

1 SPSPSPSP

**PSPSPSP**  
**SPSPSP**  
**PSPSP**  
**SPSP**  
**PSP**  
**SP**

**SPS**

플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 포틀랜드  
시멘트 콘크리트에 사용하기 위한 시료 및 채취 시험방법 <sup>1</sup>

SPS-KTR-ASTM C 311-13-1928

한국화학융합시험연구원

2016년 05월 00일 개정

<http://www.ktr.or.kr>

# 목 차

머 리 말 .....	3
1 적용범위.....	4
2 참조 문서 .....	5
3 용어 .....	6
4 의의 및 사용 .....	7
5 재료 .....	7
6 시료 유형 및 크기 .....	7
7 시료채취절차 .....	8
8 시료 준비 및 보관 .....	8
9 시험빈도.....	9
10 화학분석 일반.....	9
11 수분함량 절차.....	9
12 수분함량 계산.....	9
13 강열 감량 절차.....	9
14 강열 감량 계산.....	9
15 이산화규소절차.....	10
16 이용 가능 알칼리 절차 .....	10
17 이용 가능 알칼리 계산 및 보고서.....	10
18 암모니아 절차.....	11
19 물리적 시험 밀도 절차 .....	11
20 분말도 절차.....	11
21 모르타르 막대의 건조 수축 증가 시험표본 .....	12
22 모르타르 막대의 건조 수축 증가 절차 .....	13
23 모르타르 막대의 건조 수축 증가 계산 및 보고서.....	13
24 안정성 절차.....	13
25 모르타르의 공기 혼입 절차.....	13
26 모르타르의 공기 혼입 계산.....	14

27 포틀랜드 시멘트에 대한 강도 작용 지수 표본 .....	14
28 포틀랜드 시멘트에 대한 강도 작용 지수 표본 보관 .....	15
29 포틀랜드 시멘트에 대한 강도 작용 지수 압축강도시험 .....	15
30 포틀랜드 시멘트에 대한 강도 작용 지수 계산 .....	15
31 수분 필요량 계산 .....	15
32 수분 필요량 절차 .....	15
33 수분 필요량 보고서 .....	16
34 내황산염성 기여에 있어서의 플라이애쉬 또는 천연포졸란의 효과 절차 .....	16
35 내황산염성 기여에 있어서의 플라이애쉬 또는 천연포졸란의 효과 보고서 .....	17
36 내황산염성 기여에 있어서의 플라이애쉬 또는 천연포졸란의 효과 정밀도 및 바이어스 .....	17
37 내황산염성 기여에 있어서의 플라이애쉬 또는 천연포졸란의 효과 핵심어 .....	18
추록 .....	18
변경 사항 요약 .....	20

# 머 리 말

플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 사용하기 위한 시료 및 채취 시험 방법<sup>1</sup>

Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete <sup>1</sup>

Warranty Disclaimer - “본 번역은 한국표준협회 또는 ASTM international(ASTM International의 소재지 100 Barr Harbor Dr, West Conshohocken, PA 19428, USA)로 부터 인증 받은 전문기관에서 수행되었습니다. ASTM에서 본 번역의 정확성에 대한 승인 및 확인은 이루어지지 않은 관계로 공식적인 자료에 대해서는 번역판이 아닌 영문판이 우선함을 알려드립니다.”

Warranty Disclaimer - “This translation has been completed by KSA or its designated translation agent under the license of ASTM International, 100 Barr Harbor Dr, West Conshohocken, PA, 19428, USA. ASTM does not approve and does not confirm this translation to be accurate, and in all cases, the English published version must be considered as the official version for legal purposes.”

# 한국화학융합시험연구원 단체 표준

SPS-KTR-ASTM C 311-13-1928

## 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 포틀랜드 시멘트 콘크리트에 사용하기 위한 시료 및 채취 시험 방법 <sup>1</sup>

### Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete

본 표준은 C311/C311M이라는 고정 명칭 하에 발행되었다. 명칭 바로 뒤에 따라오는 숫자는 최초로 채택된 연도를 나타내거나 또는 개정되었을 경우에는 마지막 개정이 이루어진 연도를 표시한다. 괄호 안의 숫자는 재승인된 연도를 표시한다. 위첨자로 쓰여진 그리스어 알파벳  $\epsilon$ ( $\epsilon$ )는 마지막 개정 또는 재승인 이후 편집상의 변화가 있었음을 표시한다.

본 표준은 국방부 기관에서 사용되기 위해 승인되었다.

#### 1 적용범위

1.1 이러한 시험 방법은 포틀랜드 시멘트 콘크리트에서 사용하기 위한 플라이 애쉬 및 가공 전 (raw) 또는 석회가 된 (calcined) 포졸란의 시료 채취 및 시험을 위한 절차를 다룬다.

1.2 절차는 다음 순서로 표시된다.

	항목
시료 채취	7
<i>화학 분석</i>	
시약 및 장치	10
수분 함량	11, 12
강열 감량(Loss on ignition)	13, 14
이산화 규소, 산화 알루미늄, 산화 철, 산화 칼슘, 산화 마그네슘, 삼산화황, 산화 나트륨 및 산화 칼륨	15
이용 가능 알칼리	16, 17
암모니아	18
<i>물리적 시험</i>	
밀도	19
분말도(fineness)	20
모르타르 막대의 건조 수축 증가	21-23
안정성	24
모르타르의 기공	25, 26
포틀랜드 시멘트에 대한 강도작용 지수	27~30
수분 요구량	31
알칼리-실리카 반응 제어에 있어서 플라이애쉬 또는 천연 포졸란의 효과	32
내황산염성 향상에 있어서의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 효과	34

<sup>1</sup> 이러한 시험 방법은 콘크리트 및 콘크리트 골재에 대해서는 ASTM C09 위원회의 소관이며, 보충적 시멘트 질 물질에 대해서는 C09.24 분과 위원회에 직접적인 책임이 있다.

현재의 판본은 2013년 2월 1일에 승인되어 2013년 3월에 발간되었으며, 1953년에 최초로 승인되었다. 승인받은 가장 최근의 판본은 2011년의 C311-11b 이다. DOI: 10.1520/C0311-13

1.3 SI 단위 또는 inch-pound 단위로 표시되는 값은 분리해서 표준으로 간주한다. 두 단위로 표시되는 값은 정확하게 동일하지 않을 수 있다. 따라서 두 단위는 독자적으로 사용되어야 한다. 두 단위의 값을 혼동하면 표준을 준수하지 못하는 결과를 초래할 수 있다.

주 1— 체 크기는 규격 D1426에 규정된 표준 호칭으로 식별한다. 괄호 안의 대체 호칭은 참고용일 뿐이며 다른 표준 체 크기를 의미하지 않는다.

1.4 본 표준은 어떤 것이라도, 그 사용에 관련하여 모든 안전 문제를 다룰 목적으로 제정된 것은 아니다. 적절한 안전 습관과 건강 습관을 확립하고 사용 전에 규제 조건과의 부 합성을 결정하는 것은 본 표준 사용자의 책임이다.

1.5 본 표준 참조 주 및 각주의 본문은 설명을 위한 정보를 제공한다. 이러한 주 및 각주(표에 있는 것들은 제외)는 본 표준의 요건으로 간주되어서는 안 된다.

