을 가지고 있다. 하지만 강도에 비해 비중이 크기 때문에 결국 부재단면이 확대되어 자중의 증가 및 사용면적의 축소라는 기본적인 결점을 가지고 있기도 하다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 콘크리트의 경량화가 시도되고 있는데, 콘크리트 압축강도 향상 및 구조물 자중감소를 위해서는 상대적으로 자중이 작고, 강도는 높은 고강도 경량콘크리트의 사용은 아주 적절한 해결방향이라고 볼 수 있다.

본 연구는 콘크리트의 고강도화, 경량화에 대한 필요성이 요구되어지고, 또 다양해져 가는 콘크리트 제품에 대한 수요를 충족시키기 위한 새로운 건설재료의 개발과 환경보전이라는 측면에서, 점토를 소성 가공한 인공경량골재를 이용하고, 혼화제로 실리카흄과 플라이애쉬를 첨가한 고강도 경량콘크리트를 제조하여 굳지않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 특성을 파악함으로써 실제 구조물의 적용에 대한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 고강도 경량콘크리트의 특성실험

2.1 실험개요

본 실험에서는 구조용으로 사용이 가능할 것으로 생각되는 점토를 소성, 가공한 국내산 인공경량골재 팽창점토를 사용하였으며, 이를 사용한 콘크리트의 역학적 특성을 규명하기 위한 배합요인 및 실험수준은 Table. 1과 같다.

2.2 사용재료

1) 시멘트

시멘트는 KSL 5201에 규정된 H사의 보통포틀랜드시멘트(OPC)를 사용하였다.

2) 골재

잔골재는 경북 칠곡군 왜관읍의 낙동강 모래를 사용하였으며, 굵은골재로는 충남 예산군에 있는 H사의 팽창점토를 사용하였다. 골재

Table. 1 고강도 경량콘크리트의 배합요인과 실험수준

요 인		수 준
배 합 사 항	물결화재비(%)	30, 35, 40, 45, 50
	결합재량(kgf/m ³)	400, 450, 500, 550, 600
	굵은골재 최대치수(mm)	19
	경량골재 종류	팽창점토
	실리카흄 치화율(%)	0, 10
	플라이애쉬 치화율(%)	0, 5, 10, 15, 20
	목표슬럼프(cm)	18±2
실 험 사 항	아직 굳지않은 콘크리트	슬럼프 : 직후, 30, 60, 90, 120분 공기량, 단위용적중량 : 직후
	경화콘크리트	압축강도 : 3, 7, 28, 56일 인장강도, 흡수율 : 28일 단위용적중량 : 3, 7, 28, 56일 길이변화율 : 3, 7, 28, 56일

Table. 2 골재의 물리적 성질

종류	골재 크기 (mm)	조립률 (F.M)	표준 비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kgf/m ³)	실적율 (%)	비고
잔골재	5	2.39	2.52	2.28	1632	61.9	강모래
굵은골재	19	6.94	1.60	25.36	674	61.4	팽창점토

의 물리적 특성 및 입도곡선은 Table. 2 및 Fig. 1과 같다.

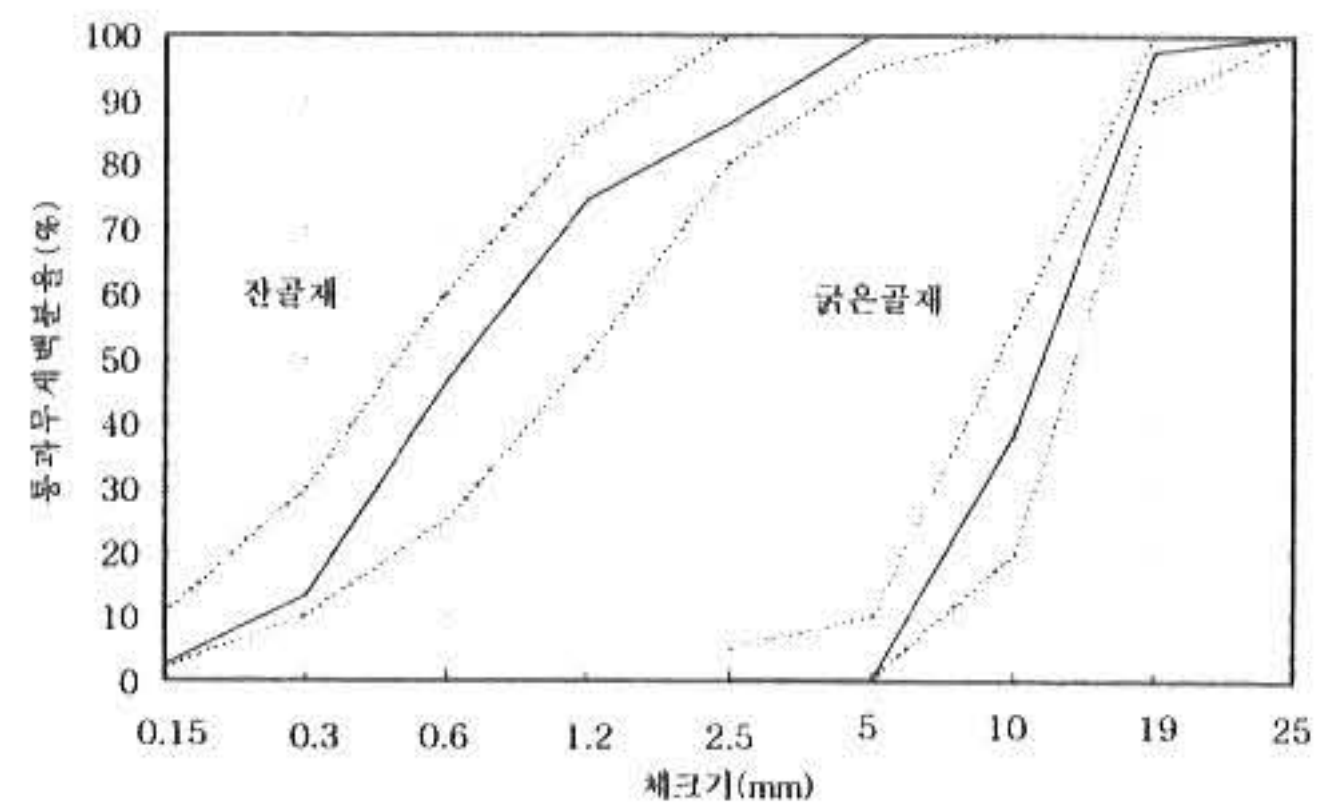


Fig. 1 골재의 입도곡선

3) 고성능AE감수제

고성능AE감수제는 비중이 1.22±0.05인 국내에서 생산되는 JW사의 PHOENIX-R1을 사용하였으며, 그 물리·화학적 성질은 Table. 3과 같다.

Table. 3 고성능 AE감수제의 물리·화학적 특성

비 중	주 성분	유 형	색 상	pH
1.22±0.05	나프탈렌계	액 상	암갈색	8.5±1.5

4) 혼화재

혼화제로 사용되는 실리카흙은 캐나다산이고, 플라이애쉬는 충남 보령시에서 생산되는 H사의 제품을 사용하였으며, 물리적 및 화학적 특성은 Table. 4~7과 같다.

