

가네트를 활용한 고강도 콘크리트의 건조수축 특성 연구

A Study on Drying Shrinkage of the High-Strength Concrete using the Garnet

장 주 영^{*} 윤 요 현^{**} 박 정 민^{***} 김 화 중^{****}
Jang, Ju-Young Yoon, Yo-Hyun Park, Jung-Min Kim, Wha-Jung

Abstract

In this study, we considered the characteristic of drying shrinkage from age of high strength concrete with garnet minute powder to be industry by-product.

The factors of experiment are unit water content(160kg/m³), water-binder ratio(30, 35%), fine aggregate ratio(40, 42, 44%), admixture replacement ratio(0, 10, 20%), admixture type(garnet minute powder, fly ash, blast-furnace slag). We make a comparative study of shrinkage about concrete with a passage of age(1, 3, 7, 14, 28, 56, 91 days). As a result of experiment, we reach a conclusion as follow. In the same mix condition, as unit water content and fine aggregate ratio go up, the drying shrinkage ratio increase. In the drying shrinkage ratio according to admixture replacement ratio, it goes up when admixture replacement Ratio increase in case of fly ash and blast-furnace slag. But, drying shrinkage ratio decrease when admixture replacement ratio increase in case of garnet minute powder.

1. 서론

본 연구에서는 산업부산물의 재활용이라는 측면에서 경북지역의 D회사에서 발생하는 가네트를 활용한 고강도 콘크리트의 건조수축 특성을 고찰하고자 하였다. 가네트는 원석을 TV브라운관 연마를 위해 1차 파쇄를 하는데 필요이하의 입도(100 μ m)를 가진 분말과 연마 후 발생하는 산업부산물로서, 현재 발생량은 연간 2,000~3,000톤 정도 발생되지만, 앞으로 더욱 발생될 것으로 추정되며, 현재 대부분 폐기물 처리비를 지불한 뒤, 매립하고 극히 일부는 도로포장공사에서 일부 이용되고 있는 실정이다.

그 외에 건축분야에서는 白井 篤(3),(4) 등이 폴리머 모르타의 강도증진 및 취성 개선에 대한 연구를 보고하였으며, 본 연구자 등에 의한 기존연구(1), (2)에서도 시멘트의 약 4배 정도의 분말도(13,950 cm³/g)에 의한 공극충전효과와 기타 실험에서 유동성개선 및 강도증진에 대한 결과를 보고하였다.

2. 실험계획

2.1 실험계획

실험은 단위수량 160kg/m³, 물결합재비(W/B) 30, 35%로 하고 잔골재율(S/A) 40, 42, 44%, 혼화제의 치환율을 0, 10%, 20%, 혼화제는 고로슬래그, 가네트미분말, 플라이애쉬로 하여, 재령(1일, 3일, 7

* 정회원, 경북대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 경북대학교 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 경북전문대학 건축과 조교수, 공학박사

**** 정회원, 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

일, 14일, 28일, 56일, 91일)의 경과에 따른 콘크리트의 건조 수축량 변화를 비교하고자 한다. 본 실험에 적용된 실험 계획 및 측정 항목을 표 1에, 실험 배합표를 표 2에 나타내었다.

2.2 실험방법

콘크리트의 건조수축은 KS F 2424에서 제안한 방법 중 콘택트 게이지법을 이용하여 측정을 진행하였다. 시험체 크기는 10cm×10cm×40cm이고, 시험체에 측정의 기준이 되는 게이지플러그를 매입하여 콘크리트를 타설 하였다.

표1. 실험인자 및 수준

실험인자	단위수량 (kg/m ³)	물결합재비 (%)	s/a비 (%)	혼화재치환율 (%)	혼화재 종류
수준	160	30, 35	40, 42, 44	0, 10, 20	가네트, 플라이애쉬, 고로슬래그

