

시멘트 압축강도 시험방법 매뉴얼(해설본)

Test method manual for compressive strength of cement

2019. 11.



군산대학교 건설소재 R&D 협동조합



연구 기관 : 군산대학교 건설소재 R&D 협동조합

검 수 위 원 : 한국건설생활환경시험연구원 노상균 선임연구원

심 의 위 원 : 한국시멘트협회 김의철 팀장, 강국희 사원

☐ KS L ISO 679 : 2006 시멘트의 강도 시험방법 매뉴얼(해설본)

매뉴얼 제작 목적

시멘트 강도 시험에서 측정 결과의 신뢰도를 향상하기 위하여 시험규격(KS L ISO 679)의 세부적인 사항을 추가로 정리하고, 각 시험공정이 시멘트 강도에 미치는 원인에 대한 설명을 첨부하여 시험방법에 이해를 도우며, 정확한 시멘트 강도의 측정에 도움이 되는 자료를 제공하고자 한다.

매뉴얼의 개요

- ☐ 시멘트 강도 시험 전문가들을 위한 매뉴얼(해설본)으로 장비의 사용 방법 등 기초적인 사항은 언급하지 아니한다.
- ☐ 실험내용, 점검사항 및 첨부의 내용으로 구분하여 작성한다.
 - 실험내용 : 시험 공정순서 별로 시험 규격을 정리(장비의 설명 및 공정순서별로 배열)
 - 점검사항 : 관련된 각 표준을 참고하여 필요 점검사항을 정리
 - 첨 부 : 실험내용에서 설명이 미흡한 부분의 자료 첨부
- ☐ 참고 규격
 - KS L ISO 679 : 2006 시멘트의 강도 시험 방법
 - ISO 679 Cement-Test methods-Determination of strength (Second edition 2009-05-01)
 - JIS R 5201 : 2015 セメントの物理試験方法
 - ASTM C109/C109M-16a Strength Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars

시멘트 압축강도 시험공정- 매뉴얼 순서

1. 실험실	1
온도, 습도(대기온도, 습도)	
2. 원재료	2
온도, 밀봉(시료보관 온도)	
3. 계량	3
저울, 용수(검교정)	
4. 투입, 혼합	4
믹싱기 (순서, 시간, 온도)	
5. 성형	6
Mould (몰드 상태)	6
진동 다짐기 (관리)	9
6. 1차 양생 및 탈형	12
항온항습기, 시간, 시료처리(1차 양생조건)	
7. 수중 양생	14
수조, 양생수 조건, 온도(수조 관리)	
8. 강도 측정	15
압축강도기, 시료상태(압축강도기 관리, 공시체)	

첨부

진동다짐기	A1
압축강도기 시험용 부속기구	A4
점검표	A5
향후 검토 필요사항	A7

규격 요약

1.1 조건

가. 공시체 성형 실험실

- 1) 온도 : $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- 2) 상대 습도 : 50 % 이상
- 3) 점검주기 : 1회/일 (작업시간 중 기록)

나. 항온항습기

- 1) 온도 : $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$
- 2) 상대 습도 : 90 % 이상
- 3) 점검주기 : 1회/4시간 (기록)

다. 양생수조

- 1) 수온 : $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$
- 2) pH = 12 이상 (ASTM 참조)
- 3) 점검주기 : 1회/일 (작업시간 중 기록)
- 4) 비반응성 재질 사용
- 5) 양생수 순환 (완만하게)
- 6) 한 개의 수조에 동일 원료 시험체만 양생
- 7) 공시체의 모든 면이 양생수와 접촉

해설

- 시험편을 만들고 시험하기 위해 사용되는 모든 장치는 실험실 온도에 보관되어야 한다.(ISO, JIS)
- 시험 장비의 보관(온도) 주요사항
 - 1) 사용 장비 중 틀(몰드)의 보관온도에 유의한다.
 - 무게가 비교적 크고, 공시체에 직접 접촉하는 틀의 경우 시멘트 초기 수화에 영향을 미칠 수 있는 요인이 높다.
 - 2) 원재료 및 공시체와 직접 접촉하는 장비의 온도관리에 유의한다.
 - 믹싱 볼, 각 계량 용기 등
- 수조 양생수 pH는 12 이상을 유지하는 것을 권장한다(ASTM).
 - 수조의 pH가 낮을 경우 양생중인 공시체의 시멘트 수화물 중의 Ca^{+} 이온의 용출로 강도의 저하가 나타난다.
 - 이종의 원재료를 사용한 공시체와 같은 수조에서 양생하는 경우 OPC 공시체의 강도 저하가 나타날 가능성이 있다.
 - * ISO, JIS, KS 모두 해당
 - 수조의 pH를 조절하는 경우 CaO 또는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 포화 용액을 사용하는 것을 권장한다.