Table. 4 실리카흙의 물리적 특성

원산지	비 중	유 형	미립분형태	습분(%)
캐나다	2.2	미립분	구형	0.1

Table. 5 실리카흙의 화학성분

SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO(%)	MgO(%)	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)	C(%)	S(%)	I ₂ O ₁ (%)
88.0	2.0	1.0	1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	0.2	2.0

Table. 6 플라이애쉬의 물리적 특성

비중	안정도 (%)	분말도 (cm ² /g)	강열감량 (%)	압축강도비 (%)	습 분 (%)
2.21	0.07	3970	4.1	7일 : 92 28일 : 94	0.1

Table. 7 플라이애쉬의 화학성분

SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O(%)	Ig.loss(%)
62.0	4.32	29.2	0.37	0.55	3.5

Table. 8 고강도 경량콘크리트의 배합설계

W/B (%)	B (kgf/m ³)	S/a (%)	SF/B (%)	FA/B (%)	SP/B (%)	중량배합(kgf/m ³)								
						W	C	S	G	SF	FA	SP		
30	600	45	10	5	1.5	180	510	654	507	60	30	3.72		
35	550				1.2	193	468	659	511	55	28	2.73		
					1.4	160	340	753	584	40	20	2.32		
40	400				0	0	0.5	200	500	681	528	0	0	0.97
						5	0.5	200	475	677	525	0	25	0.99
						10	0.5	200	450	673	522	0	50	1.01
			15	0.6		200	425	669	520	0	75	1.24		
			20	0.6		200	400	673	517	0	100	1.26		
			0	0.9		200	450	669	522	50	0	1.82		
40	500		10	5	1.1	200	425	669	519	50	25	2.27		
				10	1.1	200	400	665	516	50	50	2.32		
				15	1.1	200	375	661	514	50	75	2.36		
				20	1.0	200	350	658	511	50	100	2.19		
45	600		10	5	0.8	240	510	586	454	60	30	1.98		
	450				1.0	203	383	686	532	45	23	1.86		
50	400				0.8	200	340	708	549	40	20	1.32		

W : 사용수, B : 결합재, C : 시멘트, SF : 실리카흙, FA : 플라이 애쉬, S : 잔골재, G : 굵은골재
SP : 고성능AE감수제, S/a : 잔골재율

2.3 배합설계

고강도 경량콘크리트의 역학적 성능을 알아보기 위하여 잔골재율(S/a)을 45%로 고정하였으며, 혼화재의 첨가에 따른 콘크리트의 역학적 성질 변화를 알아보기 위해 결합재량 500kgf/m³에서는 실리카흙 첨가량 변화를 0, 10% 두 개 수준으로, 플라이애쉬 첨가량 변화는 0, 5, 10, 15, 20% 5개 수준으로 하였다. 고성능AE감수제의 사용량은 목표슬럼프 18±2cm를 만족하도록 사용량을 조절하였으며, 기타 본 실험을 위한 배합설계는 Table. 8과 같다.

2.4 실험방법

아직 굳지않은 상태와 경화상태로 구분하여 실험하였으며, 실험요인에 따른 실험방법은 KS규준에 따른 표준적인 방법으로 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 아직 굳지않은 콘크리트의 특징

아직 굳지않은 콘크리트의 실험요인별 결과를 Table. 9에 나타내었다.

Table. 9 아직 굳지않은 콘크리트의 실험결과

W/B (%)	B (kgf/m ³)	SF/B (%)	FA/B (%)	SP/B (%)	슬럼프(cm)					공기량 (%)	단위용적중량 (kgf/m ³)	
					직후	30분	60분	90분	120분			
30	600	10	5	1.1	19.0	-	-	-	-	5.7	1912	
35	550			1.2	18.5	-	-	-	-	5.6	1908	
	400			1.4	17.5	-	-	-	-	5.7	1902	
40	500	0	0	0.5	19.0	6.5	5.5	4.0	3.0	5.2	1920	
			5	0.5	17.5	7.5	6.5	5.5	4.0	5.0	1921	
			10	0.5	18.5	11.0	7.5	6.5	5.0	5.2	1918	
			15	0.6	20.0	13.5	9.5	7.0	6.0	5.6	1914	
			20	0.6	19.5	14.0	9.5	7.5	6.5	5.4	1909	
		10	0	0.9	17.0	6.5	5	4.0	3.0	5.7	1900	
			5	1.1	20.0	9.5	8	5.5	4.0	5.8	1901	
			10	1.1	20.0	10.0	8.5	6.5	5.0	5.6	1897	
			15	1.1	17.0	9.5	7.5	6.0	4.5	5.3	1890	
			20	1.0	19.0	12.0	9.5	7.0	5.5	5.6	1879	
		600	10	5	0.8	20.0	-	-	-	-	4.5	1905
	45	450			1.0	20.0	-	-	-	-	4.6	1899
50	400	0.8			18.5	-	-	-	-	4.2	1895	

1) 고성능AE감수제

고성능AE감수제의 사용량은 실리카흙을 사용하지 않은 배합에서는 플라이애쉬 치환율의 증가에 따라 미세한 변화는 있었지만 전반적으로 비슷한 값을 나타내었고, 실리카흙을 10%치환한 배합에서는 플라이애쉬 치환율이 5% 일 때 다소 증가하였으나 전반적으로 미세한 변화만이 있었다. 실리카흙 치환에 따라서는 실리카흙을 10%치환한 배합이 치환하지 않은 배합보다 고성능AE감수제의 사용량이 증가하였는데, 이는 비표면적이 큰 실리카흙이 수산화칼슘과 매우 짧은 시간에 반응하여 점성이 증가한 것으로 사료된다.

2) 경시변화에 따른 슬럼프

Fig. 2에서 나타난 바와 같이 전반적으로 슬럼프손실이 초기에는 급격히 나타났고 시간이 경과할수록 완만한 변화를 나타내는 경향을 보였다. 실리카흙 치환율에 따라서는 실리카흙을 10%치환한 콘크리트가 전반적으로 실리카흙을 사용하지 않은 콘크리트보다 초기슬럼프 손실이 더 크게 나타났다. 이는 비표면적이 큰 실리카흙과 수산화칼슘이 짧은 시간에 반응하여 겔상의 물질을 생성하므로 점성이 커지기때문에 나타난 결과로 생각된다. 플라이애쉬 치환율에 따른 변화를 보면 전반적으로 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 슬럼프의 손실이 감소하였는데, 이는 플라이애쉬 입자모양이 구

형의 미분말상태이므로 시멘트풀과 골재사이의 마찰저항을 줄여줌으로써 슬럼프의 손실이 적게 나타난 것으로 사료된다.