표2. 실험배합표

실험조건			단위중량(kg/m ³)					실험조건			단위중량(kg/m ³)						
W/B (%)	S/A (%)	혼화재 치환율 (%)	물	시멘트	혼화재	모래	자갈	혼화재 (B×wt %)	W/B (%)	S/A (%)	혼화재 치환율 (%)	물	시멘트	혼화재	모래	자갈	혼화재 (B×wt %)
30	40	0	160	533.3	0	653.5	1014.8	1.1	35	40	10	160	411.4	45.7	678.2	1053.2	0.7
	42		160	533.3	0	686.2	981.0	1.1		42		160	411.4	45.7	712.1	1010.1	0.7
	44		160	533.3	0	718.9	947.2	1.1		44		160	411.4	45.7	746.0	983.0	0.7
35	40	0	160	457.1	0	678.2	1053.2	0.8	30	40	20	160	426.7	106.6	653.5	1014.8	0.7
	42		160	457.1	0	712.1	1010.1	0.8		42		160	426.7	106.6	686.2	981.0	0.7
	44		160	457.1	0	746.0	983.0	0.8		44		160	426.7	106.6	718.9	947.2	0.7
30	40	10	160	480.0	53.3	653.5	1014.8	0.9	35	40	20	160	365.7	91.4	678.2	1053.2	0.6
	42		160	480.0	53.3	686.2	981.0	0.9		42		160	365.7	91.4	712.1	1010.1	0.6
	44		160	480.0	53.3	718.9	947.2	0.9		44		160	365.7	91.4	746.0	983.0	0.6

2.3 사용재료

(1) 시멘트 및 골재

국내 S사제 보통 포트랜드시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 경북 예천산 강모래를 KS F 2502~2506에 따라, 굵은 골재는 경북 평은산 쇄석골재를 KS F 2462 및 KS F 2531~2534에 따라 그 물리적 성질을 검토 하였다.

(2) 혼화재

본 실험에 사용된 가네트는 비중이 4.04로 측정 되었으며, 분말도는 13,950(cm²/g)로 측정 되었다.

또한, 고로슬래그 미분말은 포항산으로 비중은 3.05 이며, 분말도는 3,920(cm²/g), 플라이애쉬 미분말은 하동산으로 비중은 2.32 이며, 분말도는 3,827(cm²/g)으로 측정되었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

표 3은 건조수축 실험결과를 나타낸 것이다.

3.2 분석 및 고찰

(1) 재령에 따른 건조수축

물결합재비가 30%일 경우 재령 3일까지의 건조수축율은 혼화재 무치환 콘크리트는 2.23~2.28×10⁻⁵의 수축율을 보이며, 동일 물시멘트비하에서는 S/A비가 높을수록 약간 높은 건조수축변화를

보였으며, 가네트로 치환한 경우 치환율 10%에서 $2.1\sim 2.2\times 10^{-5}$, 치환율 20%에서는 $1.9\sim 2.1\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 무치환 콘크리트에 비해 건조수축 변화율은 약간씩 감소한다.

표3. 건조수축 실험 결과

시험 체명	건조수축변형(μm/m)									시험 체명	건조수축변형(μm/m)								
	1일	3일	7일	14일	28일	45일	56일	91일	1일		3일	7일	14일	28일	45일	56일	91일		
N1A0	15.4	223	325	425	511	579	622	668	F1B20	18.1	273	372	495	627	678	704	748		
G1A10	15.0	210	295	389	475	550	588	622	F1C10	17.9	264	377	477	601	658	705	756		
G1A20	14.8	195	277	378	466	535	570	611	F1C20	18.3	277	385	505	622	681	718	761		
N1B0	17.5	227	346	446	529	585	644	672	F2A10	17.1	260	349	466	605	661	690	766		
G1B10	16.6	219	311	422	489	533	578	633	F2A20	17.6	272	375	495	633	688	698	779		
G1B20	15.2	206	303	406	475	515	545	616	F2B10	18.0	265	366	477	611	670	707	777		
N1C0	17.7	239	353	453	534	591	663	698	F2B20	18.5	277	388	501	634	689	722	785		
G1C10	16.3	220	323	435	505	575	639	677	F2C10	18.9	271	380	483	613	681	719	783		
G1C20	15.9	209	309	422	489	544	621	644	F2C20	19.3	283	389	505	635	695	735	792		
N2A0	16.6	228	331	431	523	583	633	675	K1A10	15.6	219	303	419	535	588	635	675		
G2A10	15.8	215	327	430	522	583	622	670	K1A20	15.8	222	311	426	544	595	644	678		
G2A20	15.2	209	320	425	515	575	615	662	K1B10	17.0	219	307	420	518	586	640	668		
N2B0	17.6	235	352	452	541	593	655	695	K1B20	17.4	225	319	433	522	588	652	677		
G2B10	16.8	222	344	448	535	590	640	691	K1C10	17.8	245	349	449	526	595	655	702		
G2B20	16.4	215	340	442	529	582	625	678	K1C20	17.9	251	355	455	539	606	666	711		
N2C0	18.8	241	362	469	566	606	669	722	K2A10	16.8	239	345	430	543	595	655	688		
G2C10	17.7	233	359	464	558	599	655	715	K2A20	16.9	245	348	435	558	606	658	695		
G2C20	17.2	225	355	460	551	585	639	707	K2B10	17.3	241	355	445	561	605	668	707		
F1A10	15.8	256	344	453	595	647	685	725	K2B20	17.6	252	363	453	569	621	679	712		
F1A20	16.2	269	362	489	622	658	695	736	K2C10	18.1	256	378	477	578	611	675	730		
F1B10	17.7	258	355	466	595	655	699	735	K2C20	18.4	262	385	485	595	623	689	739		