규격 요약

2.1 시멘트

- 1) 24시간 이상 보관 시 가득 채워 공기가 들어가지 않도록 보관
- 2) 보관용기는 시멘트와 반응하지 않는 재료 사용

2.2 물

- 1) 증류수 또는 수돗물(증류수 권장)

2.3 모래

- 1) ISO 표준사 사용
- 2) 이산화규소(SiO₂) 함량 : 98 % 이상
- 3) 습분 : 0.2 % 미만(105~110 °C, 2시간 건조, 질량감소분)
- 4) ISO 기준 모래의 입도 분포

체눈의 크기 (mm)	2	1.6	1	0.5	0.16	0.08
체에 누적된 잔분(%)	0	7±5	33±5	67±5	87±5	99±1

해설

□ 사용 원재료의 온도

- ◎ 각 원재료는 실험실 온도에서 24시간 이상 보관하여, 재료의 온도를 일정하게 유지하는 것을 권장한다.
 - 시멘트 수화에 미치는 온도변화의 변수 최소화

□ 사용 원재료의 동일성

- ◎ 본 시험 표준은 시멘트 강도를 측정하는 표준이므로, 시멘트 외의 재료는 동일한 조건의 원재료를 사용하는 것을 권장한다.
 - 물의 사용은 증류수 사용을 권장한다.
 - ISO 표준사의 경우 제조국이 다른 경우 원석의 산지 및 제조 설비의 차이로 강도 차이를 나타낼 수 있다. 따라서, 결과의 비교 평가를 위하여서는 같은 제조사의 ISO 표준사를 사용하는 것을 권장한다.

□ ISO 표준사

- ◎ ISO 표준사는 다양한 입도가 혼합되어 1 Batch 분으로 포장되어 있다.
 - 1회 시험에 1회분 전부를 사용 한다.(일부 사용 금지)
 - 표준사는 사용 수시간 전에 미리 개봉하지 않는다.

규격 요약

3.1 1 Batch 배합의 원료계량

- 1) 시멘트 : (450 ± 2) g
- 2) 물 : (225 ± 1) g [부피 : (225 ± 1) ml]
- 3) ISO 표준사 : (1350 ± 5) g

3.2 계량 기기

- 1) 검교정이 된 저울 사용
- 2) 물을 체적으로 계량시 자동 피펫 사용

3.3 원료량

- 1) 1 Batch 원료량은 3개의 공시체를 제작하는 양
(Mold 1 set, 3EA 공시체 제작량)
- 2) 측정 양생 일자별, 1 Batch의 원재료가 필요

해설

□ 계량 조건

- 1) 시멘트, 표준사, 물은 실험실 온도와 같은 상태에서 계량한다.
(KS)
- 2) 실험실 습도를 높게 관리하는 경우 계량된 시멘트의 공기 노출 시간을 짧게 한다.
- 3) 시멘트와 물의 계량은 소수점 첫째 자리까지 맞추어 계량하는 것을 권장한다.

□ 계량 장비

- 1) 검교정이 된 저울을 사용한다.
- 2) 소수점 1자리 이상의 저울을 권장한다.
- 3) 물의 계량은 부피보다 질량 계량을 권장한다.
- 메스실린더의 눈금으로 1 ml의 오차를 충족하기 어려우며, 부득이 부피 계량 시 물과 접촉하는 면이 적은 비이커 사용을 권장한다.
- 4) 각 원재료의 계량용기는 원재료 투입 후 잔량이 남지 않도록 용기의 표면을 청결하게 관리한다.

규격 요약

4.1 투입

- 1) 혼합기에 물을 붓고 시멘트를 투입

4.2 혼합

- 1) 저속으로 30초 작동

[저속 : 자전 (140 ± 5) rpm, 공전 (62 ± 5) rpm]

- 2) 모래를 30초간 지속적으로 고르게 투입

- 3) 고속으로 30초간 혼합

[고속 : 자전 (285 ± 10) rpm, 공전 (125 ± 10) rpm]

- 4) 90초간 혼합기 작동 멈춤

- 처음 15초간 고무 스크래퍼를 사용하여 용기의 벽, 바닥에 부착된 모르타르를 중간으로 모음 (JIS, ISO : 30초)

- 나머지 시간 정지

- 5) 60초간 고속으로 혼합

- 6) 각 공정의 연결시간은 ± 1 초 이내(JIS, ISO : 2초)

해설

□ 개요

- 압축강도 시험을 위하여 시멘트, 표준사, 물 등의 원료를 일정시간 균일하게 혼합하는 과정이다.

□ 투입 주의사항

- 믹싱 직전에 물에 시멘트를 투입 후 즉시 교반한다.

