

콘크리트 시험체 시험법을 통한 고강도 콘크리트의 알칼리골재 반응성

The Possibility of Alkali-Aggregate Reaction of High Strength Concrete by Concrete Bar Test

권 영 진* 김 무 한**
Kwon, Young Jin Kim, Moo Han

ABSTRACT

The deterioration of concrete due to alkali-aggregate reaction is dependent on the total alkali content per unit volume of concrete. It was reported that the expansion of high alkali concrete with the reactive aggregate increased easily due to high alkali of concrete with the reactive aggregate increased easily. And it has been confirmed that the addition of pozzolanic material prevents the concrete with reactive aggregate from deterioration caused by alkali-aggregate reaction.

It is the aim of this study to provide the fundamental data on the possibility of alkali-aggregate reaction of high strength concrete and its preventing and repair technic

1. 서 론

최근 실용화되고 있는 고강도 콘크리트는, 지물 시멘트비를 얻기 위하여, 단위시멘트량이 높기 때문에 시멘트로 부터의 알칼리량은 통상의 보통 콘크리트보다 높아지게 되고, 따라서 알칼리골재반응에 대하여 불리한 조건으로 된다. 그러나 조직의 치밀화에 따른 고강도에 의한 팽창억제의 가능성도 높기 때문에, 고강도콘크리트의 실용화에는 알칼리골재반응에 관한 검토는 필요할 것으로 생각된다.

특히 저자는 암석학적인 접근방법으로 국내에서도 알칼리골재반응에 대한 검토가 필요한 것을 제안한 적이 있으며[1] 또한 최근의 연구보고[2]에는 국내의 일부골재에서도 알칼리골재반응성이 확인되고 있어, 이러한 알칼리골재반응에 관한 광범위한 연구가 요망되는 시집이라 생각할 수 있다.

본 연구는 최근 활발히 연구되고 있는 고강도 콘크리트의 알칼리골재반응성을 검토한 것으로, 본 보고는 제 1보로서 본 실험에 사용한 골재의 알칼리골재반응성을 조사한 것이다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구에 사용한 골재는 조골재 9종류, 세골재 5종류의 14종류이고, 알칼리 골재 반응시험에 실행하여 골재의 물성시험을 행하고, 비중, 흡수율, 단위용적질량, 실적용 및 조립율을 구하였다. 그 결과를 표1에 나타낸다. 또한 알칼리 골재 반응 시험으로서 화학시험과 모르타르방법시험을 행하였다.

표1. 골재의 물리시험결과

骨材 種類	記号	比 重		吸水率 (%)	單位容積質量 (kg/l)	英積率 (%)	粗粒率
		表乾	檢乾				
粗 骨	A	2.64	2.56	3.30	1.52	59.4	6.99
	T 2	2.64	2.60	1.48	1.52	58.4	6.53
	C	2.66	2.58	2.77	1.54	59.5	6.52
	L 5	2.63	2.56	2.63	1.46	57.0	6.72
	T	2.66	2.53	2.25	1.50	57.6	6.75
材	O 1	2.64	2.62	0.66	1.55	59.1	7.07
	R	2.61	2.54	2.88	1.42	56.0	7.20
	K 1	2.68	2.62	2.34	1.57	60.0	6.76
	M	2.64	2.62	1.02	1.50	57.4	7.01
細 骨 材	I	2.66	2.60	2.56	1.57	60.6	2.33
	F	2.60	2.52	2.75	1.80	71.2	2.71
	K 2	2.58	2.51	2.78	1.60	63.8	2.13
	O 2	2.61	2.56	1.75	1.75	68.3	2.97
	S	2.65	2.62	0.96	1.76	67.1	2.57

표2. 시멘트의 물리시험결과

比重	比表 面積 (cm ² /g)	濕 結			安定性	壓碎強度 (kg/cm ²)			
		水量 (%)	始乾 (h-m)	終結 (h-m)		1 日	3 日	7 日	28 日
3.16	3360	29.4	2-23	3-30	—	167	248	421	

표3. 모르타르의 배합표

알칼리 濃 度	시멘트 (g)	骨材 (g)	水 (g)	NaOH (g)
1.2%	600	1350	240	60
1.5%			211	89

* 정회원, 쌍용시설안전사업단, 보수사업팀, 피장·공파

** 정회원, 충남대 교수, 공파

2.1 화학법시험

화학법 시험은 JIS A 5308 부속서 7에 준하여 행하였다.

