

혼화재 종류 및 치환율에 따른 고강도콘크리트의 중성화와 건조수축에 관한 실험적 연구

An experimental study on the Carbonation and Drying Shrinkage of High Strength Concrete According to Kinds and Ratios of Mineral Admixtures

권 영 진*

Kwon, Young Jin

Abstract

Carbonation and drying shrinkage are very important properties of concrete, that can cause concrete to lower its capacity and spall. But the research on them in high strength concrete is very poor.

In this study, to estimate influences of W/B, the kind of admixture, the replacement ratio of admixture, fineness of blast furnace and etc. on drying shrinkage and carbonation, we make experiment with 3 levels(28, 35, 55%) of W/B, 3 kinds(blast-furnace slag, fly-ash, silica-fume) of admixture, 3 levels of the replacement ratio, 3 levels(4000, 6000, 8000cm²/g) of fineness of blast-furnace slag and 2 kinds of curing condition.

As the results, compressive strength of concrete was decreased, as W/C was increased and the replacement ratio of admixture was increased. Drying shrinkage was increased, as W/B was higher, the replacement ratio of admixture was increased and fineness of blast-furnace slag was decreased. And carbonation was increased, as W/B ratio was higher, the replacement ratio of admixture was increased.

키 워 드 : 고강도콘크리트, 고로슬래그, 실리카흙, 플라이애시, 중성화, 건조수축

Keywords : High Strength Concrete, Blast Furnace Slag, Silica-fume, Fly-ash, Carbonation, Drying Shrinkage

1. 서 론

최근 콘크리트구조물의 대형화, 고층화, 고성능화에 따라 40MPa 이상인 고강도 콘크리트의 사용이 증가하는 추세에 있으나, 고강도콘크리트의 사용재료에 따른 내구성 및 장기거동에 관한 연구는 아직 제대로 이루어지지 않은 실정이다.

한편, 콘크리트는 내부에 포함된 수분의 증발에 의해 건조수축을 일으키며, 이는 콘크리트의 재료로 시멘트와 물을 사용하는 한 완전하게 막을 수는 없는 것으로, 콘크리트 구조물의 균열과 변형의 원인 중 하나가 되고 있다. 또한, 콘크리트는 경화 시 수산화칼슘이 생성되어 pH12 이상의 강알칼리성을 나타지만 시간의 경과와 공기 중의 탄산가스의 영향을 받아, 서서히 탄산칼슘으로 변화하여 알칼리성을 소실하는 중성화를 일으킨다. 이러한 중성화는 콘크리트의 철근 등 강재를 발청시켜 철근의 부피팽창을 일으킴으로써, 결국 피복 콘크리트를 박리, 박락시키고 콘크리트 구조물을 손상시키는 주요 원인이 된다.

이런 건조수축과 중성화는 온도, 건습 등의 환경적 요인 외에도 고강도 콘크리트에서 사용하는 고로슬래그 미분말, 실리카흙, 플라이애시 등 혼화재의 치환율에 따라 큰 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 혼화재 종류 및 치환율에 따른 고강도콘크리트의 건조수축과 중성화 저항성에 대하여 보통강도 콘크리트와 비교·검토하는 한편, 분말도, 양생방법 등의 영향을 검토함으로써 고강도콘크리트의 재료선정, 배합설계 및 장기거동특성에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 고강도콘크리트(W/B=28, 35%) 및 보통강도 콘크리트(W/B=55%)에서 중성화 및 건조수축에 영향을 미치는 고로슬래그 미분말, 실리카흙, 플라이애시 등 혼화재의 종류 및 치환율의 영향을 분석하기 위하여, W/B 28, 35, 55%에서 혼화재 종류별 치환율을 2수준으로 설정하여 혼화재를 혼입하지 않은 경우와 비교하였다. 또한 고로슬래그 미분말의 경우, W/B 35%에서 분말도 4000, 6000, 8000급의 3종류로 변화시켜 고로슬래그 미분말의 분말도에 따른 영향을 비교·검토하였으며, 양생 방법에 따른 압축강도를 비교하기 위해 2주 수중양생 후 2주 기건양생(2W)의 경우와 4주 수중양생(4W)의 경우를 비교·검토하였다.

* 정회원, 호서대학교 소방학과 교수·공학박사

표 1. 실험계획

기 호	물 결합재비 (%)	혼화재	분말도 (cm ² /g)	치환율 (%)	측정항목	
28X-0	28	고로슬래그 미분말	6000	0	· 압축강도(MPa) (재령 4주)	
28Y-6				40		
28Z-6				60		
28-SB		실리카흙	200000	10		
28-SC				20		
28-FB				20		
28-FC		플라이애시	-	30		· 길이변화율(%) (재령 1, 2, 4, 8, 13주)
35Y-4		고로슬래그 미분말	4000	40		
35Z-4				60		
35X-0				0		
35Y-6	6000		40			
35Z-6			60			
35Y-8			40			
35Z-8	8000	60	· 질량감소율(%) (재령 1, 2, 4, 8, 13주)			
35-SB	실리카흙	200000		10		
35-SC				20		
35-FB				20		
35-FC	플라이애시	-		30	· 상대동탄성(%) 계수 (재령 1, 2, 4, 8, 13주)	
55X-0	고로슬래그 미분말	6000		0		
55Y-6				40		
55Z-6				60		
55-SB		실리카흙		200000		10
55-SC						20
55-FB			20			
55-FC	플라이애시	-	30	· 중성화깊이(mm) (재령 1, 4, 8주)		