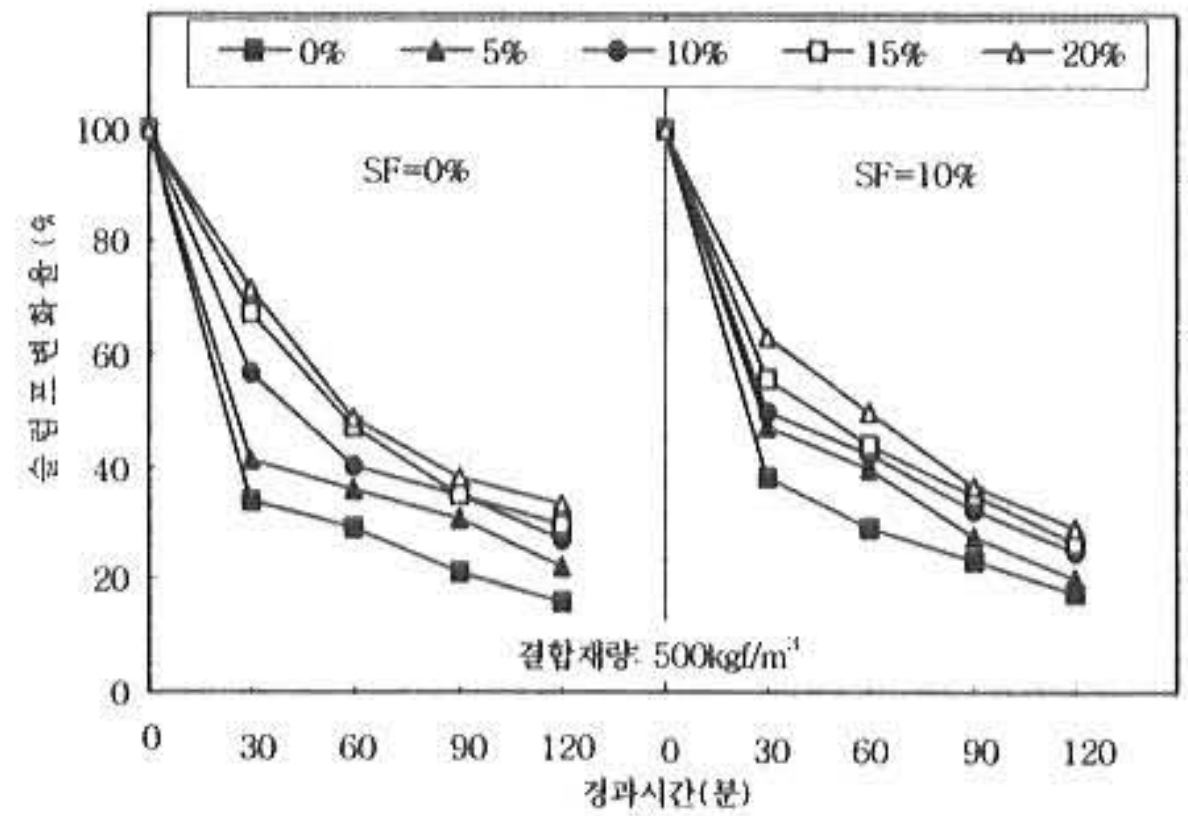


Fig 2. 경시변화에 따른 혼화제 치환율별 슬럼프 변화율

3) 공기량

공기량의 변화는 Table. 9에 나타난 바와 같이 물결합재비 40%, 단위결합재량이 500 kgf/m³일 때 전반적으로 불규칙한 변화를 나타냈으며, 그 범위는 5.0~5.8%이었다. 실리카흙을 10% 치환한 배합이 실리카흙을 치환하지 않은 배합보다 플라이애쉬 15%를 치환한 배합을 제외하고 공기량이 미세하게 증가하였다.

4) 단위용적중량

Fig. 3에 나타난 것과 같이 단위용적중량의 변화는 실리카흙 10%를 치환한 콘크리트의

Table. 10 경화콘크리트의 실험결과

W/B (%)	B (kg/m ³)	S/a (%)	SF/B (%)	FA/B (%)	압축강도 (kgf/cm ²)				인장강도 (kgf/cm ²)	흡수율 (%)	
					3일	7일	28일	56일			
30	600	45	10	5	355	402	465	475	32.3	-	
35	550				321	382	425	460	35.5	-	
40	400				270	332	399	432	32.2	-	
	500				0	307	365	409	416	34.1	2.69
					5	304	351	405	421	33.1	2.90
					10	287	346	402	431	33.0	3.04
			15	267	320	395	431	32.9	3.07		
			20	257	318	390	423	32.5	3.19		
0	315		377	417	437	34.8	2.94				
10	5		303	374	421	450	34.6	3.03			
	10		308	371	428	468	35.2	3.04			
	15		294	360	419	444	34.5	2.97			
	20		277	343	413	426	34.2	3.17			
45	600		333	421	457	488	30.3	-			
	450		294	364	418	446	31.8	-			
50	400		269	327	401	424	29.5	-			

단위용적중량이 실리카흙을 치환하지 않은 콘크리트보다 더 작게 나타났다. 이는 시멘트의 비중보다 낮은 값을 가지는 실리카흙을 치환한 결과라 생각된다.

플라이애쉬 치환율의 변화에 대해서는 실리카흙 0, 10% 치환배합에서 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 단위용적중량은 감소하였다. 이 또한 시멘트의 비중보다 낮은 값을 가지는 플라이애쉬의 치환량이 늘어나 전반적으로 낮은 값을 나타낸 것으로 생각된다.

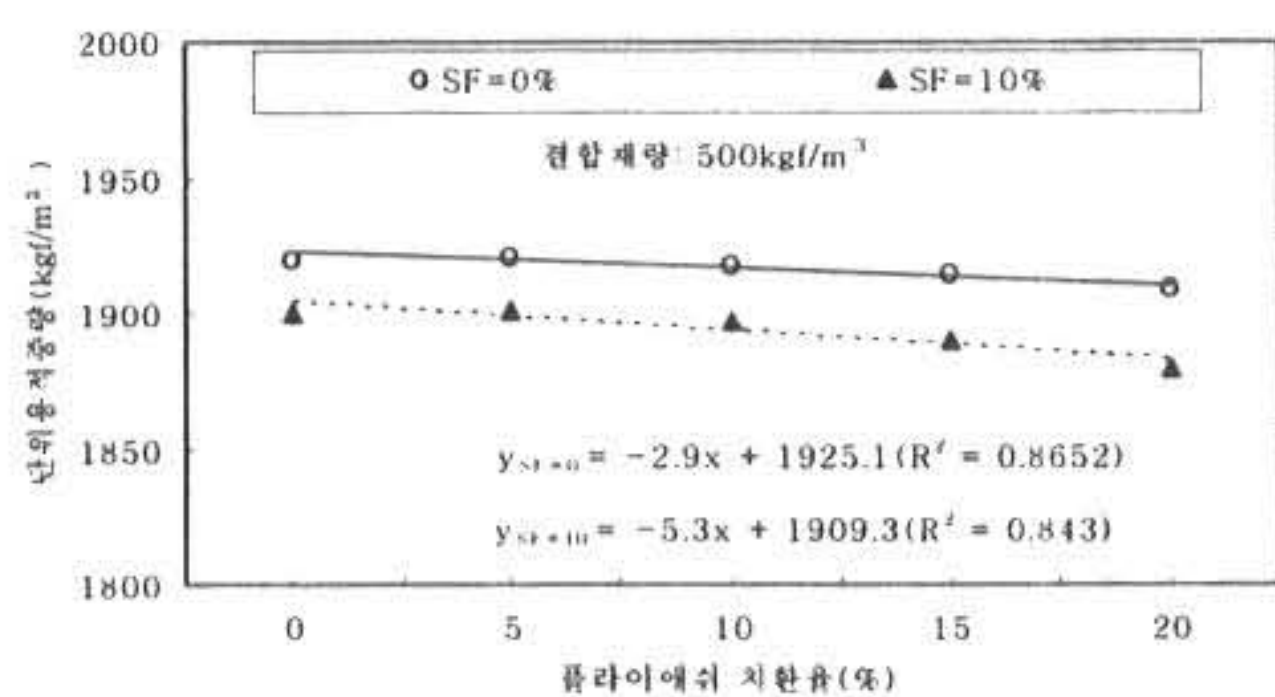


Fig. 3 플라이애쉬 치환율별 단위용적중량

3.2 경화콘크리트의 특징

경화콘크리트의 실험요인에 따른 결과를 Table. 10에 나타내었다.

1) 압축강도

(1) 물결합재비에 따른 재령별 압축강도

Fig. 4에서 보면 물결합재비가 30%인 배합에서 가장 높은 강도를 나타냈으며, 물결합재비가 증가할수록 점차 감소된 강도를 나타냄을 알 수가 있다. 재령 28일의 압축강도가 401 ~ 465kgf/cm²로 우리나라의 고강도 경량콘크리트 기준 270kgf/cm²을 상회하는 값을 나타내었다.