2.2 모르타르방시험

모르타르방 시험은 JIS A 5308 부속서 8에 준하여 행하였다. 시멘트의 일칼리량으로서 JIS의 1.2%와 이것을 0.3%상회하는 1.5%로 하고 일칼리의 증량에 의한 팽창의 증가경향을 검토하였다.

2.2.1 사용재료 및 조합

시멘트는 보통포틀랜드시멘트(R.C)=0.58%를 사용하였고 그 물리시험 결과를 표2에 나타내었다. 골재는 기준에 따라 입도조정을 행하였고 일칼리의 증량에는 2규정의 NaOH수용액을 사용하였다. 사용한 배합표는 표3과 같다.

2.2.2 반응촉진 양생시험

반응 촉진 양생시험은 탈형시에 기준길이, 중량을 측정하고 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 촉진양생 콘테나에서 양생을 실시하였다. 각 재령시의 측정은 측정 전일 20°C, RH 60%의 항온실에 반입후 재령 2주로 부터 재령 1년까지 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 화학법 시험결과

그림1에 화학법 시험결과를 나타내었다. 유해라고 판정된 골재는 조골재 15뿐이고, 잠재적 유해라고 판정된 골재는 A, T2, C, R의 4종류이었다. 또한 무해라고 판정된 골재는 조골재 T, O1, K1, M의 4종류, 세골재에서는 I, F, K2, O2, S로 나타났다.

3.2 모르타르방시험결과

모르타르방시험결과를 그림2(1), 2(2)에 나타내었다.

총일칼리량 1.2%에서 반응성골재로 판정된 조골재는 T2, C, L5, R이고, 세골재로서는 I, S이었으며, 기타의 골재는 비반응성골재로 판정되었다. 그러나 전골재에서 총일칼리량 1.5%에서 0.1%이상의 팽창이 확인되었다.

각골재의 팽창거동은 다음과 같다.

1) 골재 A

총일칼리량 1.5%에서 재령 2, 4주에서는 수축하는 경향을 보였으나, 재령 8주 5개월까지는 서서히 팽창이 증가하고 있으며, 6개월, 7개월에서는 크게 팽창하고 있다. 최종재령의 12개월의 팽창율은 0.154%로 되었다. 한편 총일칼리량 1.5%에서는 재령8주 3,4개월에 급격히 팽창하였으나, 그 이후의 변화는 적고, 재 12개월의 팽창율은 0.472%이었다.

2) 골재 T2

총일칼리량 1.2%의 혼입율의 경우, 재령 8주부터 서서히 팽창하였으나, 재령 4개월에서 0.1%를 넘고 재령 12개월의 팽창율은 0.43%이었다. 한편 총일칼리량 1.5%에서는 재령4주에 0.1%를 초과하고