□ 압축강도 측정 시간 기준

- 혼합의 시작시간이 압축강도 측정 시간의 기준이 된다. (JIS, ISO)

□ 혼합기의 회전주격 속도

(단위: rpm)

속도	자전	공전
저속	140 ± 5	62 ± 5
고속	285 ± 10	125 ± 10

※ 자전과 공전은 반대 방향

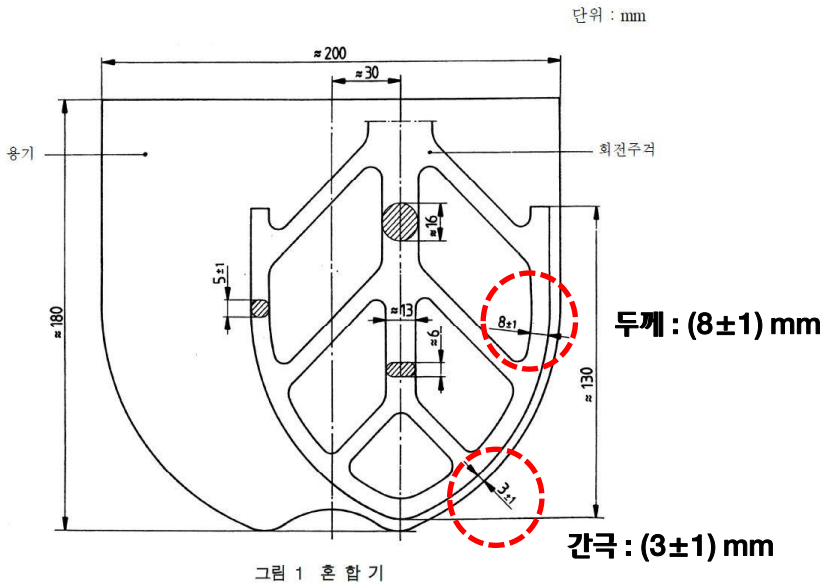
□ 총 혼합시간

- 240초

규격 요약

4.3 혼합기

- 1) 용량 : 5 L
- 2) 용기 재질 : 스테인레스강
- 3) 용기 및 회전주걱 규격 : KS L ISO 679 표준 "그림1 " 에 부합
- 4) 점검항목
 - 회전주걱 간격 (1회/월) → (3 ± 1) mm



해설

□ 회전주걱 규격

- 1) KS 규격의 점검사항은 용기와 회전주걱의 간극을 점검한다.
 - 1회/월 권장한다.
- 2) 회전주걱의 두께도 점검사항으로 권장한다.
- 3) 회전주걱의 회전 속도 점검도 권장한다. (1회/월 권장)
 - 회전주걱과 용기의 간극이 발생하는 경우 모르타르에 미치는 교반력이 변화되며, 이는 모르타르의 균일한 혼합을 저해하는 요인이다.
 - 교반력의 저하는 모르타르 공기량의 변화로 공시체의 강도 변화의 요인이다.
- 4) 사용 후 회전주걱에 부착된 모르타르는 철저히 제거한다.

규격 요약

5.1 공시체 규격

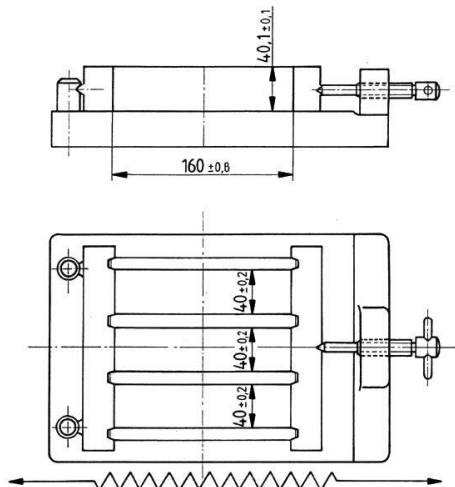
- 1) 40 mm × 40 mm × 160 mm의 각주

5.2 사용 장비 및 기구

가. 시험체 틀(mould)의 준비

- 1) 그림 2에 나타낸 규격의 틀을 사용
- 2) 각각 수직으로 견고하게 조립된 시험체 틀을 사용
- 3) 시험체 틀 조립 후 누수가 없어야 함
- 4) 틀의 안쪽 면에는 기름을 얇게 바름

단위 : mm



틀의 당김 작용에 의한 쥐임 방향

그림 2 대표적인 시험체 틀

해설

□ 틀(mould)

1) 3연식 시험체 틀

2) 누수 방지된 시험체 틀

- KS : 적당한 밀폐재료로 시험체 틀의 바깥 이음새에 발라 주어야 한다.
- 틀의 각 연결부위(특히 바닥 면과 접하는 부위)는 누수 방지를 위하여 점성이 높은 윤활유(그리스)의 사용을 권장한다.
- 성형 후 틀에서 누수가 되는 경우는 W/C 저하를 초래하여 강도 값의 오류가 발생하게 된다.

3) 시험체 틀 내부에 탈형유 사용

- 시멘트 수화에 영향을 미치지 않도록 적게 바르는 것을 권장한다.
- ASTM의 경우 사용 기름의 종류가 엄격하게 규제되어 있다.