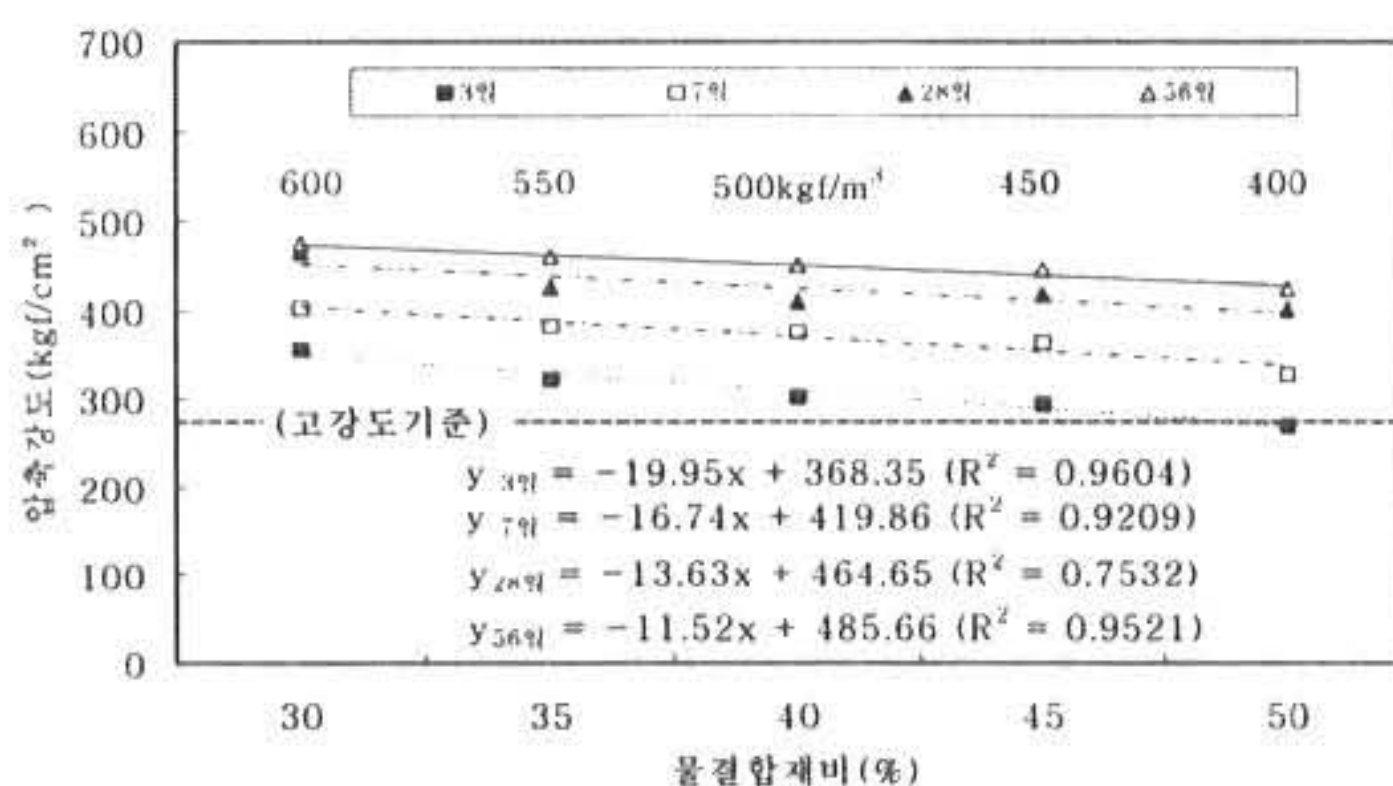


Fig. 4 물결합재비에 따른 재령별 압축강도

(2) 재령에 따른 단위결합재량별 압축강도

Fig. 5에 나타난 것과 같이 전반적으로 단위결합재량이 많은 배합이 3일 재령부터 높은 압축강도를 나타내었는데, 결합재량 100 kg/m³ 증가에 재령 3일에서 평균 32kgf/cm², 7일에서 45kgf/cm², 28일에서 29kgf/cm², 56일에서 28kgf/cm²의 강도증가를 보였다. 7일 재령에서 압축강도의 차이가 가장 크게 나타나다가 재령 28일부터 압축강도 차이가 줄어들음을 알 수가 있다.

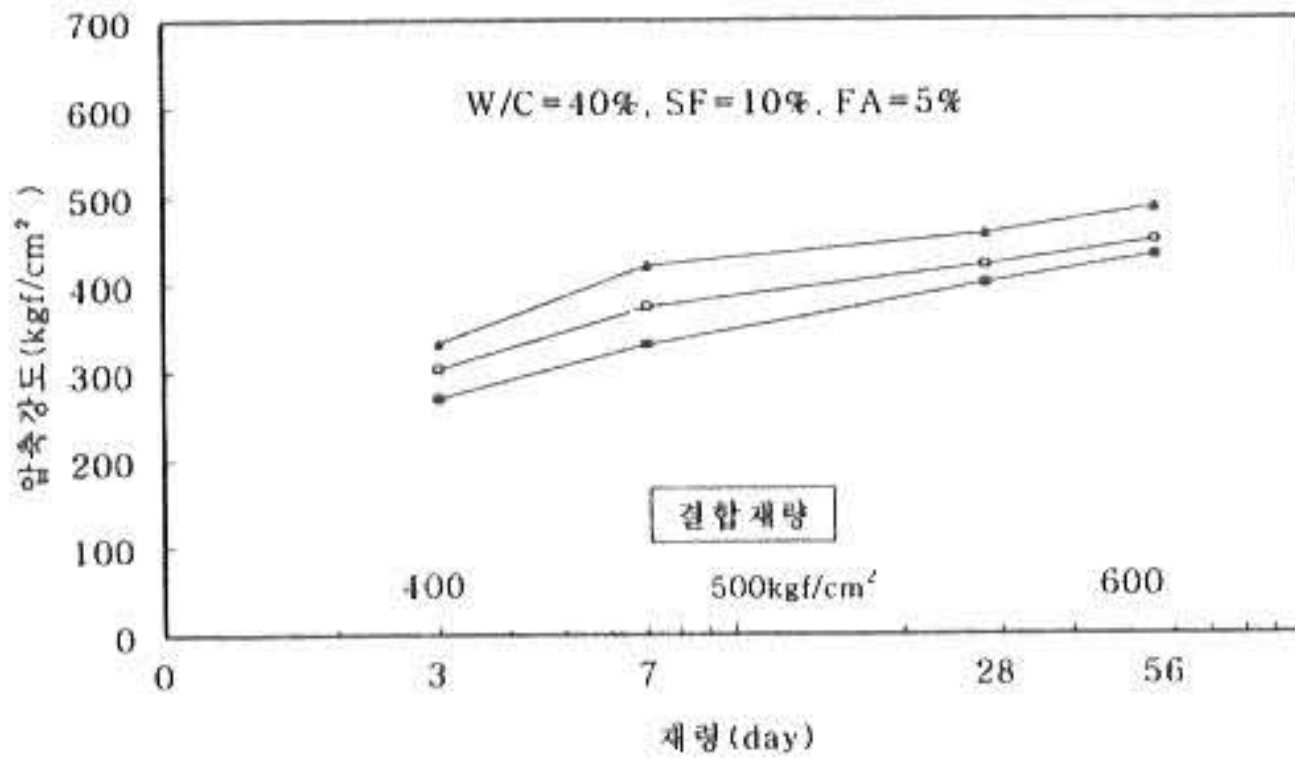


Fig. 5 재령에 따른 단위결합재량별 압축강도

(3)재령에 따른 혼화제 치환율별 압축강도

Fig. 6은 실리카 흙을 치환하지 않은 경우, 재령에 따른 플라이애쉬 치환율별 압축강도를 나타낸 것으로 압축강도는 재령 3일에서 3~50kgf/cm², 7일에서 2~47kgf/cm², 28일에서 3~19kgf/cm²의 차이를 보이며, 재령의 증가에 따라 강도 차이가 많이 줄었다. 56일 압축강도는 플라이애쉬 5~20% 치환배합이 플라이애쉬를 치환하지 않은 배합의 값보다 5~15 kgf/cm² 초과하여 나타났다. 전반적으로 재령에 따른 압축강도의 차이가 줄어들다가 재령 56일에서 압축강도가 역전되었다.