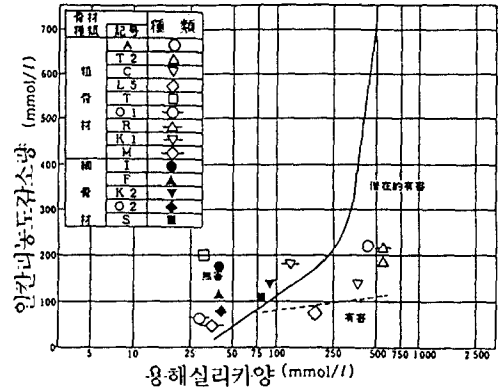
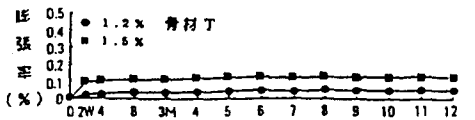
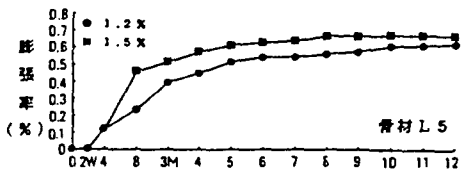
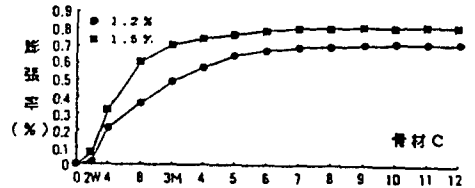
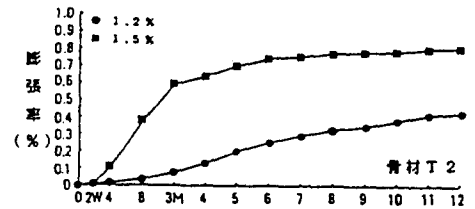


그림1. 화학법 시험결과



재 령

그림2(1) 모르타르방 시험결과

재령 8주에서 3개월에 걸쳐서 약0.6%로 급격한 팽창을 보이고 재령12개월에는 총일칼리량 1.2%의 약2배인 0.8%의 팽창율을 보이고 있다.

3) 골재 C

총일칼리량 1.2%에서는 재령 4주에서 5개월에 걸쳐서 급격히 팽창하고 있으나 그 이후의 팽창의 증가는 거의 보이지 않고, 판정기준인 0.1%를 초과한 것은 재령4주였다. 총일칼리량1.5%에서는, 재령 4주에서 3개월에 걸쳐서 급격히 팽창하고 그 이후의 팽창의 증가는 보이지 않고 있으며, 판정 기준인 0.1%를 초과한 것은 재령4주였다.

4) 골재 15

총일칼리량 1.5%의 혼입량에서는 재령 4주에서 5개월에 걸쳐서 급격한 팽창이 나타나고있으며 판정기준인 0.1%를 초과한 것은 재령4주째 있다. 재령 5개월 이후는 팽창은 거의 진행되지 않고 있고, 재령 12개월에서는 약 0.625%의 팽창을 보이고 있다. 총일칼리량 1.5%에서는 8주에 약0.5%의 급격한 팽창이 나타나고 있으며 재령 8주이후에도 서서히 팽창하여 12개월에서는 0.637%로 총일칼리량 1.2%와의 차는 적게 나타나고 있다.

5) 골재 T

총일칼리량 1.2%에서는 재령2주에 미미한 팽창이 나타나고 있으나 그 이후의 변화는 보이지 않고 있다. 총일칼리량 1.5%에서는 재령4주에서 0.1%를 초과하고 있으나 그 이후의 변화는 적고 재령 12개월의 시점에서 0.132%의 팽창을 보이고 있다.