표 2. 사용재료의 물리적 성질

시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 비중 : 3.17, 분말도(cm ² /g): 3230	
혼화재	고로슬래그 미분말, 비중: 2.91, 분말도(cm ² /g): 4200, 6180, 7780	
	실리카흙 비중: 2.1, 분말도(cm ² /g): 200000	
잔골재	제염사	최대치수 : 5mm
	비중 : 2.69	조립율 : 2.43
굵은골재	부순자갈	최대치수 : 25mm
	비중 : 2.66,	조립율 : 6.69
혼화제	알킬설포산계 고성능AE감수제, AE제(775s)	

2.2 사용재료

표 2는 본 연구에서 사용한 사용재료의 물리적 성질을 나타낸 것으로 시멘트는 비중 3.17의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 혼화제로써 고로슬래그는 비중 2.91, 분말도 4000급(4200cm²/g), 6000급(6180cm²/g), 8000급(7780cm²/g)의 세 종류, 실리카흙은 비중 2.1, 분말도 200000cm²/g, 플라이애시는 비중 2.12, 분말도 2976cm²/g의 것을 사용하였다. 또한 잔골재는 비중 2.69, 조립율 2.43의 제염사, 굵은골재는 비중 2.66, 조립율 6.69의 부순자갈을 사용하였으며, 혼화제로써 알킬설포산계 고성능 AE감수제를 사용하였다.

표 3. 콘크리트의 배합

기 호	물 결합재비 (%)	혼화재	분말도 (cm ² /g)	치환율 (%)	잔 골 재 율 (%)	단 위 수 량 (kg/m ³)	절대용적 (ℓ/m ³)				단위중량 (kg/m ³)				고성능 AE 감수제 (%)				
							시멘트	혼화재	잔골재	굵은 골재	시멘트	혼화재	잔골재	굵은 골재					
28X-0	28	고로슬래그 미분말	0	0	41.5	172	194	0	248	351	615	0	665	934	1.8				
28Y-6							116	84	246	347	368	246	659	923					
28Z-6							78	126	244	345	246	368	654	918					
28-SB		실리카흙	20000	10			175	28	245	345	354	61	657	918					
28-SC				155			56	242	340	492	123	649	904						
28-FB				155			55	242	341	492	123	649	907						
28-FC		플라이애시	-	20			136	82	239	336	431	184	641	894		1.2			
35Y-4		35	고로슬래그 미분말	4000			40	44.7	172	93	67	283	350	295		197	758	931	1.0
35Z-4							62			101	282	348	197	295		756	926		
35X-0							0			155	0	285	353	492		0	764	939	
35Y-6	6000			40	93	67	283			350	295	197	758	931					
35Z-6				62	101	282	348			197	295	756	926						
35Y-8				40	93	67	268			350	295	197	718	931					
35Z-8	8000		60	62	101	266	349			197	295	713	928						
35-SB	실리카흙		20000	10	140	22	282			349	443	49	756	928	1.6				
35-SC				20	124	45	279			345	394	98	748	918					
35-FB				20	124	44	279			346	394	98	748	920					
35-FC	플라이애시	-	30	109	66	276	342	344	148	740	910	0.8							
55X-0	55	고로슬래그 미분말	0	0	48.7	172	99	0	338	356	313	0	906	947	0.5				
55Y-6							59	43	337	354	188	125	903	942					
55Z-6							40	64	336	353	125	188	900	939					
55-SB		실리카흙	20000	10			89	14	336	354	282	31	900	942		1.0			
55-SC				20			79	29	334	351	250	63	895	934					
55-FB				20			79	28	334	352	250	63	895	936					
55-FC		플라이애시	-	30			69	42	332	350	219	94	890	931		0			

2.3 콘크리트 배합

고강도콘크리트의 중성화 및 건조수축에 미치는 혼화제 종류 및 치환율의 영향을 비교·검토하기 위한 콘크리트의 배합은 표 3과 같다. 목표 공기량을 $3.5 \pm 1\%$, 목표 슬럼프를 $18 \pm 2\text{cm}$ 로 하여 시험비빔을 실시하였으며, 각 혼화제 종류 및 치환율별 목표 슬럼프와 공기량을 만족시키는 적당량의 고성능 AE감수제 및 AE제를 첨가하였다.

2.4 비빔방법

콘크리트의 비빔은 용량 100ℓ의 강제식 팬타입 믹서를 사용하였으며, 투입순서는 믹서 내부에의 부착을 막고 균일하게 혼합하기 위해 잔골재의 절반, 시멘트, 혼화제, 굵은골재의 절반을 투입하여 30초간 건비빔을 실시한 후, 물과 감수제를 투입하고 30초간 비빔하였으며, 나머지 잔골재와 굵은 골재를 투입하여 4분동안 비빔을 실시하여, 총 비빔시간은 5분이 소요되었다.