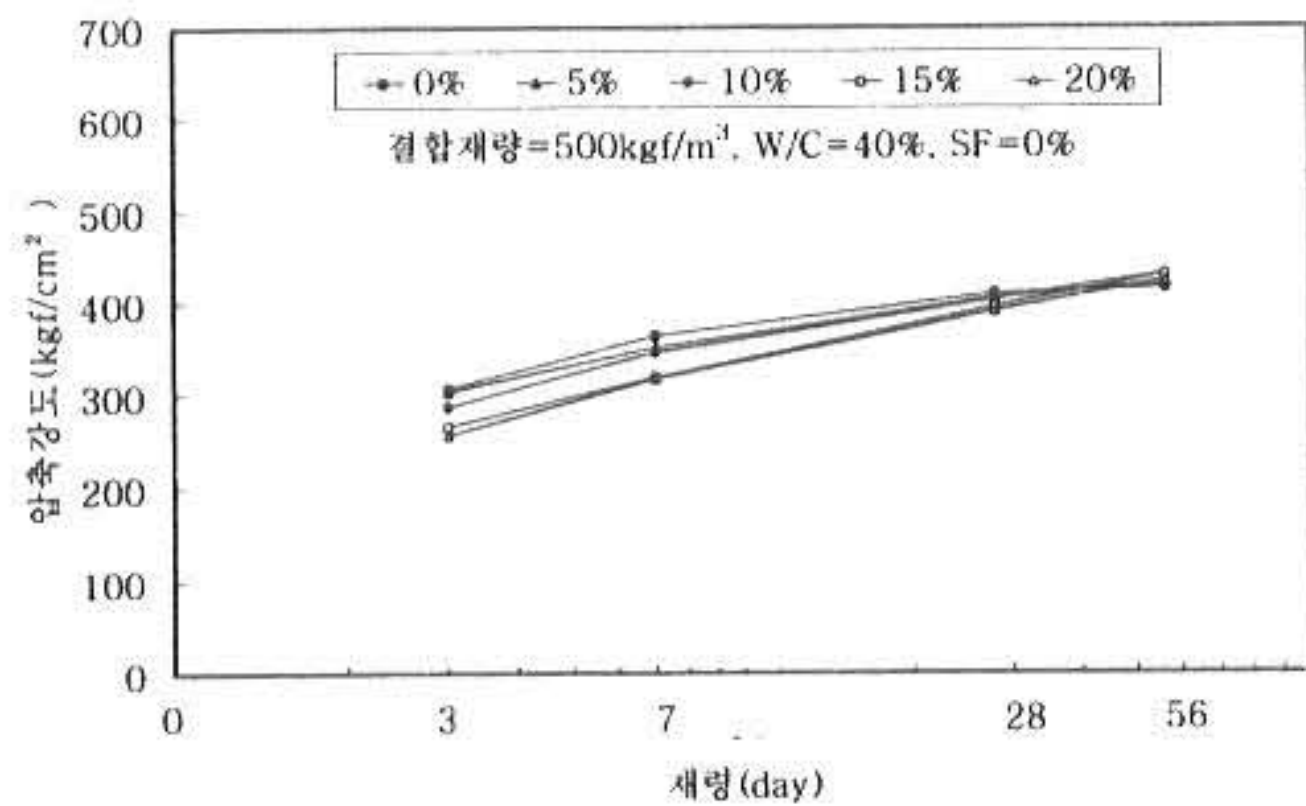


Fig. 6 재령에 따른 플라이애쉬 치환율별 압축강도

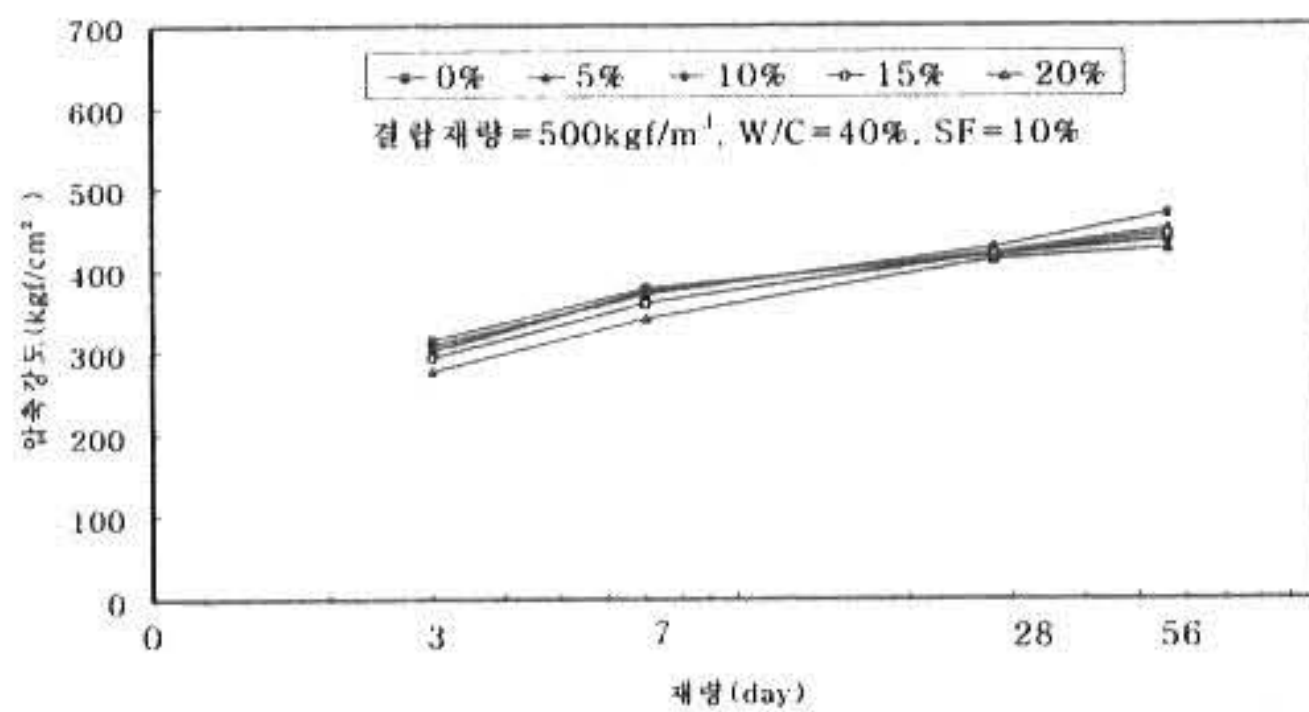


Fig. 7 재령에 따른 플라이애쉬 치환율별 압축강도

Fig. 7은 실리카흙 10% 치환한 경우 재령에 따른 플라이애쉬 치환율별 압축강도를 나타낸 것으로 압축강도는 재령 3일에서 5~38kgf/cm², 7일에서 3~34kgf/cm²의 차이를 보이고, 28일에서는 플라이애쉬를 치환하지 않은 콘크리트의 압축강도보다 5~15% 치환한 배합에서 4~22 kgf/cm²의 초과된 강도를 나타내었으며, 플라이애쉬 20%를 치환한 배합만이 4kgf/cm²의 낮은 강도 값을 나타내었다.

실리카흙을 치환하지 않은 배합과 10%치환한 배합을 플라이애쉬 치환율에 따른 재령별 압축강도를 살펴보면, 실리카흙 10%치환한 배합의 압축강도가 재령 3일에서 1~31kgf/cm², 7일에서 12~40kgf/cm², 28일에서 8~26kgf/cm², 56일에서 3~37kgf/cm² 더 높게 나타났으며, 물결합재비 40%, 결합재량 500kgf/m³의 배합에서 실리카흙 10%, 플라이애쉬 10%치환한 배합이 최고 압축강도를 나타내었다.