6) 골재 O

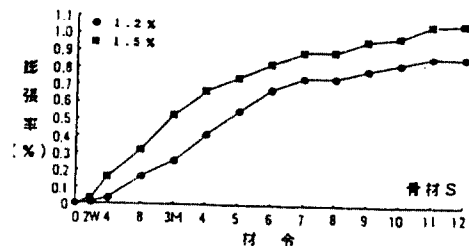
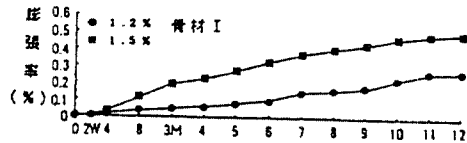
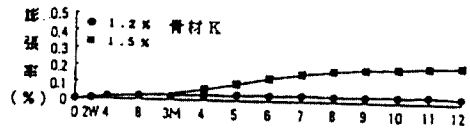
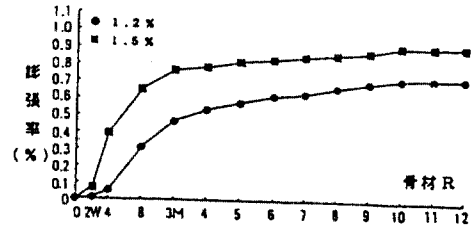
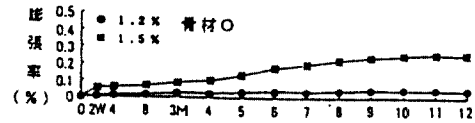
총일칼리량 1.2%에서는 재령 6개월의 시점에서 팽창율은 0.042%로 그 이후의 팽창율의 변화는 나타나지 않고 있다. 총일칼리량 1.5%에서는 재령 2주에서 12개월까지는 팽창율은 아주 적게 진행되고 있으며, 0.1%를 넘은 것은 재령 4개월에서 나타나고 있고, 최종 재령인 12개월에서는 팽창율은 0.255%로 총일칼리량 1.2%와의 차는 0.208%로 크게 나타나고 있다.

7) 골재 R

총일칼리량 1.2%의 혼입량에서는 재령4주에서 6개월에 걸쳐 약 0.6%로 급격한 팽창을 보이고 있으며, 팽창율 0.1%를 초과한 것은 재령 4주에 나타나고 있다. 재령 12개월에도 총일칼리량 1.5%와 1.2%의 차는 0.187% 정도 크게 나타나고 있다.

8) 골재 K1

총일칼리량 1.2%에서 재령 6개월의 팽창율은 0.031%로 그 이후의 팽창은 나타나지 않고 있다. 총일칼리량 1.5%에서는 재령 2주에서 12개월에 걸쳐 팽창은 아주 미미하게 진행되고 있으며 재령 6개월의 시점에서 0.1%를 초과한 팽창이 나타나고 있다. 재령 12개월에서의 총일칼리량 1.2%와 1.5%와의 차는 0.185%로 나타나고 있다.



재 령

그림2(2) 모르타르용 시험결과

9) 골재 M

총일간리량 1.2%에서는, 제령 2주에서 12개월에 걸쳐 팽창은 거의 보이지 않고 있고 0.1%를 초과한 팽창은 나타나지 않고 있다. 총일간리량 1.5%에서는 제령 2주에서 9개월에 걸쳐 팽창이 진행되고, 팽창을 0.1%이상으로 나타난 것은 제령 5개월째 이었다. 또한 제령 9개월 이후의 팽창은 거의 나타나고 있지 않다.

10) 골재 I

총일간리량 1.2%의 혼입량에서는 제령2주부터 12개월까지 팽창은 서서히 진행되고 있으며 0.1% 이상으로 나타난 것은 제령 6개월과, 제령 12개월에서는 0.237%로 되었다. 총일간리량 1.5%의 혼입량에서는 제령 4주에서 12개월까지 팽창은 진행되고 팽창을 0.1%를 초과한 것은 제령8주에 나타나고 있다.

11) 골재 F

총일간리량 1.2%에서는 제령6개월까지 팽창율은 0.045%이고 그 이후의 팽창은 나타나지 않고 있다. 총일간리량 1.5%에서는 제령4주에서 12개월에 이르기까지 팽창은 서서히 진행되고 있으며, 팽창을 0.1%를 초과한 것은 제령 6개월이었다.

12) 골재 O K

총일간리량 1.2%에서는 제령 6개월까지의 팽창율은 0.048%이고 그 이후의 팽창은 나타나지 않고 있다. 총일간리량 1.5%에서는 제령2주에서 12개월까지 서서히 팽창은 진행되고 있고 팽창율 0.1%를 초과한 것은 제령 5개월에서 나타나고 있다. 또한 제령 12개월에서 총일간리량 1.2%와 1.5%와의 차는 0.186%로 약간 크게 나타나고 있다.