4) 시험체 틀의 재질

- 부식방지, 표면의 마무리, 경도를 고려하여 스테인레스강 재질을 권장한다.

규격 요약

나. 시험체 틀의 규격

- 1) 40 mm × 40 mm × 160 mm 3개의 각주형 공시체를 동시에 성형 할 수 있는 3개의 수평칸으로 구성
- 2) 시험체 틀의 두께 : 10 mm 이상
- 3) 무게 : 진동 다짐기 구동부 + 틀 + 테의 합 = (20±0.5) kg
- 4) 재질 : 강재 (안쪽 면의 비커스 경도 HV 200 이상)
- 5) 시험체 틀 안쪽 면의 마무리 : N8
- 6) 틀의 각 부품에 동일한 표시(1 set 같은 표시)
- 7) 서로 다른 시험체 틀의 유사부품이 바뀌어서는 안됨

참 고

※ 거칠기 등급표 (ISO 1302:1992의 표 C.1)

거칠기 값 Ra (μm)	거칠기 등급 번호 (ISO 1302)
50	N12
25	N11
12.5	N10
6.3	N9
3.2	N8
1.6	N7
0.8	N6
0.4	N5
0.2	N4
0.1	N3
0.05	N2
0.025	N1

해 설

5) 시험체 틀의 무게

- 시험체 틀의 무게는 낙하 시 낙하되는 부분의 합계 질량으로 정의된다. (진동다짐기 구동부, 시험체 틀, 테)
- 신규 시험체 틀의 제작
 - 현재 진동 다짐기 구동부 무게의 측정이 어려운 상황으로 진동 다짐기 구입 시의 몰드 무게와 동일한 질량으로 제작하는 것을 권장한다.

6) 시험체 틀 안쪽 면의 마무리 : N8

- N8은 거칠기 등급에서 Ra 값이 3.2 μm 에 해당하는 값
- Ra는 산술 평균 거칠기 (왼편 참고 참조)
- 특히 시험체의 면들 중 안쪽 측면에 해당하는 면은 강도 측정 시에 압축강도기의 압축판과 접촉되는 면으로 표면 거칠기가 매우 중요하다. (측정 강도 하락요인)
- 시험체 틀의 안쪽 측면이 손상된 경우 시험체 틀의 교체를 권장한다.

규격 요약

6) 허용 오차

(1) 내부 허용 오차 범위

- 길이 : (160 ± 0.8) mm
- 폭 : (40 ± 0.2) mm
- 깊이 : (40.1 ± 0.1) mm

(2) 각각의 안쪽 전면부 평면도의 허용오차

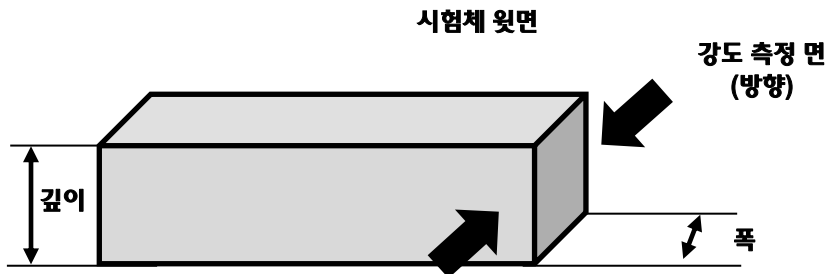
- 0.03 mm (KS B ISO 1101 참조)

(3) 바닥면과 인접한 각각의 내부면에 대한 수직 허용 오차

- 0.2 mm (KS B ISO 1101 참조)

해설

7) 시험체 크기와 강도의 관계



◎ 시험체 길이의 변화 : 압축강도에 큰 영향이 없음

◎ 시험체 폭의 변화

구 분	폭의 길이	압축강도 예상
시험체 폭의 변화	증가	감소
	감소	증가

- 콘크리트 몰드 환산 방법 적용시, 강도에 미치는 영향 미소 (KS F 2422)

◎ 시험체 깊이 변화

구 분	깊이의 길이	압축강도 예상
시험체 깊이의 변화	증가	변화 없음
	감소	감소

- 시험체의 하중 면적으로 압축판의 사이즈에 영향을 받음
 - 시험체 깊이가 얇으면 하중 면적 감소
 (KS 오차 범위 안에서 최대 : 0.75 % 감소)

8) 시험체 틀의 면, 무게, 조립상태 관리

- 압축강도기의 압축판과 접하는 몰드 안쪽 수직면의 관리가 중요 (측정강도 하락요인)
- 비교시험의 경우 규격 내의 오차 범위여도 동일 무게의 시험체 틀 사용을 권장 (시험체에 가해지는 하중의 변화가 발생)
- 시험체 틀은 조립 후의 치수를 주기적으로 측정하여 수직조립상태 확인 필요 (압축강도 편심 방지)