2.5 시험방법

1) 중성화 시험방법

콘크리트의 중성화 시험은 재령 4주까지 항온항습실에서 표준수중양생을 실시한 후, 중성화 촉진시험의 전양생으로서 중량이 일정해질 때까지 1주간 기건양생을 실시하였으며, 측정면을 제외하고 1mm 이상 에폭시코팅을 한 후 중성화 시험을 실시하였다. 중성화 시험조건은 온도 20℃, 습도 60%, CO₂ 농도 5%의 조건에서 실시하였으며, 시험개시 후 재령 1, 4, 8주에서 중성화 깊이를 측정하였다.

중성화 깊이는 압축강도 시험기를 이용하여 시험체를 약 6cm의 두께로 할렬한 후 1%의 페놀프탈레인 용액을 분무하여 시험체의 표면으로부터 발생되는 부분까지의 거리를 중성화 깊이로 측정하였다.

$$R = \frac{(L_o - L_x)}{L_o} \quad \text{식 (1)}$$

여기서, R: 길이변화율
L_o: 최초 시험체의 측정길이 (기준길이)
L_x: 건조재령에서의 시험체 측정길이

$$W(\%) = \frac{(W_o - W_x)}{W_o} \times 100 \quad \text{식 (2)}$$

여기서, W: 중량감소율 (%)
W_o: 시험체 초기중량 (g)
W_x: 건조재령에서의 시험체 중량 (g)

$$E(\%) = \frac{W_x \times F_x}{W_o \times F_o} \times 100 \quad \text{식 (3)}$$

여기서, E: 상대동탄성계수 (%)
F_x: 건조재령에서의 일차 공진진동수(Hz)
F_o: 시험체의 초기 일차 공진진동수(Hz)
W_x: 건조재령에서의 시험체 중량 (g)
W_o: 시험체의 초기중량 (g)

2) 건조수축 시험방법

콘크리트의 건조수축 시험방법은 KS F 2424 및 JIS A

1129의 규준에 준하여 실시하였으며, 건조수축 측정용 시험체는 10×10×40cm의 각형 공시체를 사용하였다. 양생조건은 시험체 탈형 후 재령 5일까지 표준수중양생을 실시한 후 20℃RH 60%의 항온항습실에 존치하면서, 건조재령 1, 2, 4, 8주 및 13주에서 길이, 중량 및 동탄성계수를 각각 측정하였으며, 식 (1), (2), (3)에 의해 길이변화율, 질량감소율, 상대동탄성계수를 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트 특성 검토

본 실험의 굳지않은 콘크리트의 측정결과를 표 4에 나타내었다.

표 4. 굳지않은 콘크리트의 측정결과

기 호	슬럼프 (cm)	슬럼프 플로우 (cm)	공기량 (%)
28X-0	21.5	34.8	3.7
28Y-6	14.0	23.9	3.8
28Z-6	7.4	21.1	3.4
28-SB	20.7	30.1	2.4
28-SC	18.8	26.5	2.4
28-FB	17.5	26.1	3.5
28-FC	19.5	24.0	3.3
35Y-4	19.4	29.9	3.2
35Z-4	17.0	27.0	2.9
35X-0	18.5	28.2	3.1
35Y-6	20.1	30.1	3.4
35Z-6	18.4	28.7	3.5
35Y-8	18.5	27.1	3.5
35Z-8	7.5	21.5	2.9
35-SB	20.8	28.2	3.3
35-SC	17.9	26.7	2.0
35-FB	19.1	30.6	3.5
35-FC	20.8	35.6	3.8
55X-0	22.0	36.1	3.7
55Y-6	20.9	38.7	3.7
55Z-6	21.7	38.7	3.5
55-SB	16.7	25.0	2.1
55-SC	13.4	24.1	2.6
55-FB	20.7	36.2	2.7
55-FC	20.4	37.5	3.9

3.2 경화콘크리트 특성 검토

경화콘크리트 특성의 측정결과를 표 5에 나타내었다.

1) 압축강도

그림 1은 각 혼화제 종류 및 치환율에 따른 재령 4주에서의 압축강도를 나타낸 것으로서 W/B가 낮을수록 압축강도가 높게 나타났으며, 실리카흙을 사용한 경우 치환율이 증가할수록 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으나, 고로슬래그 미분말과 플라이애시를 사용한 경우 치환율이 증가할수록 압축강도는 낮아졌다. 한편, W/B나 혼화제 종류와 관계없이 4주 수중양생이 2주 수중양생에 비해 높은 압축강도를 나타내었으