## 2 참조 문서

### 2.1 ASTM 표준<sup>2</sup>

**C 33** Specification for Concrete Aggregates

**C 109/C 109M** Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

**C 114** Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

**C 125** Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

**C 150** Specification for Portland Cement

**C 151** Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement

**C 157/C 157M** Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete **C**

**C185** Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar

**C 188** Test Method for Density of Hydraulic Cement

**C 204** Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus

**C 219** Terminology Relating to Hydraulic Cement

**C 226** Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Hydraulic Cement

**C 227** Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)

**C 430** Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- $\mu$ m (No. 325) Sieve

**C 441** Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction

**C 604** Test Method for True Specific Gravity of Refractory Materials by Gas-Comparison Pycnometer

**C 618** Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

**C 670** Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

**C 778** Specification for Standard Sand

**C 1012** Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution

**C 1437** Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar

**C 1697** Specification for Blended Supplementary Cementitious Materials

**D 1426** Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water

**D 4326** Test Method for Major and Minor Elements in Coal and Coke Ash By X-Ray Fluorescence

**E 11** Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

### 2.2 ACI 문서<sup>3</sup>

**ACI 201.2R** Guide to Durable Concrete

---

<sup>2</sup> 참조된 ASTM 표준에 대해서는 ASTM 웹사이트 [www.astm.org](http://www.astm.org) 를 방문하거나 ASTM 고객 서비스 센터 [service@astm.org](mailto:service@astm.org) 로 연락한다. ASTM 표준 연감 정보에 대해서는 ASTM 웹사이트내의 해당표준 문서요약 (Document Summary) 페이지를 참조한다.

<sup>3</sup> 미국 P.O. Box 9094, Farmington, Hills, MI 48333-9094 (<http://www.aci-int.org>)에 소재한 미국 콘크리트 학회(American Concrete Institute: ACI)에서 입수 가능

### 3 용어

#### 3.1 정의:

3.1.1 이 시험 방법에 사용된 용어의 정의는 용어 C125 및 용어 C219를 참조한다.

#### 3.2 본 표준에 특화된 용어 정의:

3.2.1 복합 시료 (composite sample) - 동일한 분량의 그랩 (grab) 또는 일반 시료를 혼합하여 만든 시료

3.2.2 고정 출처 (established source) - 출처에서 시료로 추출된 것으로, 최소 연속 6개월 이상 새로운 출처에 대해 필요한 시험 빈도로 생산 품질 확인 기록이 가능한 출처를 사용 할 수 있다.

3.2.3 그랩 시료 (grab sample) - 포대 또는 대량 (bulk) 수송으로부터 대량 보관으로 전달되는 컨베이어에서 단일한 조작에 의해 추출된 시료. 이러한 시료는 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 단일 로트에 대한 조성 또는 물성을 반영할 수도 아닐 수도 있다. 이러한 시료 유형은 소량의 재료에 특징을 부여하는 데 사용될 수 있다.

3.2.3.1 논의 (Discussion) - 그랩 시료는 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 채취한 단일 로트의 조성 또는 물리적 특성을 반영하거나 반영하지 않을 수 있다. 이런 유형의 시료는 소량 물질의 특정 파악에 사용할 수 있다.

3.2.4 새로운 출처 (New resource) - 6개월 미만의 생산 기록을 사용할 수 있으며 해당 출처에서 시료가 추출된 출처

3.2.5 일반 시료 (regular sample) - 단일 로트의 재료에서 미리 예정된 시간 또는 위치에서 추출된 동일한 분량의 그랩 시료를 조합하여 만들어진 시료

### 4 의의 및 사용

4.1 이러한 시험 방법은 규격 C 618 또는 규격 C 1697의 요건과 함께 비교 데이터를 구현하는데 사용된다. 이러한 시험 방법은 실험실 내의 표준화된 시험에 근거하며, 작업 조건을 모사하려고 하는 것이 아니다.

4.1.1 강도 작용 지수 (Strength Activity Index) - 강도 작용 지수에 대한 시험은 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란이 콘크리트에서 수경성 시멘트와 함께 사용될 때 허용되는 수준의 강도를 발현시키게 되는지 여부를 측정하는데 사용된다. 시험이 모르타르와 함께 시행되기 때문에, 결과는 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란이 콘크리트에서 강도에 어떤 식으로 기여하는지에 관해 직접적인 상관 관계를 보여주지 않을 수도 있다.

4.1.2 화학 시험 (Chemical Tests) - 화학 성분 측정 및 그 각각에 주어진 제한은 콘크리트에서 수경성 시멘트와 함께 사용될 때의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 성능을 예측하지는 않지만 재료의 조성 및 균일성을 집합적으로 설명하도록 돕는다.

### 5 재료

5.1 등급 표준사 (Graded Standard Sand) - 석회 또는 포틀랜드 시멘트와 함께 사용될 때의 작용 지수에 대해 표본을 시험하는데 사용되는 모래는 규격 C 778의 등급 표준사에 대한 요건과 부합하는 천연 실리카이어야 한다.

주 2- 등급사 (Graded Sand)의 분리- 등급 표준사는 모래 등급 부여 상의 변량이 모르타르 밀도에 있어서의 변량을 야기하므로, 분리를 방지하는 방식으로 취급해야 한다. 보관소 또는 포대를 비울 때, 거친 입자들이 경사진 곳의 아래쪽으로 굴러 내려갈 것이므로, 모래에 모래 둔덕 또는 구멍 (craters)이 형성되는 것을 막기 위해 주의해야 한다. 보관소는 이러한 주의 사항을 실천

하기에 충분한 크기여야 한다. 중력을 이용해 보관소에서 모래를 추출하는 장치가 사용되어서는 안 된다.

5.2 수경성 석회(Hydrated Lime)- 시험에서 사용되는 수경성 석회는 최소 95 %로 계산된  $\text{Ca(OH)}_2$ 의 시약 등급 수산화칼슘이어야 하며(주 2), 최소 분말도가 시험 방법 C 204에 따라 측정된 바  $2500 \text{ m}^2/\text{kg}$ 이어야 한다.

주 3- 수산화칼슘은 이산화탄소에의 노출로부터 보호되어야 한다. 시험 후에 개봉된 용기 안에 남아있는 재료는 그 이후의 시험에 사용되어서는 안 된다.

5.3 포틀랜드 시멘트(Portland Cement)- 포틀랜드 시멘트를 이용한 강도 작용 지수 시험에 사용되는 포틀랜드 시멘트는 규격 C150의 요건과 부합해야 하며, 최소 압축 강도가 28일에 35 MPa (5000 psi) 이어야 하고, 전체 알칼리( $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$ )가 0.50 % 이상 0.80 % 이하이어야 한다.

5.3.1 재료 항목의 요건으로부터의 변량이 보고될 경우 및 해당되는 포틀랜드 시멘트가 요청될 경우, 강도 작용 지수에서 국지적으로 사용할 수 있는 포틀랜드 시멘트 또는 재료 항목의 요건을 충족시키지 않는 시범적(프로젝트) 시멘트의 이용이 허용된다.

## 6 시료 유형 및 크기

6.1 그랩 시료 및 일반 시료는 최소 질량이 2 kg(4 lb) 이어야 한다.

6.2 일정한 시간에 걸쳐 이미 규정된 간격으로 채취된(표 1 참조) 그랩 시료 또는 일반 시료는 해당 기간에 생산된 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 대표하는 복합 시료를 형성하기 위해 조합될 수 있다.

6.3 복합 시료는 최소 질량이 4 kg(8 lb) 이어야 한다.

6.4 시료 채취는 구매자의 책임 대표자에 의하거나 또는 그의 지시 하에 이루어져야 한다.