규격 요약

다. 진동 다짐기 (Jolting apparatus)

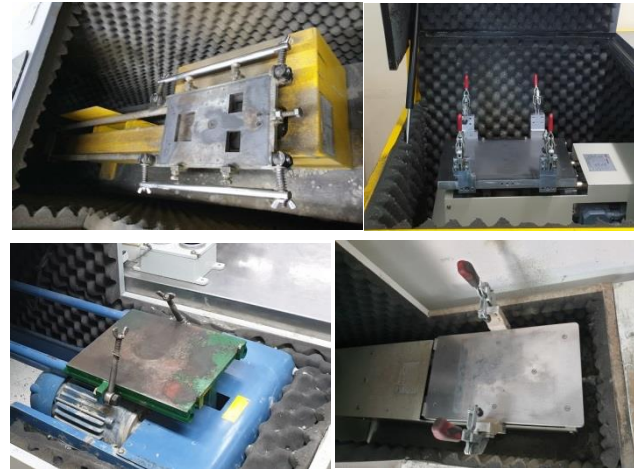
- 1) 무게 : 팔, 비어있는 시험체 틀, 금속 테, 클램프를 결합한 평면대의 합은 (20 ± 0.5) kg
- 2) 캠의 조작으로 자유 낙하 되는 높이는 (15 ± 0.3) mm
- 3) 자유낙하 속도는 1회/초 정속으로 구동
- 60회/ (60 ± 3) 초 규격을 만족
- 4) 시험용 틀의 중심이 충격점의 중앙에 위치하도록 적당한 표시를 하여 사용(KS)

※ 진동 다짐기의 규격 : 첨부 참조 (첨부 page A1)
(KS의 내용을 정리하여 첨부)

해 설

□ 진동 다짐기

1) 다양한 진동다짐기의 종류 (시멘트사 사용 기종)



2) (진동다짐기 + 시험체 틀 + 테) 결합상태



- 결합상태가 견고하여야 하며, 충격 낙하에서 유격이 발생하지 않아야 한다.
- 자유낙하 높이와 정속 구동은 필수 점검사항이다.
- 현재 진동다짐기의 구동부 무게 측정이 용이 하지 않다.
* 향후 무게 측정 방법을 검토 할 필요가 있다.

규격 요약

라. 스프레더 (spreader)

- 1) 규격 : 그림 3 참조
- 2) 1층 다짐 : 대형 스프레더 사용
- 3) 2층 다짐 : 소형 스프레더 사용

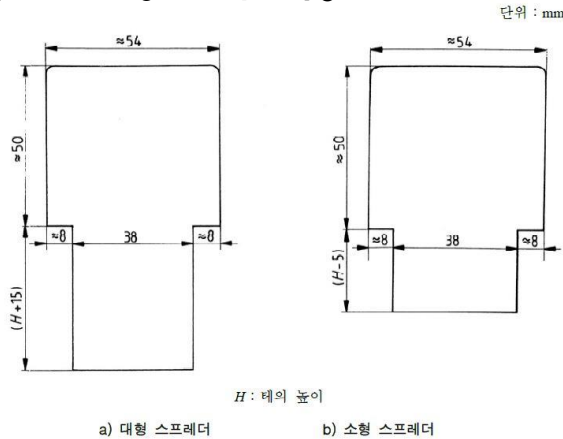


그림 3 대표적인 스프레더

마. 금속 테

- 1) 규격
 - 높이 20~40 mm
 - 수직벽에 꼭 맞는 단단한 금속 재질
 - 금속테의 벽은 시험체 틀의 내벽과 겹쳐야 함 (1 mm 이하의 차이)

해설

□ 스프레더

- 1) 시험체 틀에 모르타르 주입 시 모르타르를 펴고 깎기 위한 장비이다.
- 2) 규격 : 시험체 틀 내부로 장입되는 부위의 폭은 38 mm
 - 대형 높이 : 금속 테의 높이 + 15 mm
 - 소형 높이 : 금속 테의 높이 - 5 mm
 - 스프레더의 경우 금속 테의 규격에 따라 제작되며, 모르타르의 2층 다짐 시에 일정량을 주입하고, 고르게 펴기 위한 장비이다.
- 3) 재질에 대한 규정은 없다.

□ 금속 테

- 1) 모르타르 투입 호퍼의 역할이다.
- 2) 규격 : 시험체 틀과 진동 다짐기에 부합되도록 다양하게 제작되어 있다.
- 3) 진동 다짐기에 고정 시 견고함이 중요하다.
 - 대부분 주물로 제작되어 틀과 접촉면이 고르지 못하므로 주의가 필요하다. (성형 중 유격이 없도록 주의)
 - 대부분 사용상의 편의를 위하여 시험체 틀과 수평방향으로 유격이 있으므로 고정 시 시험체 틀의 내벽과 일치하도록 주의하여 고정한다.