2) 인장강도

(1)물결합재별 인장강도

Fig. 8은 실리카흙 10%, 플라이애쉬 5% 치환한 물결합재별 인장강도를 나타낸 것으로 물결합재비에 따른 인장강도는 전반적으로 물결합재비가 클수록 낮은 값을 나타내는 경향을 보였으나, 그 차이는 0.1~6kgf/cm²로 매우 작게 나타났다.

(2)혼화제 치환율별 인장강도

Fig. 9에 나타난 것과 같이 인장강도의 변화는 평균적으로 실리카흙을 10% 치환한 배합이 실리카흙을 치환하지 않은 배합에 비해 조금 높은 강도를 보였으나, 그 차이는 0.7~2.2kgf/cm²로 작게 나타났다. 플라이애쉬 치환

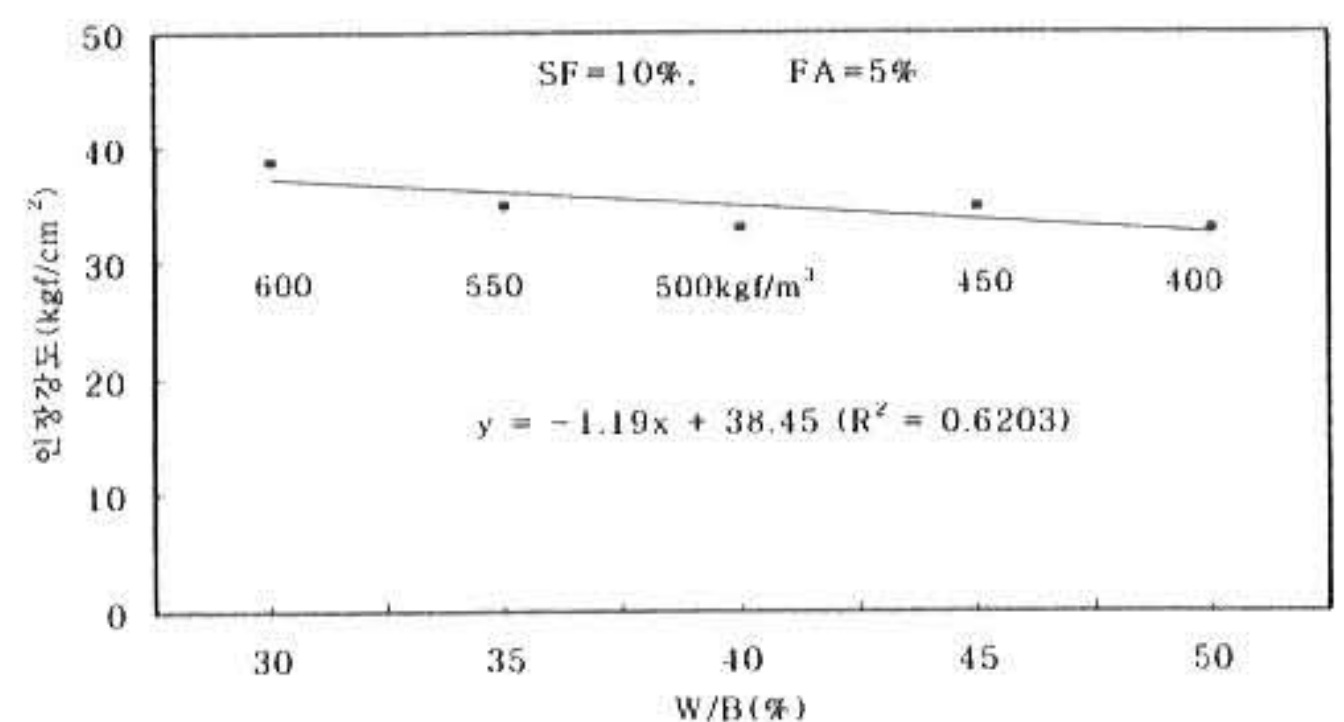


Fig. 8 물결합재별 인장강도

율에 따른 인장강도의 변화는 거의 관찰할 수 없었다.

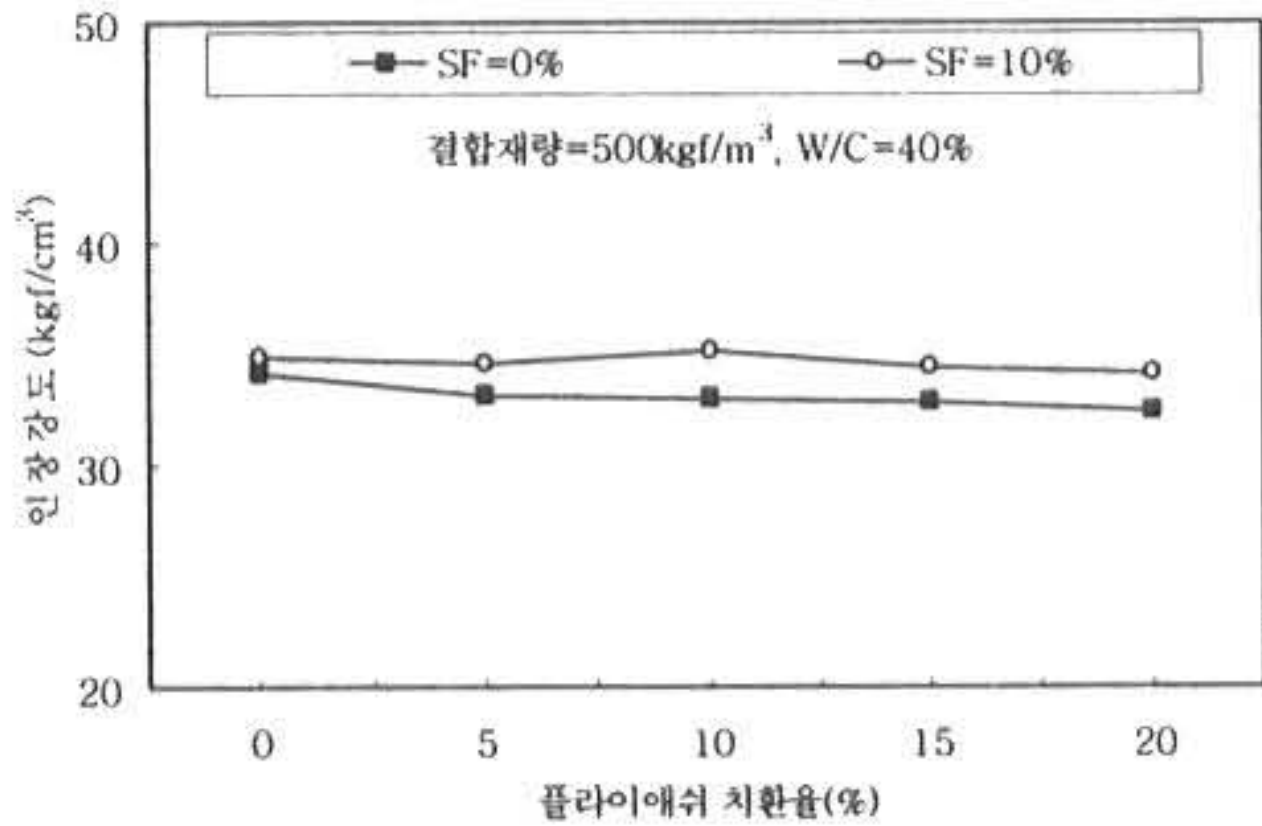


Fig. 9 플라이애쉬 치환율별 인장강도

3) 흡수율

Fig. 10에 나타낸 것을 보면 흡수율은 전반적으로 실리카흙을 치환하지 않은 콘크리트가 실리카흙을 10%치환한 콘크리트보다 낮게 나타났다. 실리카흙을 치환하지 않은 배합에서 플라이애쉬 치환율별 변화는 치환율이 증가할수록 흡수율이 실리카흙을 10% 치환한 배합보다 증가의 기울기가 크게 나타났는데, 플라이애쉬 0%, 5% 치환했을 때는 실리카흙 10% 치환한 배합보다 매우 낮은 값을 보였고, 플라이애쉬 치환율 15%이상인 경우에는 흡수율이 거의 비슷한 값을 나타내었다.