표 1. 최소 시료 채취 및 시험 빈도 <sup>A</sup>

시험	시료 유형	작업 현장 및 새로운 출처 <sup>B</sup>	고정 출처 <sup>B</sup>
수분 함량	일반	매일 또는 매번	매일 또는 매번
강열 감량		90 Mg <sup>C</sup>	360 Mg <sup>C</sup>
분말도		(100톤)	(400톤)
밀도 및 규격 C 618, 표 1 및 2에 있는 기타 시험	복합	매달 또는 매번 1 800 Mg <sup>C</sup> (2 000톤)	매달 또는 매번 2 900 Mg <sup>C</sup> (3 200톤)

<sup>A</sup> 표 1에 제시된 최소 시험 빈도가 반드시 일부 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란에 대한 품질 관리 프로그램에 필요한 빈도는 아니라는 것을 주지해야 한다.

<sup>B</sup> 정의에 대해서는 용어 항목 참조

<sup>C</sup> 어느 것이든 먼저 발생하는 것

## 7 시료 채취 절차

7.1 플라이애쉬 또는 천연 포졸란은 다음 방법 중 하나를 통하여 시료로 추출될 수 있다.

7.1.1 방출 지점에서의 대량 보관으로부터 또는 철도 차량 및 탱크 트럭으로부터- 시료는 적재 시에 사이펀 관으로 추출되거나 또는 각각의 적재 차량 또는 트럭으로부터 시료 채취관을 이용해 채취할 수 있다. 적재량이 철도 차량 또는 트럭으로 방출되는 지점에서 시료로 채취될 경우, 시료 채취 전에 최소 200 mm (8 in.)의 상단 표면이 제거되어야 한다. 시료는 최소한 일자 및 운송 번호가 확인되어야 한다.



7.1.2 보관 시의 포대로부터- 일반 시료는 포대에 담긴 재료의 하나의 로트에서 임의로 선택된 3개의 포대로부터 시료 채취관으로 추출하여 동일한 크기 증가가 이루어져야 한다. 시료는 일자 및 로트 번호가 확인되어야 한다.

7.1.3 대량 보관으로 운반되는 컨베이어로부터- 컨베이어 벨트 위로 지나가는 재료 중 2 kg (4 lb) 이상의 하나의 시료를 채취한다. 이는 그랩 시료 방법이라고 알려진 바, 한번의 작업에서 전체 시험 시료를 채취하거나 일반 시료 방법이라고 알려진 바, 일정한 간격으로 채취한 몇 개의 동일한 분량을 조합하여 확보할 수 있다. 시료를 얻기 위해 자동 시료 채취기가 사용될 수 있다.

7.2 시료는 항목 8에 서술된 대로 처리되어야 한다.

주 4- 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 적재 또는 배달하는 몇몇 방법, 특히나 기류 (airstream) 또는 컨베이어 벨트로부터 적재, 배달하는 방법은 재료의 흐름에 계층화 또는 분리를 일으킬 수 있다. 시료 채취 기법은 시료가 운송되는 재료를 대표한다는 것을 보장하도록 고안되어야 한다.

## 8 시료 준비 및 보관

8.1 항목 9에서 요구되는 시험을 위해, 모든 그랩 또는 일반 시료를 시료에 의해 대표될 기간 또는 양을 포함하는 그룹으로 배치하여 복합 시료를 준비한다. 각각으로부터 요구되는 시험에 대해 충분히 커다란 복합 시료를 생산하기에 충분한, 동일한 분량을 채취한다. 복합 시료를 완전히 혼합시킨다.

8.2 시료는 출처 및 로트 또는 대표되는 시간이 확인되어 표시된, 깨끗한 기밀 용기에 보관되어야 한다. 시험하지 않은 시료 분량은 모든 시험 결과가 보고된 지 최소 1개월 후까지 유지되어야 한다.

## 9 시험 빈도

9.1 일반- 필요할 경우, 구매자는 사용 가능한 알칼리, 시멘트 알칼리와의 반응성, 건조 수축, 공기 혼입에 대한 시험량을 규정해야 한다. 표 1에 규정된 대로 일반 또는 복합 시료에 대한 다른 모든 시험을 실시한다.

## 화학 분석

### 10 일반

10.1 모든 장치, 시약 및 기법은 시험 방법 C 114의 요건과 부합해야 한다.

10.2 물 순도- 별도의 지시가 없는 한, 물에 대한 언급은 증류수 또는 동일한 순도의 물을 뜻하는 것으로 이해되어야 한다.

## 수분 함량

### 11 절차

11.1 중량을 측정된 시료를 수령한 상태 그대로  $110 \pm 5$  °C [ $230 \pm 10$  °F]의 오븐에서 일정한 중량이 될 때까지 건조시킨다.

### 12 계산

12.1 수분율을 다음과 같이 0.1 %의 정밀도로 계산한다.

수분 함량, % = (A/B) X 100 (1)  
여기에서: A = 건조 도중의 질량 손실 B = 건조 전 시료의 질량

## 강열 감량

### 13. 절차

13.1 수분 함량 측정에서 남은 재료가 뚜껑이 덮이지 않고, 백금이 아닌, 750±50 °C의 도자기 도가니에서 일정한 질량이 될 때까지 연소되어야 한다는 것을 제외하고는, 시험 방법 C 114에 나온 절차에 따라 강열 감량을 측정한다.

### 14. 계산

14.1 강열 감량을 다음과 같이 0.1의 정밀도로 계산한다.

$$\text{강열 감량, \%} = (A/B) \times 100 \quad (2)$$

여기에서:

A = 110 ~ 750 °C에서의 질량 손실

B = 사용된 무수분 시료의 질량

## 이산화 규소, 산화 알루미늄, 산화 철, 산화 칼슘, 산화 마그네슘, 삼산화황, 산화 나트륨 및 산화 칼륨

### 15. 절차

15.1 불용해성 잔여물이 1 % 보다 많은 물질에 대해 시험 방법 C 114의 해당되는 항목에 따라 필요한 이러한 산화물의 백분율을 측정한다. (주 4) 산화 나트륨 및 산화 칼륨 측정을 실시하는 분석자는 성능 규격 C 114의 해당 항목에 나온 주의 사항을 준수해야 한다.(시험 방법에 대한 항목 참조) 대부분의 포졸란은 리튬 붕산염 용제(lithium borate fluxes)에서 용해된다.

주 4- 시험 방법 C 114 및 D 4326에 나온 것과 유사한 급속 기구 방법이 사용될 수 있다.

## 이용가능한 알칼리

### 16. 절차

16.1 시료 5.0 g 과 수경석 석회 2.0 g 중량을 중량 측정 종이 위에서 측정하고, 금속 주걱을 이용하여 조심스럽게 혼합한 후, 대략 25 mL 용량의 소형 플라스틱 병으로 옮긴다. 이 혼합물에 10.0 mL 의 물을 첨가하고 뚜껑 또는 마개를 닫고 테이프를 이용해 병을 봉한 후 (주 5), 혼합물이 균질해질 때까지 흔들어서 섞고 38±2 °C에서 보관한다.

주 6- 반죽에서 수분 손실이 발생하지 않는다는 것을 보장하기 위해, 봉합된 병을 (소형 시료 또는 식품 보존용 유리병 같은) 봉합이 가능한 용기에 넣고 용기의 바닥을 덮을 정도의 충분한 물을 첨가한 후 봉한다.

16.2 제28일에 병을 열고 내용물을 250 mL의 캐서롤로 옮긴다. 필요할 경우, 소량의 물을 첨가하면서 단단한 침전물을 막자로 깨고 갈아서 덩어리가 없는 균일한 슬러리를 얻는다.(주 6) 총 부피를 200 mL로 만들기 위해 충분한 양의 물을 첨가한다. 실온에서 자주 섞어주면서 1시간 동안 놓아 둔다. 중간 짜임의 여과지를 통해 500 mL 부피 플라스크에 여과시킨다. 뜨거운 물로 완전히 씻어낸다. (8 번~10번)

주 6- 때때로 병을 깨고 고체 침전물에서 플라스틱을 벗겨야 할 수도 있다. 그러한 경우에는, 재료의 손실을 막고 병 조각에서 모든 고체 물질을 제거하기 위해 주의를 기울여야 한다. 침전물이

너무 단단해서 병 안에서 깨거나 갈 수 없을 경우, 모르타르가 사용되어야 한다.

