

쇄석골재의 알칼리-실리카 반응에 관한 실험적 연구

(제4보: 국내산 반응성 골재에 JIS 신속법 적용가능성)

An Experimental Study on the Alkali-Silica Reaction of Crushed Stones (Part4: The Application of the JIS Rapid Test Method to the Several Domestic Reactive Aggregates)

○차 태환* 조 원기* 조 일호** 노 재호*** 이 양수*** 정 재동**** 윤 재환*****
Cha, Tae Hwan Cho, Won Gi Cho, Il Ho Noh, Jae Ho Lee, Yang Soo Jaung, Jae Dong Yoon, Jai Hwan

ABSTRACT

The chemical method and mortar-bar method for identification of the susceptibility to Alkali-Aggregate Reaction (AAR) was established as KS method by referencing the ASTM methods. However, the chemical method requires skilled chemical engineers and aggregates are tested in very severe condition, and on the other hand, the mortar-bar method needs a long time of 3 or 6 months.

Judging from this circumstance that the use of crushed stones are increased due to the shortage of natural aggregates, the development and standardization of a new rapid test method is considered essential.

The purpose of this paper is to research for the possibility to apply the rapid method, instead of the chemical method and the mortar-bar method with using the several domestic crushed stones.

1. 서론

알칼리-골재반응이란 콘크리트중에 존재하는 나트륨, 칼륨과 같은 알칼리 이온과 자갈, 모래 중의 비결정 실리카 성분이 수분의 共存下에서 장기적으로 서서히 새로운 물질을 생성하는 반응을 말하며, 반응 생성물은 수분을 흡수, 팽창하여 콘크리트에 균열을 발생시켜 심할 경우에는 콘크리트를 붕괴시킨다¹⁾.

콘크리트 구조물에 심각한 영향을 줄 수 있는 이러한 알칼리-골재반응성 판정을 위한 방법으로는 ASTM C 289(화학법), ASTM C 227(모르터바법)과 최근에 공식적으로 규격화된²⁾ JIS A 1804(신속법)등이 있다. 기존의 실험법, 즉 화학법 및 모르터바법에 있어서 화학법은 숙련된 화학분석 기술자가 필요한 동시에 그 조건이 너무 가혹

하여 신빙성이 떨어지고, 모르터바법의 경우에는 신빙성은 높으나 3개월 또는 6개월 이라는 장기간이 필요하여 천연골재가 고갈되면서 쇄석의 사용이 급속히 증가하는 현실³⁾과 국내에도 알칼리반응성골재가 존재한다는 것이 밝혀져⁴⁾ 새로운 골재사용시 신속한 판정법이 요구되고 있다.

본 연구는 쇄석골재의 알칼리-골재반응에 관한 연구로써 국내에서도 이미 규격화된 화학법 및 모르터바법과, 최근 일본에서 공식적으로 규격화된 신속법과의 상호 연관성을 조사하여, 국내 골재에 신속법을 적용해도 좋은가를 검토하기 위하여 행한 실험적 연구이다.

2. 실험개요

본 연구는 알칼리-골재반응성 판정을 위한 방법인 화학법 및 모르터바법의 결과와 신속법에 의한 결과를 비교하기 위하여 국내산 일부 쇄석골재에 대하여 ASTM C 289(화학법), ASTM C 227(모르터바법), JIS A 1804(신속법)에 따라 실험을 실시하였다.

* 수원대학교 대학원, 석사과정

** 동양중양연구소, 연구원

*** 동양중양연구소, 주임연구원

**** 대구대학교 전임강사, 工博

***** 수원대학교 부교수, 工博

◆ 본 연구는 수원대학교와 동양중양연구소가 공동 연구한 결과의 일부임.

2.1 실험재료

본 실험에 사용된 쇄석골재는 제주도 지역 골재 6종과 경남지역 골재 9종으로 하였으며, 시멘트는 자체알칼리량 0.725%를 함유한 T사 제품으로서 화학분석 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 시멘트의 화학분석 (unit:wt.%)

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Ig loss
21.19	3.03	5.18	61.94	3.03	2.28	0.06	1.01	0.91

2.2 실험방법

(1) 화학법: 0.15~0.3mm의 쇄석골재를 1N의 NaOH용액과 반응시켜 HCl에 의한 적정으로 알칼리 농도 감소량(Rc)을 측정하고, 중량법으로 용해실리카량(Sc)을 측정하여 Sc>Rc이면 유해로 판정.