주) 시험체명 : N1A0 N : 혼화재종류 (N:혼화재 무치환, G:가네트, F:플라이애쉬, K:고로슬래그) 1 : 물결합재비 (1:30%, 2:35%)
A : 잔골재율 (A:40%, B:42%, C:44%) 0 : 혼화재 치환율 (0: 무, 10: 10% 치환, 20: 20% 치환)

재령 28일에서는 초기재령의 건조수축 변화양상과 대동소이하하며, 초기 재령에 비해 가네트의 치환율이 많을수록 급격하게 줄어들었다.

한편, 재령 28일 이후의 건조수축 변화율은 재령 28일 이전에 비해 그 증가 양상이 현격하게 줄어들며, 재령 91일에 대비하여 재령 28일의 건조수축 변화율은 $75\pm 1\sim 3\%$ 의 범위로 초기재령에서 건조수축 변화율은 거의 급격하게 이루어지며, 재령 28일 이후에는 둔화되는 것으로 나타났다. 물결합재비가 35%일 경우에도 물결합재비 30%와 유사한 양상을 나타내나 동일 재령에서 건조수축 변화율은 약간씩 높게 나타났다. 플라이애쉬 치환 콘크리트는 물결합재비 30%에서의 재령 3일의 건조수축 변화율은 $2.56\sim 2.77\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 무치환 콘크리트의 수축율에 비해 상대적으로 크며, 재령 28일에 있어서도 $5.95\sim 6.27\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 무치환 콘크리트에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 고로슬래그 치환 콘크리트는 재령 3일의 건조수축 변화율은 $2.19\sim 2.51\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 무치환 콘크리트에 비해 S/A비가 작은 경우에는 상대적으로 건조수축 변화율이 작으나 S/A비가 큰 경우에는 건조수축 변화율이 크다. 하지만 재령 28일에는 모든 배합에서 무치환 콘크리트에 비해 건조수축 변화율이 높게 나타나며, 재령의 증가에 따라 장기재령에서의 건조수축 변화율도 크게 나타났다. 물결합재비 35%의 범위에서도 이러한 양상은 거의 대동소이하게 나타나며, 그 건조수축 변화율은 물결합재비 30%에 비해 약간씩 높게 나타난다.

(2) 혼화재의 치환율에 따른 건조수축

혼화재 치환율에 따른 건조수축 변화율은 물결합재비 30%일 때 재령 28일에 있어서 무치환 콘크리트의 경우 $5.11\sim 5.34\times 10^{-5}$, 가네트, 플라이애쉬, 고로슬래그를 10%로 치환한 경우 각각 $4.75\sim 5.05\times 10^{-5}$, $5.95\sim 6.01\times 10^{-5}$, $5.18\sim 5.26\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 플라이애쉬, 고로슬래그, 혼화재무치환, 가네트치환 콘크리트 순으로 건조수축 변화율을 보였다. 또한 가네트, 플라이애쉬, 고로슬래그를 20%로 치환한 경우 각각 $4.66\sim 4.89\times 10^{-5}$, $6.22\sim 6.27\times 10^{-5}$, $5.39\sim 5.44\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 플라이애쉬, 고로슬래그, 혼화재무치환, 가네트치환 콘크리트 순으로 건조수축 변화율을 보였다. 한편, 물결합재비 35%일 때 재령 28일에 있어서 무치환 콘크리트는 $5.23\sim 5.66\times 10^{-5}$, 가네트, 플라이애쉬, 고로슬래그를

10%로 치환한 경우 각각 $5.22\sim 5.58\times 10^{-5}$, $6.05\sim 6.13\times 10^{-5}$, $5.43\sim 5.78\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 플라이애쉬, 고로슬래그, 혼화재무치환, 가네트치환 콘크리트 순으로 건조수축 변화율을 보였다. 또한 가네트, 플라이애쉬, 고로슬래그를 20%로 치환한 경우 각각 $5.15\sim 5.51\times 10^{-5}$, $6.33\sim 6.35\times 10^{-5}$, $5.58\sim 5.95\times 10^{-5}$ 의 수축율을 보여 물결합재비 30%와 마찬가지로 플라이애쉬, 고로슬래그, 혼화재무치환, 가네트치환 콘크리트 순으로 건조수축 변화율을 보였다. 동일 치환율에서는 물결합재비 30%에 비해 물결합재비 35%일 때 약간씩 높은 건조수축 변화율을 보였다.