16.3 희석한 HCl (1 + 3)과 함께 반응 지시약으로 한 두 방울의 페놀프탈레인 용액을 이용하여 여과물을 중화시킨다. 정확하게 5 mL의 희석한 HCl (1 + 3)을 더 추가한다. 용액을 실온으로 냉각시키고 표시가 있는 부분까지 증류수로 플라스크를 채운다. 1리터의 표준 용액 당 염화 칼슘 (CaCl<sub>2</sub>) 저장 용액 8 mL를 포함하기 위해 표준 용액이 만들어져야 하고, 준비된 용액이 시멘트 용액 대신에 사용되어야 한다는 점을 제외하고는, 시험 방법 C 114 에 서술된 불꽃 광도 검출 절차를 이용하여 용액 내의 산화 나트륨 및 산화 칼륨의 양을 측정한다.

주 7- 8 mL 의 염화 칼슘 (CaCl<sub>2</sub>) 저장 용액으로 만들어진 표준 용액은 504 ppm 의 CaO를 포함한다. 이러한 분량은 시험액에 용해된 칼슘의 양을 아주 근사치로 어렵잡는다는 것이 시험을 통해 드러났다.

## 17. 계산 및 보고서

17.1 결과를 원래 시료 물질의 중량비로 계산한다. 다음과 같이 계산된 산화 나트륨(Na<sub>2</sub>O)을 등가 백분율로 보고한다.

$$\text{등가의 Na}_2\text{O, \%} = \text{Na}_2\text{O, \%} + 0.658 \times \text{K}_2\text{O, \%} \quad (3)$$

## 암모니아

### 18. 절차

18.1 플라이 애쉬 시료 1.00 g의 중량을 측정하여 125 mL의 삼각 플라스크에 넣는다. 100 mL의 암모니아가 없는 물을 첨가한다. 플라스크 위에 네오프렌 고무 마개를 씌우고 시료와 물을 완전히 혼합하기 위해 내용물을 휘젓는다.

18.2 중간 짜임새의 여과지를 이용하여 혼합물을 여과하고, 암모니아 측정을 위해 여과물을 남겨둔다.

18.3 여과물 내의 암모니아의 농도를 시험 방법 D 1426의 방법 A- 직접 네슬레법 시행 또는 방법 B- 선택적 이온 전극에 나온 절차에 따라 측정한다.

18.4 플라이 애쉬의 암모니아 농도를 다음과 같이 계산한다.

$$\text{암모니아, mg/kg} = N_w \times V_w / W_{fa} \quad (4)$$

여기에서:

N<sub>w</sub> = 시험 방법 D 1426 에 의해 측정된 물 추출물의 암모니아 농도, mg/L

V<sub>w</sub> = 플라이 애쉬 시료에서 암모니아를 추출하는데 사용된 물의 부피, mL

W<sub>fa</sub> = 시험에서 사용된 플라이 애쉬 시료의 질량, g

## 물리적 시험

### 밀도

### 19. 절차

19.1 시료의 밀도는 다음과 같이 변경하는 시험 방법 C188 또는 시험 방법 C604에 설명된 절차에 따라 측정한다.

19.2 시험 방법 C 188의 경우, 0.05 g까지 정확히 단 약 50 g의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을

사용한다는 점을 제외하고 규정된 절차를 따른다.

19.3 시험 방법 C 604의 경우 시험 장치에 적절한 시료의 양을 사용한다.

19.3.1 시료의 밀도는 수령한 상태 그대로 측정한다. 시료는 시험 방법 C 604의 항목 6에 따라 준비하지 않는다.

19.4 밀도 값의 최종 보고서에는 밀도 측정에 사용한 시험 방법을 명시한다.

## 분말도(fineness), 45- $\mu\text{m}$ (NO. 325) 체로 습식 체가름시 유지된 양

### 20. 절차

20.1 45- $\mu\text{m}$  (325 번) 체로 습식 체가름을 했을 때 남아있는 시료의 양을 다음을 제외하고는 시험 방법 C 430 에 따라 측정한다.

20.1.1 시멘트 표준 (SRM 114)을 이용하여 45- $\mu\text{m}$  (325 번) 체를 보정한다 다음과 같이 체 보정 계수를 계산한다.

$$CF = \text{std} - \text{obs} \quad (5)$$

여기에서:

CF = 체 보정 계수, % (적합할 경우 마이너스 부호 포함 )

std = SRM에 대해 인증된 잔여 값, %

obs = SRM에 대해 관찰된 잔여 값, %

20.1.2 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 분말도를 다음과 같이 0.1 % 의 정밀도로 계산한다.

$$RC = RS + CF \quad (6)$$

여기에서:

RC = 보정된 체 잔여물, %

RS = 시험 시료에 대해 관찰된 잔여물, %

CF = 체 보정 계수, %

시험 시료에 대해 유지된 잔여물이 0과 같을 경우 ( $RS = 0$ )에는, 보정된 체 잔여물을 계산하기 위해 시험 결과에 체 보정 계수를 추가해서는 안 된다. 그러한 경우, 보정된 분말도는 0으로 보고해야 한다.

주 8- 플라이 애쉬 분말도 시험을 위해 시험 방법 C 430 이 채택되었다. 하지만 체의 세정, 시험 결과의 해석과 같은 특정한 요건은 때때로 플라이 애쉬에 적합하지 않다.

### 20.2 분말도 체의 보정을 위한 수리적 예시 및 보정된 분말도 계산하기

20.2.1 분말도 체의 보정 (NIST 표준 참조 물질 SRM 114p 가 본 예시에 사용되었다.):

45- $\mu\text{m}$  체에 남아 있는 인증된 잔여물 = 8.24 % (표준 인증서에서 획득)

45- $\mu\text{m}$  체에 남아 있는 측정된 잔여물 = 7.12 % (실험실 측정)

보정 계수 (CF) = 표준 값 (std) - 관찰값 (obs)

20.2.2 보정된 체에 대한 보정된 분말도 값 계산 (플라이 애쉬 A가 본 예시에 사용되었다.):

체에 남아 있는 플라이 애쉬 A의 양 :  $Rs = 15.2$  % (시료 질량의 %로 표시)

플라이 애쉬 A에 대한 보정된 체 잔여물 :  $Rc = Rs + CF = 15.2 + 1.12 = 16.3$  %

## 모르타르 막대의 건조 수축 증가

### 21. 시험 표본

21.1 대조 혼합물 및 시험 혼합물 두가지 모두로부터 다음의 비율을 이용하여 3개의 모르타르 막대를 성형한다는 점을 제외하고, 시험 방법 C 157/C 157M 에 서술된 절차에 따라 시험 표본을 준비한다.

	대조 혼합물	시험 혼합물
포틀랜드 시멘트, g	500	500
플라이 애쉬 또는 천연 포졸란, g	없음	125
등급 표준사, g	1 375	1 250
물	100 ~ 115 %의 유동율 생성에 충분한 양	

### 22. 절차

22.1 (형재 내에서의 기간을 포함한) 수분 양생 기간이 7일이어야 하고, 24±1/2시간에서의 비교 측정치가 생략되어야 한다는 점을 제외하고 시험 방법 C 157/C 157M 에 따라 시험 표본을 양생 시키고 측정한다. 수분 양생 7일간의 기간이 끝날 때 비교 측정을 실시한 직 후, 표본을 시험 방법 C 157/C 157M에 따라 보관하고, 공기 중에서 보관한 지 28일 후, 시험 방법 C 157/C 157M 에 따라 표본에 대해 비교 측정을 실시한다.