(2) 모르터바법: 표 2의 배합으로 각각의 조건마다 3개씩 모르터바를 제작하여 40℃, RH>95%의 밀폐 저장용기에 보관하였으며, 모르터바의 길이 팽창율은 2주에 한 번씩 길이를 측정하여 3개월에 0.05% 또는 6개월에 0.1%이상의 길이팽창을 유해로 판정.

표 2. 모르터바 배합조건

골재혼입율(%)	100
A/C (aggregate/cement)	2.25
W/C	0.5
Na ₂ O eq. (%)	1.2, 2.0

(3) 신속법: 다음 그림 1과 같이 실험을 실시 하였으며, 상대동탄성계수는 실험여건상 비틀림진동으로 실시하였다.

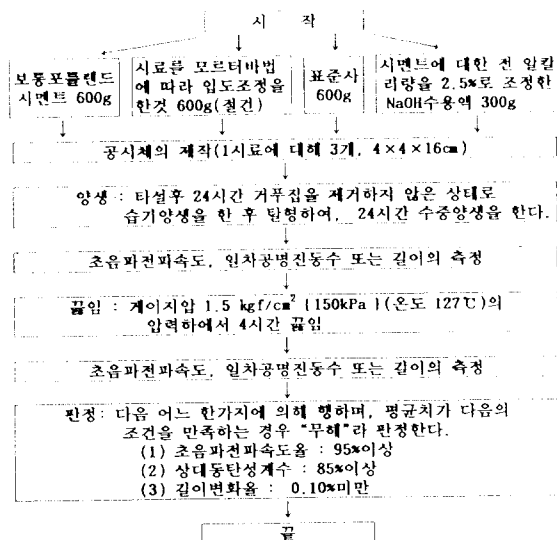


그림 1. 신속법 순서도

3. 실험결과 및 고찰

3.1 화학법

각 골재의 화학법 실험결과를 표 3과 그림 2에 나타내었다.

그림 2에서 보듯이 A, B, C, D, E 5종은 유해로 판정되었고 나머지 골재 10종은 무해로 판정되었다.

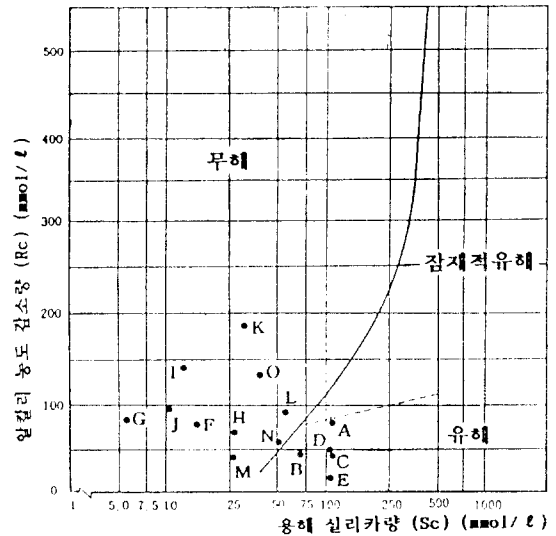
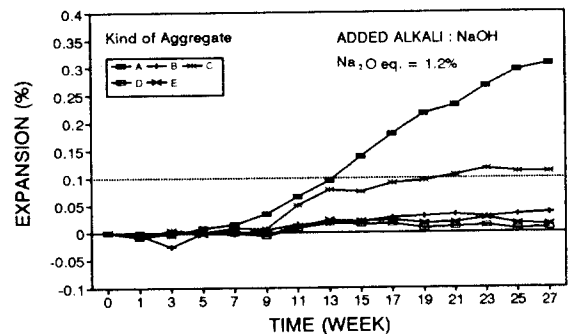


그림 2. 화학법에 의한 유해판정 구분도

3.2 모르터바법

표 2의 배합조건으로 제작한 모르터바의 길이변화 측정결과를 표 3과 그림 3에 나타내었다. A, C 골재는 6개월 이내에 팽창율 0.1%를 넘어 화학법과 마찬가지로 유해로 판정할 수 있으나 나머지 골재는 무해로 판정되었다.

이와같이 화학법에서 유해로 판정된 골재라도 모르터바법에서는 무해로 판정되는 경우가 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 화학법이 통상의 조건보다 가혹한 조건에서 시험하기 때문이다.