표 5. 경화콘크리트의 측정결과

기호	압축강도1) (MPa)		길이변화율 (%)					질량감소율 (%)					상대동탄성계수(%)					중성화 깊이 (mm)		
	2W	4W	1W	2W	4W	8W	13W	1W	2W	4W	8W	13W	1W	2W	4W	8W	13W	축진1W	축진4W	축진8W
28X-0	82.8	88.8	-0.029	-0.034	-0.050	-0.064	-0.073	-0.30	-0.41	-0.53	-0.66	-0.80	99.1	99.1	101.3	99.3	99.2	0.0	0.0	0.0
28Y-6	72.7	83.8	-0.024	-0.033	-0.047	-0.053	-0.060	-0.42	-0.52	-0.64	-0.79	-0.89	100.3	102.1	101.2	100.5	100.1	0.0	0.0	0.0
28Z-6	62.3	74.1	-0.023	-0.031	-0.046	-0.056	-0.063	-0.52	-0.65	-0.81	-1.00	-1.08	98.7	101.1	99.1	98.0	97.3	0.0	0.0	1.0
28-SB	75.5	84.9	-0.034	-0.034	-0.049	-0.067	-0.073	-0.45	-0.61	-0.74	-0.92	-1.06	95.6	97.1	101.7	97.5	97.4	0.0	0.0	0.0
28-SC	79.7	87.8	-0.34	-0.034	-0.056	-0.063	-0.071	-0.48	-0.64	-0.77	-0.96	-1.04	95.5	95.5	96.3	96.1	95.4	0.0	0.0	0.0
28-FB	62.6	66.0	-0.024	-0.037	-0.053	-0.066	-0.076	-0.71	-0.86	-1.04	-1.25	-1.41	97.8	98.3	97.6	97.4	97.0	0.0	0.0	0.0
28-FC	53.7	61.1	-0.019	-0.033	-0.049	-0.060	-0.071	-0.89	-1.08	-1.29	-1.55	-1.73	96.6	97.6	96.5	95.0	94.1	0.0	0.0	0.0
35Y-4	39.8	47.9	-0.029	-0.036	-0.051	-0.067	-0.083	-0.96	-1.11	-1.28	-1.54	-1.67	106.8	106.4	104.8	106.6	105.9	0.0	0.0	0.0
35Z-4	32.9	38.3	-0.033	-0.044	-0.057	-0.074	-0.081	-1.13	-1.32	-1.50	-1.82	-1.91	113.2	114.2	113.5	114.0	113.5	0.0	0.0	0.2
35X-0	57.1	56.6	-0.026	-0.030	-0.049	-0.063	-0.076	-0.61	-0.80	-0.98	-1.24	-1.40	98.2	97.1	96.7	97.6	96.5	0.0	0.0	0.0
35Y-6	44.3	49.0	-0.029	-0.041	-0.051	-0.066	-0.071	-0.71	-0.84	-0.98	-1.22	-1.33	101.3	103.0	102.9	103.3	102.7	0.0	0.0	0.0
35Z-6	38.2	49.0	-0.029	-0.040	-0.050	-0.064	-0.070	-0.73	-0.87	-1.00	-1.25	-1.41	104.3	105.5	103.0	104.3	103.0	0.0	0.0	0.1
35Y-8	46.2	52.8	-0.023	-0.037	-0.046	-0.059	-0.066	-0.58	-0.68	-0.81	-0.98	-1.15	99.7	100.4	99.5	100.9	100.4	0.0	0.1	0.0
35Z-8	39.1	43.1	-0.027	-0.037	-0.046	-0.061	-0.067	-0.52	-0.63	-0.76	-0.95	-1.08	100.4	99.8	98.2	99.9	98.5	0.0	0.0	0.1
35-SB	57.4	68.8	-0.030	-0.033	-0.054	-0.064	-0.073	-0.72	-0.94	-1.13	-1.36	-1.45	97.4	96.9	98.8	96.6	96.1	0.0	0.0	0.0
35-SC	68.8	74.9	-0.034	-0.040	-0.059	-0.070	-0.079	-0.87	-1.11	-1.31	-1.56	-1.61	79.0	94.6	96.8	95.7	95.2	0.0	0.0	0.0
35-FB	45.0	51.6	-0.024	-0.033	-0.051	-0.067	-0.081	-1.03	-1.24	-1.54	-1.81	-2.03	79.9	97.8	96.9	95.7	94.7	0.0	0.0	0.0
35-FC	35.5	42.0	-0.024	-0.033	-0.046	-0.063	-0.076	-1.32	-1.60	-1.92	-2.25	-2.45	100.1	99.8	96.9	95.3	94.5	0.0	0.0	0.0
55X-0	30.5	32.8	-0.023	-0.023	-0.044	-0.067	-0.080	-1.28	-1.68	-2.06	-2.48	-2.71	99.6	98.4	98.9	96.2	95.0	2.3	5.0	5.5
55Y-6	20.4	28.0	-0.030	-0.039	-0.057	-0.071	-0.081	-1.89	-2.18	-2.46	-2.74	-2.92	106.0	105.9	105.5	103.7	101.9	4.9	8.5	10.4
55Z-6	19.6	26.2	-0.027	-0.040	-0.056	-0.071	-0.081	-1.69	-1.99	-2.28	-2.60	-2.81	102.4	102.7	100.9	96.9	94.3	6.2	9.7	16.5
55-SB	32.3	42.2	-0.029	-0.034	-0.060	-0.074	-0.086	-1.72	-2.19	-2.50	-2.80	-2.95	100.3	97.9	98.3	97.4	98.2	2.8	6.1	6.9
55-SC	29.7	36.5	-0.036	-0.049	-0.070	-0.084	-0.093	-2.20	-2.61	-2.87	-3.13	-3.25	91.9	91.6	92.4	89.4	87.6	5.2	9.1	10.0
55-FB	16.7	22.9	-0.019	-0.029	-0.046	-0.061	-0.073	-2.33	-2.67	-3.12	-3.34	-3.52	96.8	96.8	95.9	93.2	90.4	6.0	9.2	10.9
55-FC	11.0	15.1	-0.014	-0.033	-0.051	-0.069	-0.077	-3.09	-3.50	-3.86	-4.17	-4.31	101.4	102.3	101.7	99.1	92.6	10.2	17.1	22.8