### 23. 계산 및 보고서

23.1 모르타르 막대의 건조 수축 증가량  $S_i$ 를 다음과 같이 계산한다.

$$S_i = S_t - S_c \quad (7)$$

여기에서:

$S_t$  = 다음과 같이 계산된 시험 표본의 건조 수축량 평균

$S_c$  = 다음과 같이 계산된 대조 표본의 건조 수축량 평균

$$S = \frac{[\text{최초의 CRD} - \text{CRD}] \times 100}{G} \quad (8)$$

여기에서:

$S$  = 시험 또는 대조 표본의 건조 수축, %

최초의 CRD = 7일의 수분 양생 후 표본 및 참조 막대의 비교 측정치 사이의 차이

CRD = 28일의 건조 후 표본 및 참조 막대의 비교 측정치 사이의 차이

$G$  = 250 mm (10 in.) 표본의 표선 길이

23.2 결과를 0.01 에 가장 가깝게 보고한다. 대조 표본의 평균 건조 수축이 시험 표본의 건조 수축 평균보다 클 경우, 보고된 모르타르 막대의 건조 수축 증가분의 앞에 마이너스 부호를 붙인다.

## 안정성(Soundness)

### 24. 절차

24.1 표본이 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란 중량비 25와 규격 C 150 과 부합하는 포틀랜드 시멘트 중량비 100으로 구성된 반죽으로 성형되어야 한다는 것을 제외하고, 시험 방법 C 151 에 따라 안정성 시험을 실시한다.

## 모르타르의 기공

### 25. 절차

25.1 규격 C 150의 유형 I 또는 유형 II에 부합하는 포틀랜드 시멘트를 이용하여, 다음의 비율로 시험 방법 C 185에 따라 시험 혼합물을 준비한다.

	시험 혼합물
포틀랜드 시멘트, g	300
플라이 애쉬 또는 천연 포졸란	75
20-30 표준 모래, g	1 125
물, mL, 80~95의 유동성을 내기에 충분한 것	Y
중화된 빈졸(Vinsol) 레진 용액, mL, <sup>A</sup> 18±3%의 공기 함량을 생성시키기에 충분한 것	Z

<sup>A</sup> 사용된 빈졸 레진 용액의 양은 혼합용 물의 일부로 간주되어야 한다.

25.2 모르타르의 공기 혼입이라는 본 항목에 사용된 중화된 빈졸 레진 용액은 상업적으로 중화된 빈졸 레진 용액이거나 또는 규격 C 226 에 따라 준비된 중화된 빈졸 레진 용액이어야 한다. 이러한 용액 중 하나를 희석해야 할 경우, 증류수 또는 탈염수를 사용한다.(주 9)

주 9- 음용수에 용해된 미네랄은 빈졸 레진 용액을 침전시킬 수 있으며, 그 공기 혼입 특성을 크게 감소시킬 수 있다.

25.3 공기 함량을 첫번째 혼합물에서 15~18 %, 두번째 혼합물에서 18~21 % 로 생성시키기에 충분한 양의 중화된 빈졸 레진으로 2개의 시험 혼합물을 준비한다. 그후, 보간법으로 18 %의 공기 함량을 생성시키는 데 필요한 빈졸 레진의 양을 측정하여 시멘트의 중량 백분율로 표시한다.

### 26. 계산

26.1 시험 혼합물의 공기 함량을 다음과 같이 계산한다.

$$\text{공기 함량, 부피 \%} = 100[1 - (W_a/W_c)] \quad (9)$$

$$W_a = W/400 \quad (10)$$

$$W_c = \frac{300 + 1125 + 75 + (300 \times P \times 0.01)}{\left( \frac{(300)}{3.15} + \frac{(1125)}{2.65} + \frac{(75)}{D} + \frac{(300 \times P \times 0.01)}{1} \right)} \quad (11)$$

여기에서:

W<sub>a</sub> = 시험 방법 C 185 에 따라 측정된 모르타르 부피 단위 당 실제 중량, g/mL

W = 규정된 400 mL 의 모르타르의 중량 (시험 방법 C 185 참조), g

W<sub>c</sub> = 부피 단위 당 이론상 중량, 공기가 없는 것을 기초로 계산하고 혼합물 내의 밀도 및 양에 대한 값을 이용한 것, g/mL

P = 시멘트의 중량에 근거하여 혼합용 물에 빈졸 레진 용액을 더한 것의 백분율

D = 혼합물 내의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 밀도, Mg/m<sup>3</sup>

## 포틀랜드 시멘트에 대한 강도 작용 지수

### 27. 표본

27.1 대조 혼합물 및 시험 혼합물로부터 시험 방법 C 109/C 109M 에 따라 표본을 성형한다. 강도 작용 지수 시험에 사용되는 포틀랜드 시멘트는 규격 C 150 의 요건 및 재료 항목에 제시된 알칼리와 강도 제한과 부합해야 한다. 시험 혼합물에서, 대조 혼합물에 사용된 시멘트 양의 질량의 20 % 를 동일한 질량의 시험 시료로 대체한다. 다음과 같이 정육면체 배치를 만든다.

27.1.1 대조 혼합물: 포틀랜드 시멘트 500 g 등급 표준사 1 375 g 물 242 mL

27.1.2 시험 혼합물 : 포틀랜드 시멘트 400 g 시험 시료 100 g 등급 표준사 1 375 g 대조 혼합물에서 ± 5의 유출량에 대해 요구되는 물 mL

27.2 표본 개수 :

27.2.1 규격 C 618 이 “7일 또는 28일의 강도 작용 지수를 만족시키는 것은 규격과의 부합성을 나타낼 것이다”라고 규정하고 있으므로, 오직 하나의 기간만 필요할 수 있다. 정육면체의 배치를 준비한 후 생산자 또는 사용자의 선택에 있어 오직 3개의 대조 및 시험 혼합물 입방체만이 7일 또는 28일 시험을 위해 성형되어야 한다.

## 28. 표본 보관

28.1 성형 후에, 표본 및 형재를 23.0±2.0 °C (73.4±3 °F)의 습윤실 또는 벽장 (바닥판 위)에 20~24시간 동안 넣어둔다. 습윤실 또는 벽장 안에 있을 동안, 표본에 물이 떨어지지 않도록 보호한다. 습윤실 또는 벽장에서 형재를 제거하고 형재에서 입방체를 제거한다. 입방체를 시험 방법 C 109/C 109M 에 규정된 대로 포화된 석회수에 넣고 보관한다.

주 11- 양생실에서 계층화 부분 또는 온도에 있어서의 변량의 이질적 부분 (pocket)이 없다고 보장하기 위해 주의한다.

## 29. 압축 강도 시험

29.1 시험 방법 C 109/C 109M 에 규정된 대로 3가지 대조 혼합물 표본과 3가지 시험 혼합물 표본을 7일령 또는 28일령 또는 두가지 모두에서 표본 개수에 대한 항목에서 규정된 대로 얼마나 많은 표본이 성형되었는지에 따라 압축 강도를 측정한다.