규격 요약

5.3 성형준비

- 1) 믹싱이 끝난 모르타르는 즉시 성형
- 2) 시험체 틀과 테를 진동 다짐기에 견고하게 고정

5.4 성형

- 1) 틀에 모르타르 층은 2층으로 타설 (2회 다짐)
- 2) 각 층의 투입량은 약 300 g
(적당한 작은 삽(스푼)을 사용하여 투입)
- 3) 1층 투입 시 큰 스프레더를 사용하여 일정하게 펴
- 3개의 성형체를 한번에 제작
- 4) 1층 충전 후 jolting을 실시 (60회/(60±3) 초))
- 5) 2층 투입 시 작은 스프레더를 사용
- 6) 2층 충전 후 jolting을 실시 (60회/(60±3) 초))

5.5 성형 마무리

- 1) 진동 다짐기에서 시험체 틀과 테를 분리
- 2) 시험체 틀에서 테를 분리 후 직선자를 사용하여
잉여 모르타르 제거
- 3) 식별을 위하여 시험체 틀에 라벨(또는 표식)을 부착

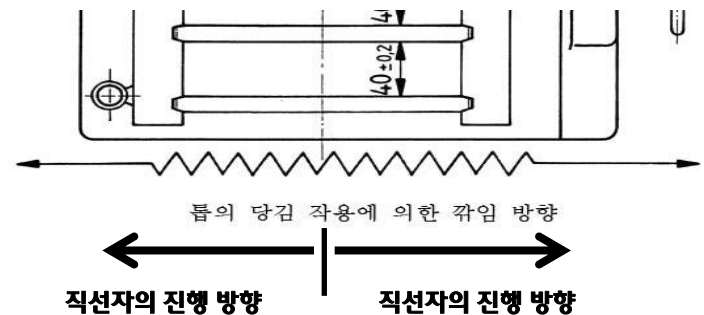
해설

□ 스프레더 사용법

- ◎ 테에 수직으로 놓고 앞뒤로 한번씩 층을 일정하게 편다.

□ 직선자 사용법

- ◎ 수직으로 잡고 성형된 모르타르의 중앙으로 부터 끝 방향으로 천천히 툭질하듯이 움직여 잉여 모르타르를 제거한다.
 - 시료의 부드러운 면을 평평하게 만든다. (KS)
 - ISO : 성형체의 부드러운 면을 만들기 위해서는 직선자를 예각으로 사용한다.
 - * 직선자를 처음부터 예각으로 사용하여서는 안된다.
 - * 직선자의 예각 사용은 잉여의 모르타르를 제거 후 부드러운 면을 만들 필요가 있을 때 사용한다.
 - * 처음부터 예각으로 사용시 압축력이 작용하여 표준에 부합하는 성형을 할 수 없다.



규격 요약

6.1 1차 양생

가. 성형 후 성형체 취급

- 1) 틀 주위에 남아있는 모르타르를 제거
- 2) 성형 후 즉시 향온 향습기에 보관
 - * 시험틀의 모든 면에 습한 공기 접촉
- 3) 유리판을 틀 위에 놓음
- 4) 시험틀을 포개 놓으면 안 됨
- 5) 시험틀과 성형체는 탈형 시점까지 향온 향습기에 보관 (24시간)

나. 향온 향습기

- 1) 온도 : $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$
- 2) 습도 : 90 % 이상
- 3) 온 · 습도 점검 : 적어도 4시간 간격으로 기록(KS)

해설

□ 유리판

- 유리판은 시험체의 수분의 방지 및 낙수에 의한 시험체의 손상을 막기 위하여 틀 위에 사용한다.
- 유리판은 안전을 위하여 모서리를 둥글게 연마한다.
 - 규격 : 210 mm × 185 mm × 6 mm (KS)
 - 재질 : 유리판 또는 시멘트와 반응하지 않는 불투수성의 판
사용가능(재질 변경가능 : KS, ISO, JIS)
- 유리판과 모르타르는 접촉되지 않도록 이격을 둔다.

규격 요약

6.2 탈형

가. 탈형 시간

- 1) 24시간 강도 시험은 시험 20분 전까지 탈형
- 2) 24시간 이후의 시험은 제조 후 20~24시간 사이에 탈형

나. 공시체의 취급

- 1) 탈형된 공시체는 방수잉크나 크레용으로 표시
- 2) 24시간 강도 시험할 공시체는 시험이 실시 될 때 까지 습기가 있는 천으로 덮은 상태를 유지
- 3) 24시간 이후의 강도 시험할 공시체는 표시가 끝난 직후 지체없이 양생 수조에 침수

해설

탈형의 지연

- ◎ 1차 양생 24시간까지 충분한 강도를 얻지 못하였다면, 탈형은 24시간까지 연장되어도 된다. (총 48시간)