1) 재령 4주 압축강도 (2W : 2주 수중양생 후 2주 기건양생, 4W : 4주 수중양생)

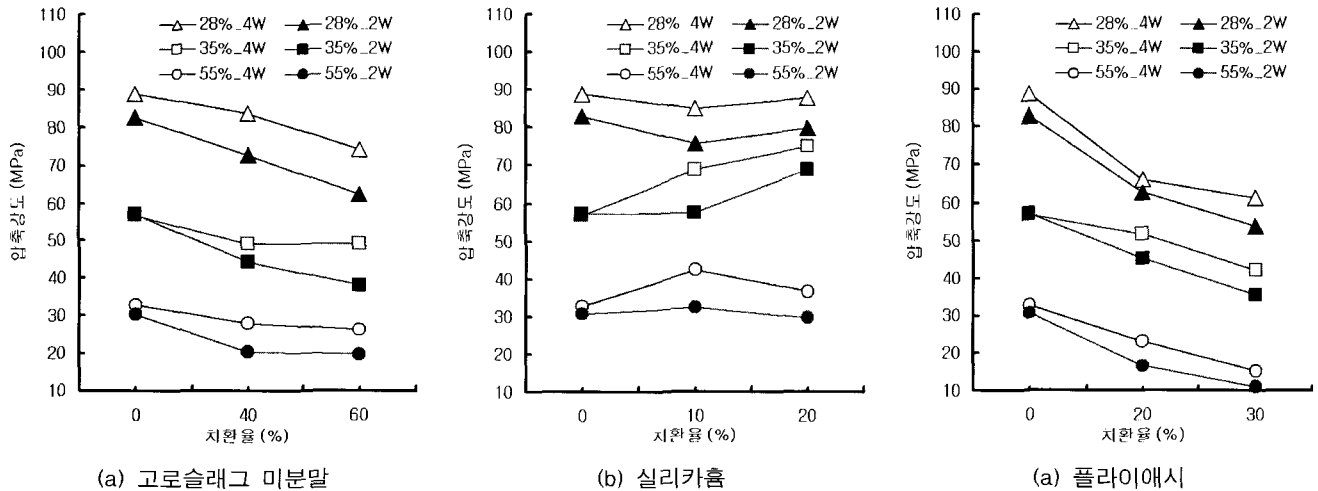


그림 1. 혼화재 종류 및 치환율에 따른 압축강도의 변화

며, 고로슬래그 미분말은 분말도 6000, 8000의 경우가 4000의 경우보다 5~10% 정도 높은 압축강도를 나타내, 분말도가 높을수록 압축강도가 높아지는 경향을 보였다..

2) 건조수축

(1) W/B에 따른 건조수축의 변화

그림 2는 고로슬래그 미분말 치환율40%에서, 재령에 따른 길이변화율과 질량감소율 변화를 W/B별로 나타낸 것으로

써, 길이변화율은 재령이 경과할수록 점차 증가하여 재령 13주에서 W/B 28%의 경우 0.06%, 35%의 경우 0.071%, 55%의 경우 0.081%로 나타나, W/B가 증가할수록 건조수축이 큰 것으로 나타났으며, 다른 시험체에서도 동일한 경향이 나타났다. 또한, 질량감소율 역시 혼화재의 종류, 치환율에 관계없이 W/B가 증가할수록 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타나, 고강도 콘크리트의 건조수축은 혼화재의 종류, 치환율에 관계없이 W/B가 증가할수록 크게 증가하는 것을 알

수 있었으며, W/B 55%의 보통강도 콘크리트는 고강도 콘크리트에 비해 큰 건조수축을 일으키는 것으로 나타났다.