## 30. 계산

30.1 포틀랜드 시멘트와 함께 사용될 때의 강도 작용 지수를 다음과 같이 계산한다.

$$\text{포틀랜드 시멘트와의 강도 작용 지수} = (A/B) \times 100 \quad (11)$$

여기에서:

A = 시험 혼합물 입방체의 평균 압축 강도, MPa (psi)

B = 대조 혼합물 입방체의 평균 압축 강도, MPa (psi)

## 수분 필요량

## 31. 계산

31.1 포틀랜드 시멘트와 함께 사용될 때의 강도 작용 지수에 대한 수분 요건을 다음과 같이 계산한다.

$$\text{수분 필요량, 대조물 백분율} = (Y/242 \times 100) \quad (12)$$

여기에서:

Y = 시험 혼합물이 대조 유출량의 ± 5가 되는데 필요한 물

## 알칼리-실리카 반응 제어에 있어서의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 효과 (추록 X1 참조)

## 32. 절차

32.1 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란으로 만들어진 모르타르 및 시험 시멘트의 팽창을 시험 방법 C 441 에 따라 다음의 단락에서 수정된 대로 저 알칼리 시멘트로 만들어진 모르타르의 팽창율로

측정한다.

**32.1.1 대조 혼합물-** 대조 혼합물은 대조 시멘트의 알칼리 함량 (등가의  $\text{Na}_2\text{O}$ )이 0.60 % 미만이어야 한다는 점을 제외하고는 시험 방법 C 441 에서 요구하는 대로 만들어질 것이다. (주 12)

주 12- 일반적으로, 대조 시멘트는 알칼리 함량이  $\text{Na}_2\text{O}$ 의 등가물로서 0.50~0.60 % 이어야 한다. 하지만, 원한다면 등가성을 입증하기 위해 저 알칼리 대조 시멘트가 사용될 수 있다.

**32.1.2 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 사용한 시험 혼합물-** 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 혼합한 양은 총 400 g (추록 X1 참조)이어야 한다. 시험 방법 C 1437 에 따라 측정된 대로 100~115 % 의 유출량을 생성시키기 위해 900 g 의 붕규산 유리 골재 및 충분한 혼합용 물을 사용한다. 시험용 혼합물에 사용된 시멘트는 대조 혼합물의 시멘트보다 알칼리 함량이 높아야 한다. (주 13)

주 13- 일반적으로, 본 시험 시멘트는 현장에서 사용되는 것과 같거나 또는 더 높은 알칼리 함량을 가질 것이다.

**32.1.3 시험 방법 C 227** 에서 요구되는 대로 표본을 보관하고 측정한다. 1일령 및 14일령에서 표본의 길이를 측정한다.

### 33. 보고서

**33.1** 각각의 시험 혼합물에 대한 보고서에 아래와 같이 이루어진 비교 사항을 포함시킨다;

**33.1.1** 14일령에서의 대조 혼합물의 백분율로써 시험 혼합물의 14일 팽창율

**33.1.2** 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 식별 및 화학 분석

**33.1.3** 시험 혼합물 내에서 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 더한 총 질량에 근거한 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 질량 백분율

**33.1.4** 등가의 알칼리( $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$ )로써 대조 및 시험 혼합물 시멘트의 알칼리 함량

## 내황산염성 기여에 있어서의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 효과

### 34. 절차

**34.1** 모르타르 막대의 길이 변화를 절대 팽창 한계로 비교하거나 또는 시험 방법 C 1012 에 따라 다음의 단락에서 수정된 대로, 대조 시멘트로 만들어진 모르타르 막대의 길이 변화를 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란, 시험용 시멘트로 만들어진 모르타르 막대의 길이 변화와 비교한다. 결과는 규격 C 618 의표 2A의 절대 한계 (절차 A) 또는 상대 팽창 한계 (절차 B)를 이용하여 평가되어야 한다.

**34.2** 절차 A를 이용한 대조 혼합물- 절차 A를 이용하여 측정된 성능은 시험 혼합물의 최대 팽창에 근거한 것이므로, 대조 혼합물은 강제적인 것은 아니다. 대조 혼합물이 절차 A로 만들어졌을 경우, 이를 규격 C 150 의 유형 II 또는 유형 V의 요건에 부합하는 시멘트를 사용하여 시험 방법 C 1012 에서 요구되는 대로 배분한다.

**34.3** 절차 A에 대해 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 사용한 시험 혼합물- 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 더한 복합된 양을 시험 방법 C 1012 의 모르타르 제작 항목에서 서술된 대조 혼합물의 총 시멘트 함량과 동일한 질량으로 만든다. 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 비율은 전체 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 더한 질량의 15 % ~ 50 % 까지 달라질 수 있다. 시험 혼합물을 준비하는 데 어떤 유형의 포틀랜드 시멘트라도 사용될 수 있다.

**34.4** 절차 B에 대한 대조 혼합물- 시험 방법 C 1012 에서 요구되는 대로 절차 B를 위한 대조 혼합물을 해당 프로젝트에 사용하기 위해 제시된 시멘트 또는 성능 또는 정의 (규격 C 150의 항목 1)를 통해 만족스러운 결과를 도출하리라고 예상되는 시멘트 (또는 내황산 염성에의 기여가 알려져 있으며 그것이 만족스러운 시멘트)로 만든다.

주 14- 대조 시멘트는 예상되는 황산염 노출 수준에 대해 내황산염성을 보이는 것으로 선택되어



야 한다. 유형 II 시멘트는 종종 적당한 노출 수준에서 사용된다는 것이 경험을 통해 드러났다. 유형 V 시멘트는 심한 노출에 보편적으로 사용된다.(추록 X2의 X2.2 참조)

**34.5** 절차 B에 대해 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 사용하기 위한 시험 혼합물- 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 더한 복합된 양을 대조 혼합물에 사용된 총 시멘트 함량과 동일한 질량으로 만든다. 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 비율은 전체 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 더한 질량의 15% ~ 50% 까지 달라질 수 있다. 시험 혼합물을 준비하는 데 어떤 유형의 포틀랜드 시멘트라도 사용될 수 있다.

**34.6** 절차 A 또는 B의 경우, 최소 6개월 동안 시험 방법 C 1012 에서 요구하는 대로 표본을 보관하고 측정한다.

주 15- 특정한 상황 또는 결정적인 구조에서 사용되기 위한 시멘트질 물질의 내황산염성 평가는 더 오랜 기간의 보관 및 추가적인 길이 측정을 요구할 수 있다. 이 문제에 대한 지침에 대해서는 시험 방법 C 1012를 참조하라.

## **35. 보고서**

**35.1** 시험 방법 C 1012 에서 요구되는 정보에 추가로, 이루어진 각각의 혼합물 비교에 대해 다음의 정보를 보고한다.

**35.2** 절차 A의 경우, 시령 및 규정된 양으로써의 팽창

**35.3** 절차 B의 경우, 시령 및 해당 시령에서의 대조 혼합물의 백분율으로써의 팽창

**35.4** 대조/시험 혼합물에 사용된 시멘트의 확인 및  $C_3A$  함량을 포함한 화학 분석

**35.5** 시험 혼합물에 사용된 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 확인 및 화학 분석

**35.6** 시험 혼합물 내의 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 더한 총 질량에 근거한 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 질량 백분율

## **36. 정밀도 및 바이어스**

**36.1** 강도 작용 지수 시험 :

**36.1.1** 정밀도는 2가지 등급 C 플라이 애쉬, 2가지 등급 F 플라이 애쉬 및 하나의 등급 N 포졸란을 이용한 2가지 실험실간 연구로부터 측정되었다. 참가 실험실은 2가지 연구에서 12개소와 7개소였다.<sup>4</sup>

**36.1.2** 강도 작용 지수 시험에 대한 단일 작업자 표준 편차는 3.7% (1s) 로 밝혀졌다. 이는 7 또는 28일령의 범위에 있어 재료 또는 시험 시령에 따라 변동하는 것으로 보이지 않는다. 그러므로, 동일한 물질에 대해 동일한 작업자에 의해 적절히 실시된 2개의 시험 결과는 2가지 결과 평균의 10.5% (d2s) 이상 차이가 나서는 안다.