규격 요약

7.1 양생수조 시험체 보관

- 1) 시험체는 수평, 수직 모두 보관 가능
- 2) 시험체와 수면의 거리는 5 mm 이상을 유지
 - 양생수조에 물이 부족 시 수시로 보충
- 3) 반드시 각 양생수조 안에는 화학적으로 유사한 구성 물질만으로 만들어진 시멘트 시험체를 저장(KS, ISO, JIS)

7.2 양생수조 사용수

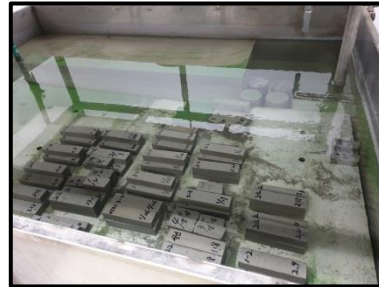
- 1) 초기 및 보충수는 수돗물을 사용(JIS, ISO)
- 2) 양생수조의 수온은 (20 ± 1) °C로 유지
 - (매일 시험시간에 점검)
- 3) 양생 수조의 물은 순환되어야 함
 - 양생수조의 물이 시험체의 모든 면에 자유롭게 접촉되어야 함
 - 순환되는 유량은 가능한 적게 함
 - * 물의 흐름이 눈에 보여서는 안 됨 (JIS, ISO)

해설

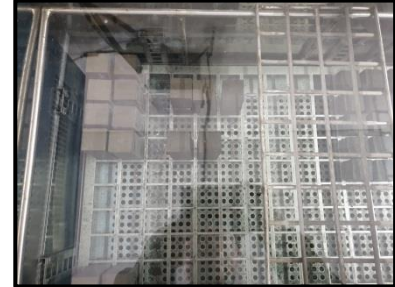
□ 시험체 보관

- ◎ 내식성 망 위에 보관한다. (나무 재질은 적합하지 않음)
 - 나무재질의 경우 리그닌 성분 용출로 시멘트 수화 저해
- ◎ 수평으로 양생 시 평평하게 깎은 면이 위로 가게 보관한다.
- ◎ 시험체와 시험체는 서로 떨어지게 보관한다.
 - 시험체의 6면에 모두 양생수가 접촉되어야 한다.

※ 틀린 사례



※ 올바른 사례



□ 양생수

- ◎ KS : 시험 중, 물의 완전교체는 허용되지 않는다.
- ◎ ISO : 공시체를 보관하는 동안 물의 50 % 이상 교체 금지
- ◎ JIS : 공시체가 저장된 수조의 물은 50 % 이상 교체하면 안 된다.
- ◎ ASTM : 비부식 물질로 만들어진 탱크에 포화 석회수 사용 (saturated lime water)
 - 양생수조의 pH는 12 이상 유지를 권장한다.

규격 요약

8.1 시험체 준비

가. 압축강도 시험을 위한 시험체의 전처리

- 1) 시험체는 시험하기 전 15분 이내로 물에서 꺼냄
- 2) 표면의 이물질을 제거
- 3) 시험 할 때까지 습기 있는 천으로 덮어서 보관

나. 압축강도 시험을 위한 시험체의 준비

- 1) 압축강도 시험을 위해서 휨강도 시험에 의해 파단된 시험체의 측면 40 mm × 40 mm의 면적을 이용하여 압축강도 시험을 실시
- 2) 압축강도 시험체는 시험체의 측면을 사용
- 3) 압축강도 시험체는 압축강도기의 압축판에 대하여 중앙에 세로로 위치
- 4) 시험체는 하부 압축판에서 약 10 mm 돌출
- 5) 압축강도 시험체는 압축강도기 압축판과 시험체의 측정면이 ±0.5 mm 이내에 오도록 위치

해설

□ 강도시험을 위한 시험체의 시험 시간

- 시험이 시작되었을 때 시멘트와 물의 혼합 시간으로부터 시험체의 시간을 계산한다.
- 양생기간에 따른 강도 시험은 다음 시간 내에 실시한다.
 - ▷ 24시간±15분, ▷ 48시간±30분 ▷ 72시간±45분,
 - ▷ 7일±2시간 ▷ 28일±8시간 (KS, ISO)

□ 강도시험을 위한 시험체의 시험 준비

- 시험체의 파단
 - KS L ISO 679에 규정된 휨강도 시험기를 사용한다.
 - 대체 사용 : 유해한 응력이 시험체에 재하 되지 않는 방법 (휨강도 시험에 준한 방법)의 장치

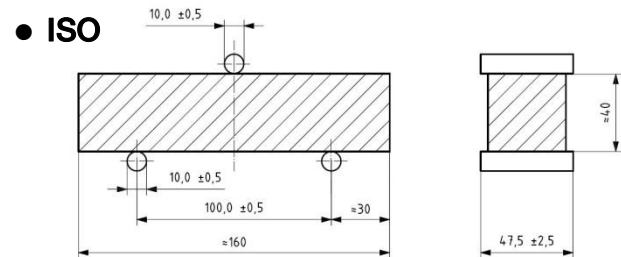


Figure 5 — Arrangement of loading for determination of flexural strength

○ 시험체의 압축강도 시험 방향

- 압축강도 시험체는 파단면의 반대쪽을 사용하여 시험한다.
- * 파단면 방향에는 파단에 의한 내부손상이 있을 수 있다.