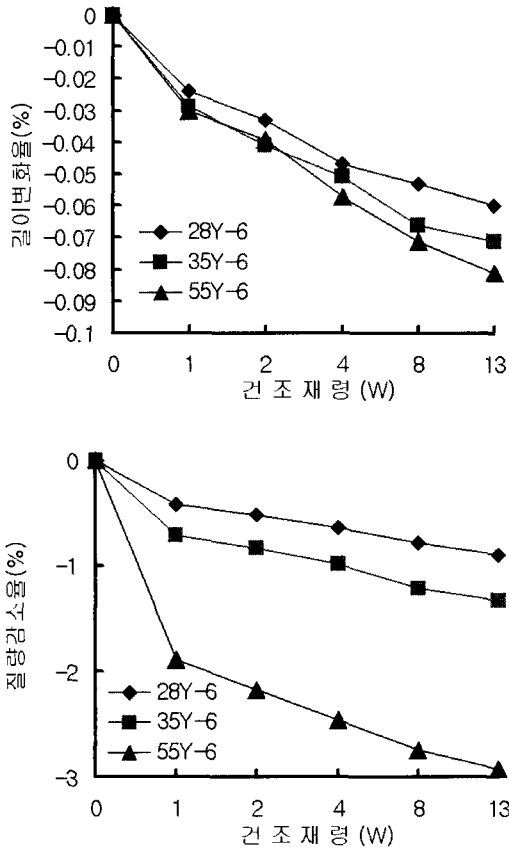


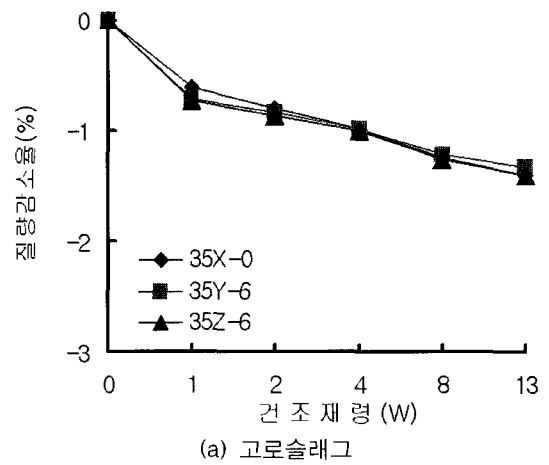
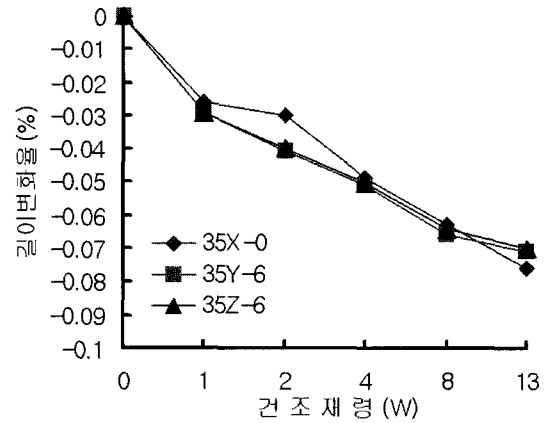
그림 2. W/B별 재령에 따른 건조수축 특성의 변화(고로슬래그 미분말 치환율 40%)

(2) 혼화재 치환율에 따른 건조수축의 변화

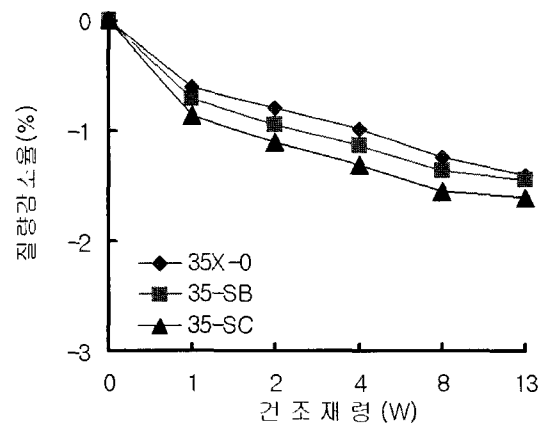
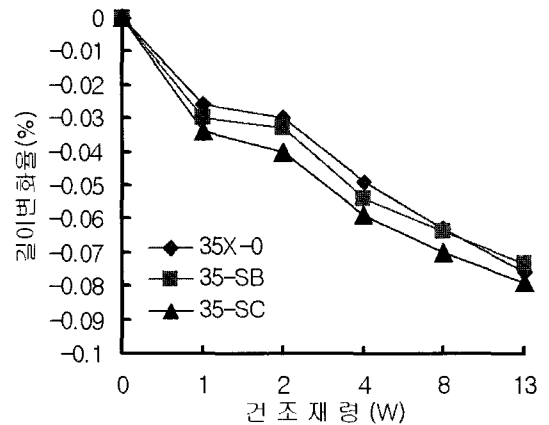
그림 3은 W/B 35%에서 혼화재 치환율에 따른 길이변화율 및 질량감소율 변화를 나타낸 것이다. 혼화재 치환율에 따른 길이변화율은, 재령 2주까지 혼화재를 치환한 경우가 약간 큰 것으로 나타났으나, 13주에는 혼화재 치환율과 관계 없이 무혼입의 길이변화율에서 $\pm 0.01\%$ 범위에 존재하는 것으로 나타나, 혼화재의 종류 및 치환율에 따른 유의할만한 경향은 보이지 않는 것으로 나타났다.