**36.1.3** 강도 작용 지수 시험에 대한 다중 실험실 표준 편차는 4.5% (1s) 로 밝혀졌다. 이는 7 또는 28일령의 범위에 있어 재료 또는 시험 시령에 따라 변동하는 것으로 보이지 않는다. 그러므로, 동일한 물질에 대해 서로 다른 실험실에서 적절히 실시된 2개의 시험 결과는 2가지 결과 평균의 12.7% (d2s) 이상 차이가 나서는 안 된다.

---

<sup>4</sup> 보충 데이터는 ASTM International 본부에 등록되어 있으며 연구 보고서 RR: C09-1001을 요청하여 입수할 수 있다.

36.1.4 이러한 절차에 대한 바이어스 측정에 적합한 허용된 참조 물질이 없으므로, 바이어스에 대한 설명은 이루어지지 않는다.

**36.2 화학 분석 :**

36.2.1 포졸란 분석에 적용될 경우, C 114 에서의 시험 방법에 대한 정밀도 및 바이어스 추정치는 7개의 실험실이 참여하여 각각 4가지 NIST SRM 플라이 애쉬를 분석한 실험실간 연구로부터 계산된다. 본 연구의 결과를 설명한 연구 보고서는 ASTM에서 구입할 수 있다.<sup>5</sup>

36.2.2 정밀도- 실험실 내 (W/L) 및 실험실 간 (B/L) 표준 편차 추정치 및 반복 측정에서 예상되는 95 % 비교<sup>6</sup>에서의 최대차 추정치 6는표 2에 요약되어 있다.

36.2.3 바이어스- CaO 및 MgO 측정에서 통계적으로 유의한 바이어스가 발견되었다. CaO 측정값은 평균이 SRM에 대해 인증된 값보다 0.46 % 높다. MgO 측정값은 평균이 SRM에 대해 인증된 값보다 0.19 % 높다.

표 2. 플라이 애쉬 분석에 적용된 C 114 방법에 대한 실험실 내 및 실험실 간 정밀도 추정치

산화물	1s		d2s	
	W/L	B/L	W/L	B/L
SiO <sub>2</sub>	0.62	0.86	1.75	2.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.46	2.29	4.12	6.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
<2 %	0.12	0.11	0.34	0.31
≥2 %	0.12	0.25	0.34	0.71
CaO	0.63	0.74	1.79	2.09
MgO	0.20	0.21	0.55	0.61
SO <sub>3</sub>	0.10	0.16	0.28	0.45
수분	0.05	0.06	0.15	0.17
LOI(강열 감량)	0.09	0.12	0.25	0.35

<sup>A</sup> SO<sub>3</sub>에 대한 4가지 값은 본 표준과 연계하여 갱신된 연구 보고서를 반영하기 위해 편집상 수정되었다.

**36.3 암모니아:**

36.3.1 방법 A (직접 네슬러화)의 정밀도- 단일 실험실 변동 계수 (반복성 )는 9.2 % (1s %) 인 것으로 밝혀졌다. 본 시험 방법의 재현성은 측정 중이다.

36.3.2 방법 B (선택적 이온 전극)의 정밀도- 단일 실험실 변동 계수 (반복성 )는 7.4 % (1s %)인 것으로 밝혀졌다. 본 시험 방법의 재현성은 측정 중이다.

36.3.3 바이어스- 이러한 절차에 대한 바이어스 측정에 적합한 허용된 참조 물질이 없으므로, 바이어스에 대한 설명은 이루어지지 않는다.

**37. 핵심어**

37.1 플라이 애쉬 (fly ash), 천연 포졸란 (natural pozzolan)

<sup>5</sup> 보충 데이터는 ASTM International 본부에 등록되어 있으며 연구 보고서 RR: C09-1008을 요청하여 입수할 수 있다.

<sup>6</sup> 이러한 값들은 각각 실습 C 670 에 서술된 (1s) 및 (d2s) 제한을 나타낸다.

## 추록 (참고 사항)

### X1. 항목 32에 대한 의견

X1.1 항목 32의 시험 절차는 포틀랜드 시멘트 혼합물 내의 특정한 골재와 알칼리 사이의 반응으로 인해 생성된 과도한 팽창을 방지하는 데 있어 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 효율을 측정하기 위해 고안된 것이다. 시험은 다음을 이용하여 시험 방법 C 441 에 따라 이루어진다.

X1.1.1 포틀랜드 시멘트 400 g 또는 시멘트에 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 섞은 총량 400 g

X1.1.2 붕규산 유리 900 g X1.1.3 100~115 %의 유출량을 얻기에 충분한 양의 물

X1.2 대조 혼합물은 저 알칼리 포틀랜드 시멘트로 만들어진다. 시험 비율의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란으로 만들어진 시험 혼합물은 동일한 시멘트 또는 0.60 % 를 초과하는 등가의 알칼리를 가진 모든 다른 시멘트로 만들어질 수 있다.

X1.3 결과 해석- 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란은 시험 혼합물에서 사용되는 시멘트의 알칼리 함량의 0.05 % 포인트를 초과하지 않는 알칼리 함량의 시멘트와 함께 시험 혼합 물에서 사용되는 비율과 같거나 그보다 높은 비율로 사용될 경우, “효과적인” 것으로 간주되어야 한다.

X1.4 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란 백분율의 선택- “대조” 저 알칼리 시멘트에 의해 생성되는 수준까지 팽창을 감소시키는데 “효과적인” 것으로 간주되는 데 필요한 최소량을 측정하기 위해 몇 가지 비율의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란으로 시험 혼합물을 만들어야 할 수도 있다. 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 최소량은 시멘트질 물질의 질량의 15 %이어야 한다.

X1.5 시험 혼합물에 사용되는 시멘트의 알칼리 함량 선택- 몇몇 경우에, 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란이 팽창을 감소시킬 것이라는 것을 입증할 필요가 없을 수도 있으며, 이는 오히려 팽창을 증가시키지 않을 것이다. 이러한 경우, 시험 및 대조 혼합물은 팽창에 있어서의 증가를 더 잘 묘사하기 위해 대조 혼합물에 사용되는 것과 동일한 저 알칼리 시멘트로 만들어져야 한다. 사용된 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란 백분율은 해당 조합에 대한 최악의 양이 존재할 경우 이 백분율이 해당되는 최악의 양을 초과한다는 것을 입증 하기 위해 충분히 높아야 할 수도 있다.

X1.6 저 알칼리 대조 시멘트의 선택- 본 시험 방법에서의 시험 절차 및 규격 C 618 에서의 요건은 알칼리-규소 반응으로 인한 팽창 감소에 있어서의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 상대적 효율을 측정하기 위해 고안되었다. 효율은 시험 혼합물에 사용된 시멘트의 알칼리 함량과 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 백분율 두가지 모두의 작용이다. 시험 혼합물 시멘트의 알칼리 함량이 높을수록, 사용된 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 백분율은 낮으며, 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 효율은 더 높다. 본 시험 절차 및 규격 C 618의 100 % 판정 기준은 저알칼리 대조 시멘트의 이용이 현장에서 사용되도록 제시된 물질과 함께 사용될 때, 과도한 팽창을 막아줄 것이라고 가정할 경우, 현장 작업 혼합물의 성과를 향상시킬 지침으로 사용될 수 있다. 이것은 시험 방법 C 227 에서 대조 시멘트와 함께 시험될 경우, 사용을 위해 제시된 골재가 급속도로 반응하는 성분을 포함하고는 있지만, 3달 후에 0.05 % 팽창 또는 6개월 후에 0.10 % 팽창을 초과하지 않을 때의 상황이다. 이러한 경우, 본 시험 방법에서 사용된 대조 시멘트는 사용되는 골재의 팽창 반응을 예를 들어 0.50~0.60 % 범위 내에서 제어하는데 필요한 만큼의 알칼리 함량을 가져야 한다. 규격 C 33 의 추록을 참조하라.