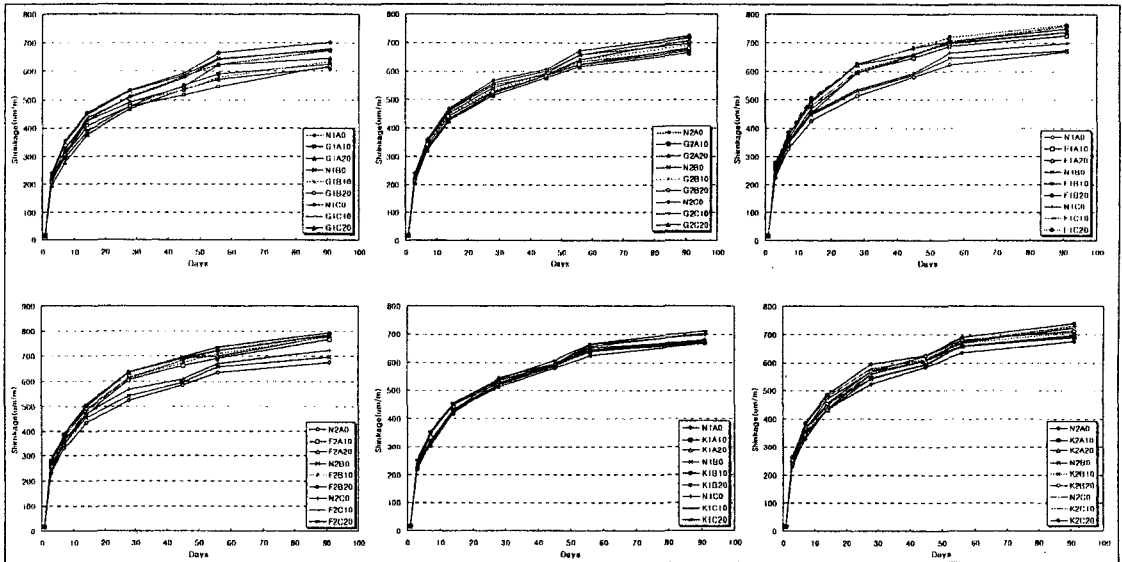


그림 1. 재령에 따른 건조수축 변화율

4. 결론

본 연구는 가네트 미분말을 이용하여 건조수축 특성을 검토한 것으로 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 재령에 따른 건조수축은 물결합재비에 관계없이 재령 28일까지는 대체적으로 급격한 건조수축율을 보였으며, 28일이 지난 이후부터는 초기의 수축율보다 완만한 변화를 나타냈다.
- (2) 동일 배합조건에서 단위수량이 커질수록, 잔골재율이 커질수록 건조수축율은 증가한다.
- (3) 플라이애쉬와 고로슬래그의 경우 치환율이 증가할수록 건조수축율은 증가한 반면, 가네트치환 콘크리트의 경우 치환율이 증가할수록 건조수축 변화율은 감소한다.
- (4) 가네트치환 콘크리트는 무치환 콘크리트에 비해 재령별 건조수축율이 작으나, 플라이애쉬 치환 콘크리트는 재령별 건조수축율이 크다. 고로슬래그 치환 콘크리트는 무치환 콘크리트에 비해 초기재령에서는 작으나 재령이 증가할수록 건조수축율이 동일수준 내지 약간씩 증가한다.

참고문헌

1. 임 병호 외 3인, 산업부산물인 가네트를 이용한 콘크리트의 성질개선에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회논문집, 제 11권 1호, pp 183-190, 1999.2
2. 임 병호 외 3인, 산업부산물인 가네트 미분말을 이용한 콘크리트의 역학적 성상에 관한 연구, 한국콘크리트학회논문집, 제 11권 3호, pp 123-130, 1999.6
3. 白井 篤, 가네트砂を用いたポリマーセメントモルタルの壓縮強度さと細孔容積の關係, 日本建築學會學術講演梗概集, 1997.9, pp 695-696
4. 白井 篤, 가네트砂を用いたポリマーセメントモルタル의 강성 및 수축 특성, 日本建築學會學術講演梗概集, 1996.9, pp 855-856
5. 한 천구 외 1인, 콘크리트의 배합요인이 건조수축에 미치는 영향, 대한건축학회논문집, 제 19권 2호, 2003.2, pp 67-74