반면, 질량감소율은 혼화재 종류에 관계없이 혼화재 치환율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 그러나 혼화재 종류에 따라 질량감소율에 미치는 영향은 다르게 나타나, 고로슬래그 미분말의 경우 무혼입 0.01% 내외의 작은 값을 나타냈으나, 플라이애시는 W/B 35%에서 무혼입의 경우 -1.40%, 치환율 20%의 경우 -2.03%, 치환율 30%의 경우 -2.45%로 나타나, 치환율에 따라 질량감소율이 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

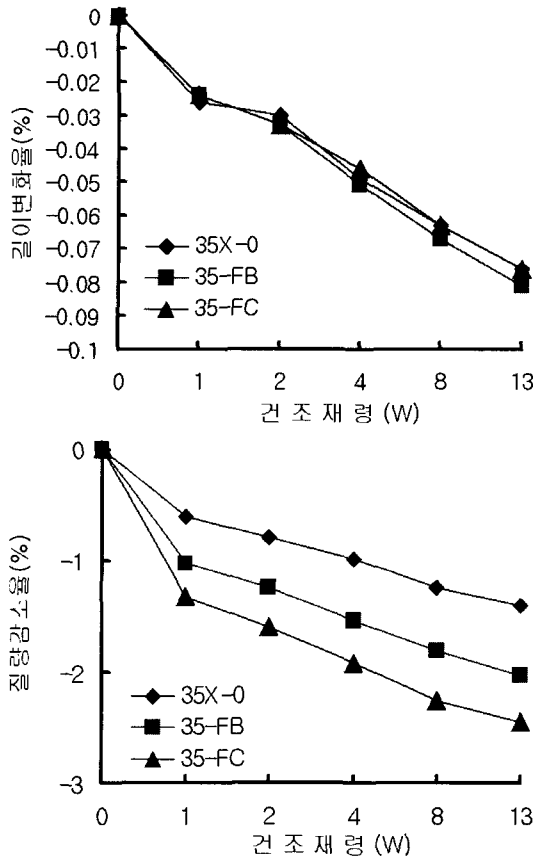
한편, 상대동탄성계수는 고로슬래그 미분말을 혼입할 경우 무혼입에 비해 약 7%까지 높은 값을 나타냈으나, 실리카흄과 플라이애시를 혼입할 경우에는 무혼입에 비해 약 3%정도 낮은 값을 나타냈으며, 혼화재의 치환율이 증가할수록 상대동탄성계수의 변화가 큰 것으로 나타났다.



(a) 고로슬래그



(b) 실리카흄



(c) 플라이애시

그림 3. 혼화제 종류 및 치환율별 재령 따른 건조수축 특성의 변화

(3) 고로슬래그 미분말의 분말도에 따른 건조수축의 변화
그림 4는 고로슬래그 미분말 치환율 60%에서 미분말의 분말도별 재령에 따른 건조수축의 변화를 나타낸 것이다. 재령 13주에서의 길이변화율은 분말도 4000, 6000, 8000에서

각각 0.081, 0.070, 0.067%로 나타나, 고로슬래그 미분말의 분말도가 증가할수록 길이변화율은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 분말도 4000, 6000, 8000로 증가할수록 질량감소율도 -1.91, -1.41, -1.08%로 감소하는 것으로 나타나, 고로슬래그 미분말의 분말도가 증가할수록 전체적인 건조수축이 감소하는 것을 알 수 있다.