X1.6.1 알칼리 함량이 0.60 % 보다 훨씬 낮은 시멘트와 함께 사용될 경우, 수년간 사용 후 유해한 팽창을 일으키는 특정한 반응성이 있는 골재가 확인되었다. 이러한 반응성 골재 들은 종종 훨씬 후일의 시령이 될 때까지, 아마 1년 또는 2년 후까지, 시험 방법 C 227 에서 규격 C 33 의 추록에 논의된 것을 초과하는 팽창을 일으키지 않는다. 이러한 경우에, 알칼리 함량이 0.60 % 보다 상당히 낮은 대조 시멘트를 사용하는 것이 적합하다.

## X2. 항목 34에 대한 의견

X2.1 항목 34의 시험 절차는 황산염 환경에서의 콘크리트의 저항성 또는 내구성에 기여하는데 있어 특정한 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 성능을 평가하기 위해 고안된 것이다. 시험은 시험 방법 C 1012 에 따라 모르타르에 대해 실시된다.

2.2 대조 혼합물은 성능 또는 정의 (규격 C 150 의 항목 1.1) 에 의해 예상되는 황산염 노출 수준에 대해 만족스러운 결과를 도출할 것으로 기대되는 시멘트로 만들어져야 한다. ACI 201.2R은 SO<sub>4</sub>로 표시되는 황산염 함량이 토양에서 0.10 ~ 0.20 % 이고, 수중에서 150 ~ 1 500 ppm 일 경우, 유형 II 시멘트를 권장한다. ACI 201.2R은 SO<sub>4</sub>로 표시되는 황산염 함량 이 토양에서 0.20 ~ 2.0 % 이고, 수중에서 1 500 ~ 10 000 ppm 일 경우, 유형 V 시멘트를 권장 한다. 두가지 절차에 대한 시험 혼합물은 다양한 비율의 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란으로 만들어질 수 있다. 시험 혼합물은 단독으로 사용될 때 만족스러운 결과를 내지 않을 수 있는 C<sub>3</sub>A 함량과 동일하거나 또는 더 높거나 또는 더 낮은 함량의 시멘트와 함께 사용될 수 있다.

X2.3 결과 해석- 절차 A에서 사용된 절대 팽창 한계는 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 추가가 내황산염성에 어떻게 영향을 미쳤는지를 확인하는 것을 어렵게 만든다. 하지만 시험 방법 C 1012 에 참조된 대로, 팽창 기준을 만족시키는 모르타르는 적절히 성능을 발휘할 것이라는 점이 연구를 통해 드러났다. 절차 B 하에서, 최소 6개월 간의 노출 기간 동안 시험 혼합물의 팽창이 대조 혼합물의 팽창을 초과하지 않을 경우, 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란은 내황산염성에 기여할 수 있는 것으로 간주될 것이다. 시험 혼합물에서 사용되는 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 비율을 해당 프로젝트 ± 2 %에서 사용되기 위해 제시된 것과 동일하게 만들고, 해당 프로젝트의 C<sub>3</sub>A 함량이 시험 혼합물에서 가용되는 것과 같거나 그 미만이 될 것을 권장한다. 시험 방법 C 1012 의 추록 X1. 기술적 배경을 참조하라.

X2.4 플라이 애쉬 또는 천연 포졸란의 비율 선택- 서로 다른 농도의 황산염에 대한 적절한 내성을 얻는데 필요한 양을 측정하기 위해 몇 가지 비율의 플라이 애쉬 또는 천연 포 졸란으로 시험 혼합물을 만들어야 할 수도 있다. 어떤 프로젝트에서 사용된 비율은 시험 혼합물에서 성공적으로 사용되었던 비율의 2 % 이내이거나 성공적인 2가지 비율 사이의 값이어야 한다.

## 변경 사항 요약

C 09 위원회는 지난 판본, C 311-11b 이후 본 표준의 사용에 영향을 미칠 수 있는 몇가지 선택 된 변경 사항을 확인했다. (2013년 2월 1일 승인)

- (1) 항목 1.3은 표준을 통합함에 따라 이에 맞게 개정되었다.
- (2) 본 표준에서 용어 “중량(weight)”은 “질량(mass)”으로 대체된다.
- (3) 필요한 경우 C09.95 조정 문서에 정의된 표준 상온과 건조 온도를 삽입한다. 다른 온도는 SI 단위로만 표시한다.
- (4) 표준 온도 및 건조 오븐 온도는 C09 표준에 따라 개정되었다. 다른 온도는 SI 단위로만 표시한다.

C 09 위원회는 지난 판본 C 311-11a 이후 본 표준의 사용에 영향을 미칠 수 있는 몇 가지 선택 된 변경 사항을 확인했다(2011년 12월 1일 승인).

- (1) 항목 3 용어의 개정
- (2) 규격 C 1697의 인용을 추가해 항목 4.1 개정

ASTM International(미국재료시험학회)은 본 표준에서 언급된 모든 항목과 관련될 수 있는 모든 특허권의 유효성에 대한 어떤 입장도 취하지 않는다. 이러한 특허권의 유효성과 그 침해의 위험

성을 파악하는 것은 전적으로 본 표준의 사용자에게 있다.

본 표준은 담당 기술위원회에 의해 언제든지 개정될 수 있으며, 매 5년마다 검토되어야 하기 때문에 개정하지 않는 경우, 재승인 또는 철회하여야 한다. 본 표준의 개정 또는 표준의 추가에 대한 사용자의 의견은 언제든지 접수 가능하며, ASTM International 본사에 제시하여야 한다. 사용자의 의견은 해당 기술위원회의 회의에서 상세히 다룰 것이며, 이러한 회의에 사용자가 직접 참석할 수도 있다. 자신의 의견이 적절하게 처리되지 않은 것으로 판단되는 경우에는 다음 주소를 참조하여 ASTM Committee on Standards(ASTM 표준위원회)에 이러한 사실을 통보하여야 한다.

본 표준의 저작권은 ASTM International 에게 있다. (ASTM International 의 소재지 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States). 본 표준의 사본(한 부 또는 여러 부)은 위 주소 또는 610-832-9585(전화), 610-832-9555(팩스), [service@astm.org](mailto:service@astm.org)(이메일)을 통해 문의하거나 ASTM 웹사이트([www.astm.org](http://www.astm.org))를 방문하여 입수할 수 있다 .

한국화학융합시험연구원 단체표준

한국화학융합시험연구원  
경기도 과천시 교육원로 98(중앙동 2)

전화: (02) 2164-0155

---

---

**플라이 애쉬 또는 천연 포졸란을 포틀랜드 시멘트 콘크리트  
에 사용하기 위한 시료 및 채취 시험 방법<sup>1</sup>**  
**Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans  
for Use in Portland-Cement Concretements<sup>1</sup>**

**SPS-KTR-ASTM C 311-13-1928**

제 정 자 : 한국화학융합시험연구원장

제 정 : 2011년 12월 28일

개정: 2016년 05월

---

---