13) 골재 S

총일간리량 1.2%와 1.5% 공히 제령2주에서 7개월에 걸쳐서 급격히 팽창하고 판정기준인 0.1%를 초과한 것은 1.2%에서는 제령8주, 1.5%에서는 제령 4주에 나타나고 있다.

이상의 결과를 종합하여 모르타르봉 시험에서의 공시체의 상태를 그림3에 나타낸다. 이 그림으로부터 팽창률이 0.1%를 초과하여도 외관상의 변화가 보이지 않는 경우도 있는 것을 알 수 있다.

3.3 화학법 시험과 모르타르봉 시험과의 관계

화학법 시험으로 부터 유해로 판정된 골재 15에서는 모르타르봉 시험법에서도 반응성이 높은 골재인 것이 확인 되었다. 한편 잠재적 유해라고 판정된 골재 C, R에서는 모르타르봉 시험에 의해 반응성이 높은 골재로 판정되었다. 또한 잠재적 유해로 확인 된 골재 A, T2 및 무해로 판정된 기타의 골재는 골재 S를 제외하고 총일간리량에 의해 팽창율은 상이하게 나타나고 있으며 골재 S는 무해라고 판정되었으나 모르타르봉 시험에서 반응성골재인 것이 판정되었다.

4. 결 론

이상의 기초실험에서 얻은 결과는 다음과 같다.
1) 화학법 시험에 의해 무해로 판정된 골재라도 모르타르봉 시험법에서 팽창을 나타내는 골재가 보여지고 있어 화학법과 모르타르봉법에 대한 광범위한 검토가 요구된다.

2) 총일간리량 1.2%로 한 표준적인 모르타르봉 시험법에서는 팽창하지 않으나, 일간리량을 0.3% 증량한 모르타르봉 시험에서는 판정기준인 0.1%를 초과하는 팽창이 나타나는 골재가 상당히 존재하고 있기 때문에 미반응성이라 판정된 골재에서도 고일간리화되는 환경에서는 사용에 주의하여야 할 것으로 보인다.

供試体記号	規格	種 類												
		2W	4W	8W	3M	4M	5M	6M	7M	8M	9M	10M	11M	12M
A	1.2													
	1.5			X									X	
T	1.2													
	1.5			X										
C	1.2			X										
	1.5			X										
L	1.2			X										
	1.5			X										
S	1.2			X										
	1.5			X										
R	1.2													
	1.5			X										
K	1.2													
	1.5													
M	1.2													
	1.5													
I	1.2													
	1.5			X										
F	1.2													
	1.5													
O	1.2													
	1.5													
S	1.2													
	1.5			X										

X : 0.1%이상의 팽창 Δ : 결의 징출
○ : 잘 일 □ : 포크아웃

그림3 모르타르봉법 시험법의 공시체 상황

표4. 화학법 시험결과 및 모르타르봉법 시험결과

供試体記号	種 類										
	A	T2	C	L5	T	O1	R	K1	M		
膨脹率	1.2	0.046	0.255	0.679	0.546	0.052	0.042	0.614	0.031	0.058	
(%)	1.5	0.251	0.745	0.794	0.631	0.130	0.178	0.873	0.132	0.136	
化学法	△	△	△	X	○	○	△	○	○	○	
判定	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

供試体記号	種 類				
	I	F	K2	O2	S
膨脹率	1.2	0.102	0.043	0.048	0.581
(%)	1.5	0.326	0.129	0.160	0.830
化学法	○	○	○	○	○
判定	*	*	*	*	*

X : 有害
△ : 潜在的有害
○ : 無害

(참고문헌)

- 권영진, 김무한, 국내 천근콘크리트 구조물의 일간리콜재반응가능성에 관한 기초적 연구, 대한건축학회 학술발표회 논문집, 1991.10
- 윤세환외, 세석골재의 일간리콜재반응에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 1993.10