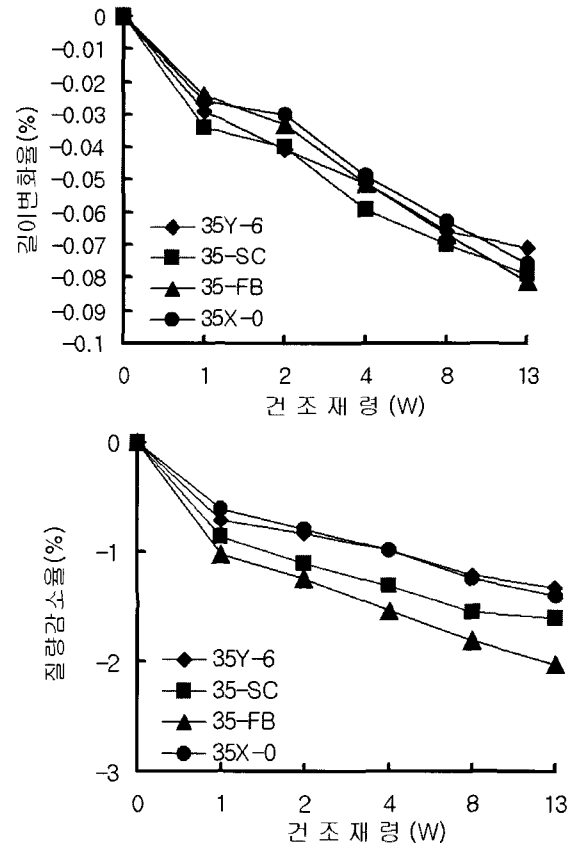


그림 4. 고로슬래그 미분말의 분말도별 재령에 따른 건조수축 특성의 변화

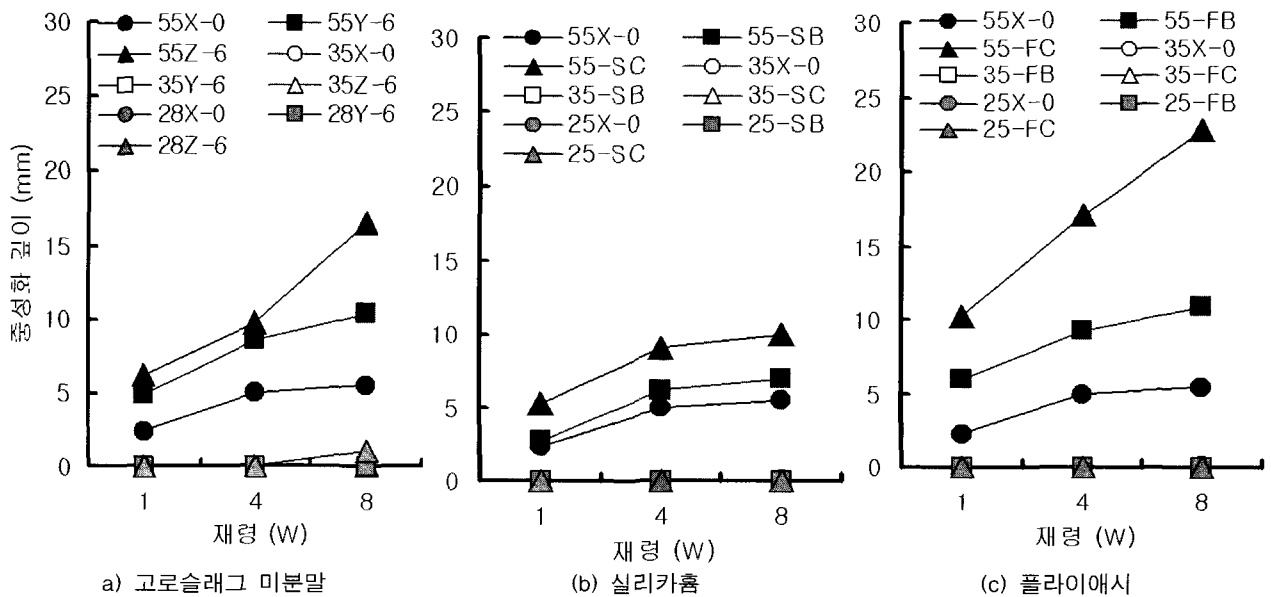


그림 5. 재령에 따른 중성화 깊이의 변화

3) 중성화 깊이

그림 5는 각 혼화제의 재령과 중성화 깊이의 관계를 나타낸 것으로서, W/B 28%와 35%의 고강도콘크리트에서는 촉진 8주까지 중성화가 이루어지지 않는 것으로 나타났으나, W/B 55%의 보통강도 콘크리트에서는 혼화제의 종류에 관계없이 재령의 증가와 함께 중화성화가 진행되었으며, 치환율이 높을수록 중성화 속도는 빠른 것으로 나타났고, 특히 고로슬래그 미분말 치환율 60%, 플라이애시 치환율 30%에서는 중성화가 매우 빠르게 진행되는 것으로 나타났다.

4. 결 론

혼화제 종류 및 치환율에 따른 고강도콘크리트의 중성화 및 건조수축 특성을 비교·검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 재령 4주까지의 압축강도는 W/B가 낮을수록 높게 나타났으며, 혼화제 종류별로는 실리카흄을 사용한 고강도콘크리트의 경우가 가장 높은 압축강도를 나타냈다. 고로슬래그 미분말의 경우 분말도가 높을수록 높은 강도를 나타내었으며, 혼화제 종류 및 치환율에 관계없이 4주 수중양생의 경우가 보다 높은 압축강도를 나타냈다.
- 2) 고강도 콘크리트의 건조수축은 혼화제의 종류, 치환율에 관계없이 W/B가 증가할수록 크게 나타났다.

3) 고강도콘크리트의 길이변화율은 혼화제 종류 및 치환율에 관계없이 유사한 수준을 보이고 있으나, 질량 감소율은 혼화제 종류별로 정도의 차이는 있으나 치환율이 증가할수록 증가하였다.

4) 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 경우, 분말도가 높을수록 길이변화율 및 질량감소율 등 건조수축이 감소하는 것으로 나타나, 혼화제의 분말도가 건조수축에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

5) W/B 28, 35%의 고강도콘크리트는 촉진 8주까지 거의 중성화가 되지 않았으나, W/B 55%의 보통강도 콘크리트는 재령의 증가와 함께 중성화가 이루어 졌으며, 중성화 속도는 혼화제의 치환율이 증가할수록 빠르게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 佐藤佳代, 高爐スラグ微粉末混入した高強度コンクリートの耐凍害性に関する研究, 北海道大學, 平成4年度卒業論文
2. 岸谷考一, 西澤紀昭 他, 콘크리트構造物の耐久性シリーズ中性化, 技報堂
3. 日本建築學會, 建築材料實驗用教材