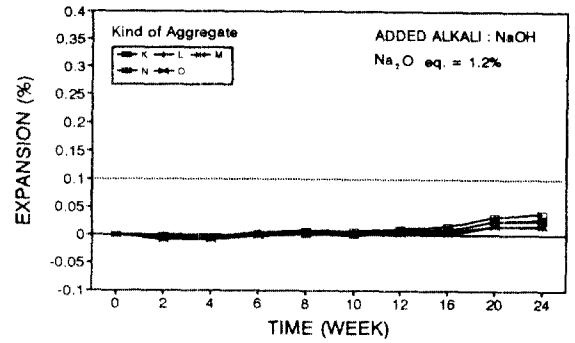
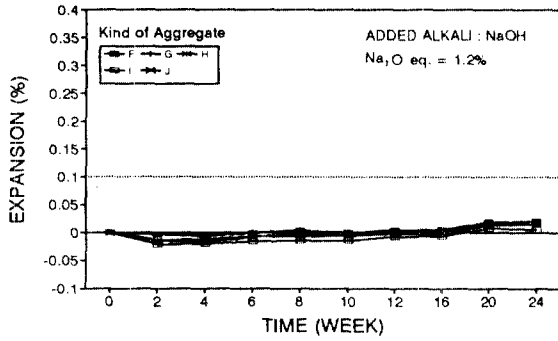


그림 3. 각 재령에 따른 모르타바의 길이팽창율

시료 No.	신속법에 의한 판정결과						화학법실험결과			모르타바법 실험결과						판정
	초음파전파 속도율(%)		상대동탄성 계수(%)		길이변화율 (%)		Sc (mmol/l)	Rc (mmol/l)	판정	팽창율(%)						
	측정값	판정	측정값	판정	측정값	판정				2주	4주	8주	3개월	4개월	6개월	
A	93	유해	58	유해	0.24	유해	121.91	87.50	유해	-0.0045	0.0068	0.0344	0.0948	0.1792	0.2947	유해
B	96	무해	82	해	0.06	무해	72.15	42.50	유해	-0.0258	-0.0023	0.0040	0.0171	0.0265	0.0326	무해
C	94	유해	54	유해	0.27	유해	211.57	41.50	유해	0.0040	0.0040	0.0060	0.0735	0.0945	0.1111	유해
D	98	무해	82	무해	0.02	무해	102.79	50.00	유해	-0.0009	-0.0049	-0.0073	0.0175	0.0151	0.0052	무해
E	95	무해	79	무해	0.08	무해	114.44	20.50	유해	0.0018	-0.0041	-0.0052	0.0218	0.0216	0.0160	무해
F	97	무해	80	무해	0.03	무해	17.49	77.50	무해	-0.0033	-0.0053	-0.0027	0.0043	0.0050	0.0202	무해
G	96	무해	79	무해	0.05	무해	6.67	82.50	무해	-0.0041	-0.0070	0.0042	0.0018	0.0026	0.0144	무해
H	95	무해	81	무해	0.01	무해	26.81	67.50	무해	-0.0140	-0.0129	-0.0064	-0.0006	0.0012	0.0195	무해
I	94	유해	80	무해	0.03	무해	14.32	140.00	무해	-0.0214	-0.0209	-0.0151	-0.0078	-0.0071	0.0055	무해
J	95	무해	80	무해	0.03	무해	10.66	97.50	무해	-0.0152	-0.017	-0.0030	-0.0026	-0.0026	0.0136	무해
K	96	무해	81	무해	0.06	무해	33.47	186.25	무해	-0.0066	-0.0056	0.0006	0.0056	0.009	0.0269	무해
L	95	무해	84	무해	0.08	무해	61.61	88.75	무해	-0.0036	-0.0041	0.0076	0.0104	0.0094	0.0244	무해
M	96	무해	80	무해	0.02	무해	25.14	40.00	무해	-0.0074	-0.0085	0.0002	0.0012	0.0012	0.0139	무해
N	97	무해	88	무해	0.08	무해	50.17	55.00	무해	-0.0019	-0.0054	0.0075	0.0108	0.0164	0.0378	무해
O	97	무해	90	무해	0.05	무해	42.79	130.00	무해	-0.0085	-0.0085	0.0055	0.0044	0.0048	0.0154	무해