이상의 결과를 고찰할 때 실리카흙을 치환하면 흡수율이 증가하지만, 플라이애쉬의 적절한 사용으로 흡수율을 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

4) 단위용적중량

Fig. 11에 나타낸 것을 보면 실리카흙을 10%

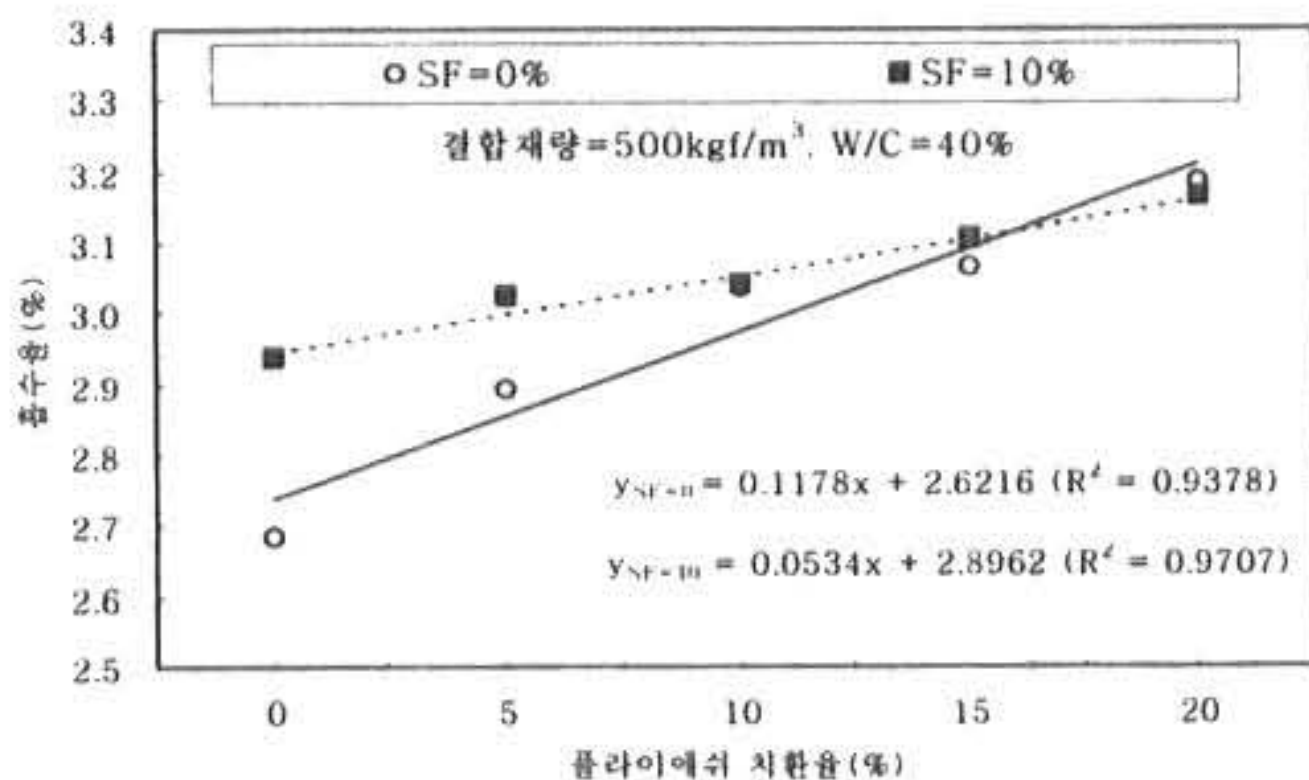


Fig. 10 플라이애쉬 치환율에 따른 흡수율

치환한 콘크리트의 단위용적중량이 치환하지 않은 배합에 비해 3일재령에서 42kgf/m³, 7일재령에서 43kgf/m³, 28일재령에서 47kgf/m³, 56일재령에서 49kgf/m³ 더 작게 나타났다. 플라이애쉬 치환율에 따른 단위용적중량을 비교해보면, 플라이애쉬 치환율 5%증가에 따라 평균 4kgf/m³정도 단위용적중량이 감소되었다. 전반적으로 실리카흙과 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 단위용적중량이 감소하였는데, 이는 실리카흙과 플라이애쉬의 비중이 시멘트의 비중보다 작기 때문에 단위용적중량을 감소시킨 것으로 사료된다. 실험한 모든 배합에서 단위용적중량이 2,000kgf/m³이하로 나타나 경량콘크리트의 조건을 만족하였다.

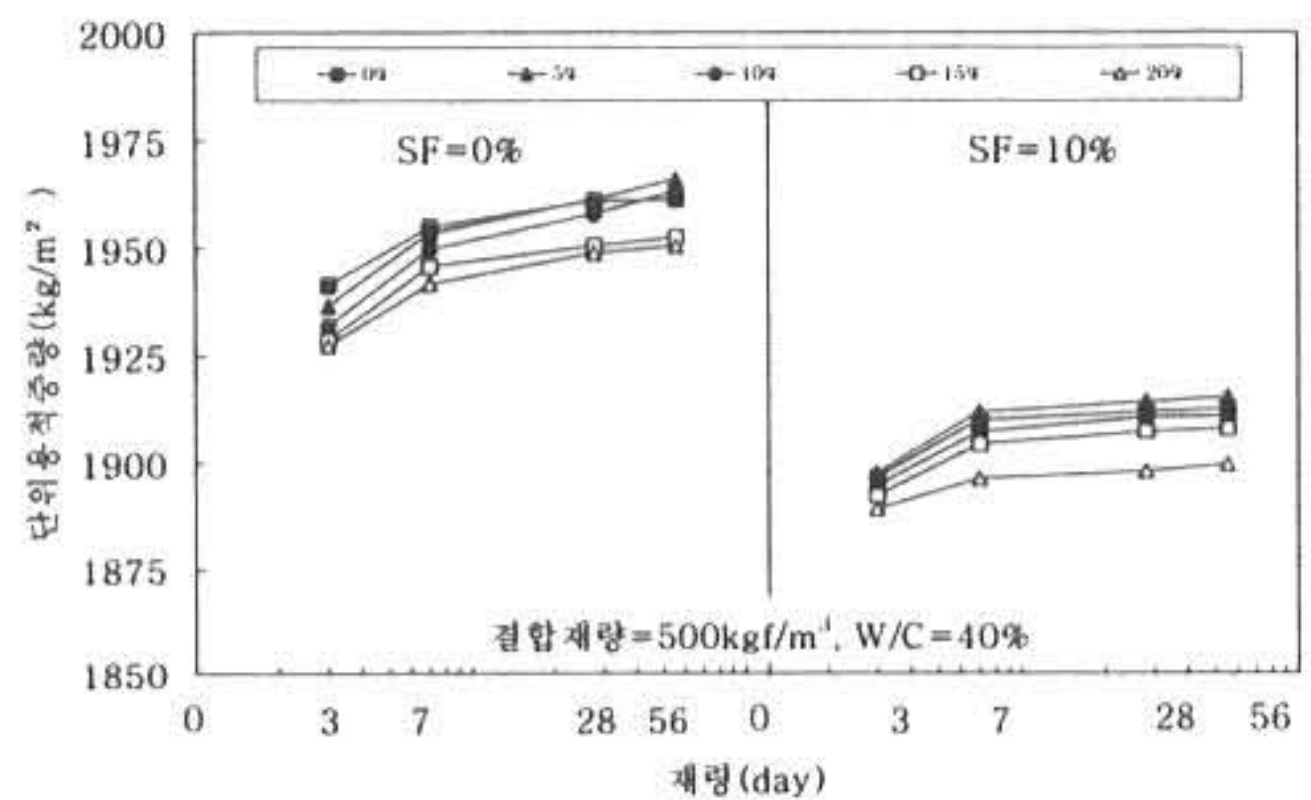


Fig. 11 재령에 따른 플라이애쉬 치환율별 단위용적중량

5) 길이변화율

Fig. 12에 나타난 것과 같이 실리카흙 치환율에 따른 길이변화율은 전반적으로 실리카흙을 10%치환한 배합이 실리카흙을 치환하지 않은 배합보다 약간 크게 나타났다. 그러나 플라이애쉬 치환율에 따른 길이변화율은 치환율이 증가할수록 감소함을 알 수 있었다.