표 3. 실험 결과 일람

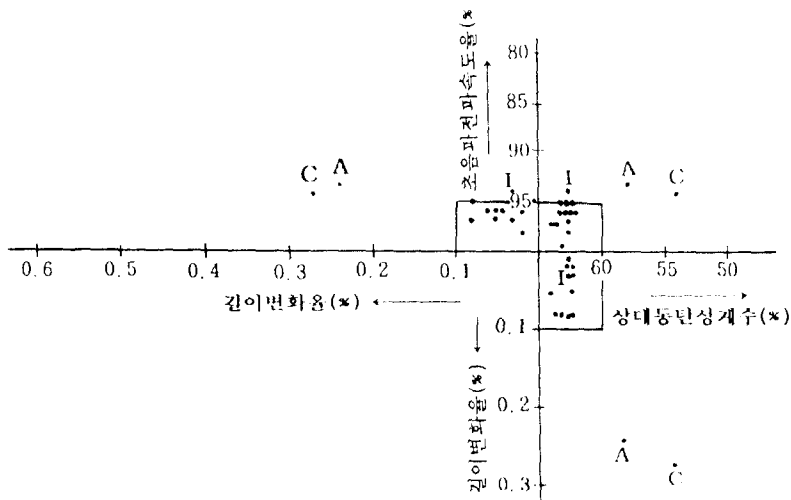


그림 4. 신속법에 있어서 판정조건의 관계

3.3 신속법

신속법에 의한 판정결과를 표3과 그림 4에 나타내었다.

3.3.1 초음파전파속도를

측정결과 유해로 나타난 것은 A, C, I골재인데 A, C골재는 화학법과 모르터바법의 결과와 일치했으나 I골재는 일치하지 않는 것을 알 수 있었다. 하지만 그 측정값이 94.24로써 판정치 근처에 가깝고 화학법 및 모르터바법의 결과를 고려해 볼때 무해라 보아도 특별한 문제는 없다고 판단된다.

이와같이 초음파전파속도율을 판정치표로 하는 경우에는 그 측정값들이 판정치 근처에 존재하기 때문에 판단이 명확하지 않음을 알 수 있다.

3.3.2 상대동탄성계수

규정상 종진동에 의한 측정을 원칙으로 하여 상대동탄성계수 85%이상을 무해라 판정하지만 실험 여건상 비틀림진동에 의한 측정을 실시하였다. 화학법과 모르터바법에 의해 유해라고 판정된 A, C골재의 상대동탄성계수의 측정값이 나머지 무해라 판정된 골재들의 상대동탄성계수의 측정값과 그 차이가 큰 것을 고려해 볼 때 종진동에 의한 판정 뿐만아니라 비틀림 진동에 의한 판정도 유효하다고 판단되며 여기에서는 타 실험결과와 비교하여 60%이하를 유해로 판정하였지만 그 판정기준 자체는 차후에 더 많은 실험을 통해 정해야 한다고 사료된다.

3.3.3 길이변화율

A, C골재는 길이변화율 0.10%이상을 나타내어 유해로 판정할 수 있었으며 화학법과 모르터바법에 의한 판정과 일치하는 것

을 알 수 있었다.

4. 결론

제주도지역 골재 6종과 경남지역 골재 9종에 대해 신속법을 실시하여 화학법과 모르터바법의 결과와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 화학법을 실시한 결과 A, B, C, D, E골재가 유해로 판정되었으며 모르터바법을 실시한 결과 A, C골재가 유해로 판정되었고 나머지 골재는 무해로 판정되었다.
- 2) 신속법에 의한 실험결과 A, C골재가 유해로 판정되어 신속법에 의한 판정이 화학법과 모르터바법에 의한 판정과 일치하는 것을 알 수 있었으며 앞으로 더 많은 골재에 대하여 실험을 실시하여 신속법에 대한 유용성을 검증할 필요가 있다고 판단된다.

참고 문헌

- 1) 尹在煥, "알칼리-골재 반응에 의한 콘 크리트의 異常膨脹", 레미콘誌, 통권 제8호, 1986, pp. 9-22.
- 2) Koichi Kishitani, Masaki Kobayasi and Hiroshi Tamura, "DEVELOPMENT AND STANDARDIZATION OF RAPID TEST METHOD FOR IDENTIFICATION OF THE ALKALI REACTIVITY OF AGGREGATES", 한국콘크리트학회학술발표논문집, 제6권 1호, 1994, pp 98-119.
- 3) 최민수 外2, "골재의 需給現況과 展望", 콘크리트학회지, 제3권 2호, 1991, pp. 22-30.
- 4) 尹在煥 外4, "國內 一部 碎石骨材의 알칼리-실리카 反應性에 關한 實驗的 研究", 대한건축학회학술발표논문집, Vol. 13, No. 1, 1993, pp. 413-416.