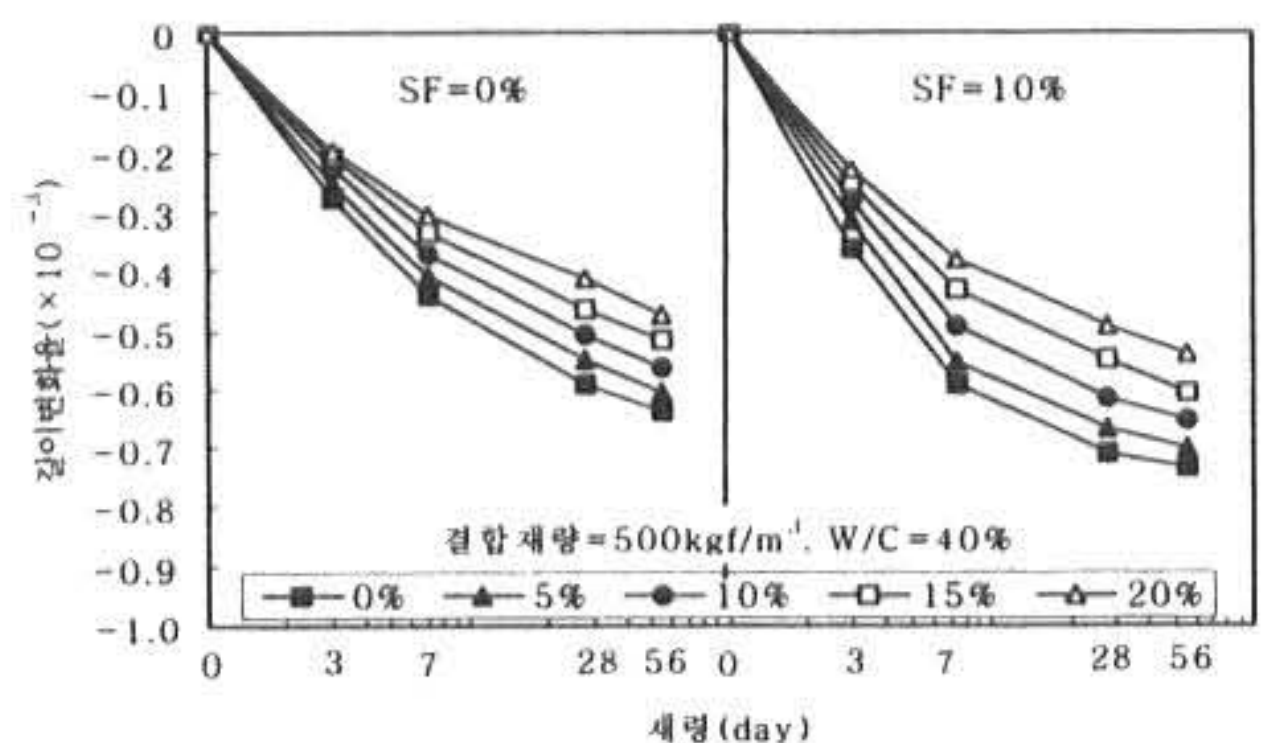


Fig. 12 재령에 따른 플라이애쉬 치환율별 길이변화율

4. 결 론

본 연구는 고강도 경량콘크리트의 실용화를 위해 굵은골재로 점토를 소성·가공한 팽창점토를 사용하고, 혼화제로 실리카흙과 플라이애쉬를 첨가하였다. 잔골재율을 45%, 목표슬럼프 18±2cm, 물결합재비 30, 40, 45, 50, 60%와 결합재량 400, 450, 500, 550, 600kgf/m³에 대해 실리카흙 0, 10% 및 플라이애쉬 0, 5, 10, 15, 20%의 치환율에 따라 각각 배합설계를 실시하여 아직 굳지 않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 특성을 비교, 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고성능AE감수제의 사용량은 플라이애쉬 치환율에 따른 변화는 미세하였으나, 실리카흙의 치환에 따라서는 실리카흙을 10% 치환한 배합이 실리카흙을 치환하지 않은 배합보다 사용량이 증가하였다.
2. 경시변화에 따른 슬럼프손실은 실리카흙을 10%치환한 배합이 치환하지 않은 배합보다 초기재령에서 더 크게 나타났고, 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 감소하였다. 그리고, 공기량은 전반적으로 불규칙한 변화를 보였고, 아직 굳지 않은 콘크리트의 단위용적중량은 실리카흙과 플라이애쉬의 치환율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.
3. 물결합재량에 따른 재령28일 압축강도는 30%에서 465kgf/cm², 50%에서 401kgf/cm²으로 고강도 경량콘크리트의 기준인 270 kgf/cm²을 모두 상회하는 강도를 나타내었다. 그리고 플라이애쉬 치환율에 따른 압축강도는 치환율이 증가할수록 초기재령에서 강도증진이 느리게 나타났으나, 재령28일에서는 비슷한 값 또는 초과된 값을 나타내었고, 실리카흙 치환율에 따른 압축강도는 실리카흙 10%치환한 배합이 모두 높게 나타났다.
4. 인장강도는 플라이애쉬 치환율에 따른 변화는 거의 없었으나, 실리카흙을 10%치환한 경우는 치환하지 않은 배합보다 더 크게 나타났다.
5. 흡수율은 실리카흙 10%치환한 배합이 실리카흙을 치환하지 않은 배합보다 더 크게 나타났고, 플라이애쉬 치환율에 따른 흡수율의 기울기는 더 작게 나타났다.
6. 단위용적중량은 실리카흙과 플라이애쉬

의 치환율이 증가할수록 감소하는 경향을 보였고, 모든 배합에서 2000kgf/m³이하의 값을 나타내어 경량콘크리트의 조건을 만족하였다.

7. 길이변화율은 실리카흙 치환율에 따른 차이는 거의 없으나, 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

본 논문은 2002학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

참 고 문 헌

- 1) 건설교통부. (1999). 콘크리트표준시방서. 서울 : 기문당
- 2) 이세현 등. (1993). 피복팽창점토를 사용한 고강도 경량골재 콘크리트의 특성에 관한 연구. 대한건축학회논문집, 9(7), pp.201-210
- 3) 임유목 등. (1991). 팽창점토를 사용한 경량 콘크리트의 고강도화를 위한 실험적 연구. 대한건축학회 학술발표논문집, 11(2), pp.581-586
- 4) ACI Committee 211. (1980). Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete
- 5) ACI Committee 363. (1984). State-of-the Art Report on High-Strength Concrete
- 6) ASTM C330. (1986). Standard Specification for Lightweight Aggregates for Standard Concrete
- 7) Wills, M. H. Jr. (1974). Lightweight Aggregate Particle Shape Effect on Structure Concrete. ACI Journal, pp.134-142
- 8) Raithby, K. D., & Lydon, F. D. (1981). Lightweight concrete in highway bridges. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 2(3), pp.133-146
- 9) Mitsuru Saito. (1984). Tensile fatigue strength of lightweight concrete. Int. J. Cement Composites and Lightweight Concrete, 6(3), pp.143-149

(2003년 2월 25일 접수, 2003년 5월 25일 채택)