규격 요약

8.2 압축강도 측정

가. 압축강도 측정

- 1) 파괴에 이를 때 까지 (2400 ± 200) N/s의 비율로 하중을 가하여 측정
- 2) 파괴강도에 부근에서도 재하 속도가 유지되는 압축강도기를 사용

8.3 압축강도 시험결과의 정의

가. 압축강도 계산

- 1) 압축강도는 최대 하중을 압축판 또는 보조판의 면적으로 나눈 값
* 압축강도(N/mm^2) = 최대하중(N)/압축판의 면적($1600 mm^2$)
- 2) $0.1 N/mm^2$ 까지 계산
- 3) 시험 결과는 공시체 3개를 한 개조로 하여 6개의 압축강도 결과값을 평균으로 계산

나. 시험결과 보고

- 1) 모든 각각의 시험 결과를 기록
- 2) 계산한 평균 값과 버려진 값을 포함하여 보고

해설

□ 압축강도 평균값 계산 방법

- 6개의 측정결과가 평균값에서 $\pm 10\%$ 이상 벗어나지 않으면 모두 사용 한다.
- 6개의 측정값 중에서 1개의 결과가 6개의 평균값보다 10% 이상 벗어나는 경우 이 결과를 버리고 나머지 5개의 평균으로 계산한다.
- 이들 5개의 측정값 중에서 또다시 하나의 결과가 그 평균값보다 $\pm 10\%$ 이상이 벗어나면 결과값 전체를 버려야 한다.

규격 요약

8.4 압축강도 측정 장비 (압축강도 측정기)

가. 압축강도기 규격

- 1) 압축강도기는 시험에 적합한 용량을 가진 것을 사용
- 2) 정밀도 : 최대하중의 1/5에서부터 최대하중까지
±1 %의 정밀도
- 3) 재하속도 : (2400±200) N/s
- 4) 공시체 파괴 때 최대 하중 값을 종료 후에도 표시하는 장치 부착
- 5) 램의 수직축은 시험기의 수직 축과 일치
- 6) 재하 중 램의 이동방향은 시험기의 수직축과 맞춤
- 7) 시험시 응력이 시험체의 중심을 통과하도록 함
- 8) 시험기 하부 압축판 표면은 시험기 축과 직교하여야 하며, 재하 중에도 직교하여야 함
- 9) 상부 압축판 밑면의 중심과 시험기의 수직축과 교차하는 점에 대한 허용오차는 ±1 mm
- 10) 상부 압축판 시험체와 접촉했을 때 자유롭게 움직여야 함
- 11) 재하중에는 상 하부 압축판의 상대적인 위치는 고정

해설

□ 압축강도기의 규격

- ◎ 압축강도기 최대 용량의 30~70 % 사이의 값에서 측정
- ◎ 재하속도 : 시험체의 파괴 시까지 재하속도를 유지하여야 한다. [(2400± 200) N/s]

□ 압축강도기의 주요사항

◎ 재하속도



◎ 하중면과의 수직



◎ 압축판의 측정 위치의 정확도

- 표준몰드를 사용하여 확인(육안확인 가능)

(표준몰드 : 40 mm × 40 mm × 40 mm, 금속재질)

규격 요약

나. 압축판의 규격

- 1) 압축판은 최소 비커스 경도 HV 600의 강 또는 텅스텐 카바이드로 함
- 2) 규격
 - (1) 두께 : 최소 10 mm
 - (2) 폭 : (40 ± 0.1) mm
 - (3) 길이 : 최소 40 mm
 - (4) 평면도 허용오차 : 시험체와 전 접촉면 0.01 mm
- 3) 표면의 마무리 : N3~N6

(Page 07의 거칠기 등급표 참조)

다. 압축강도 시험용 부속기구

- 시험기 하중을 모르타르의 재하면에 전달하기 위해 시험기의 압축판 사이에 끼워 넣는 장비 (지그)
- 압축강도 시험용 부속기구는 첨부 자료 (A-04)를 참조

해설

□ 압축판의 관리

- ◎ 압축판의 표면 규격은 매우 정밀한 면을 규정하고 있다.
거칠기 등급번호 : N3~N6 → 거칠기 값 Ra : $(0.1 \sim 0.8) \mu\text{m}$
(Ra : 산술평균 거칠기 값)
 - 압축판의 표면에 미소한 흠집이 있어도 강도저하의 원인
 - 국부적인 응력 집중 발생
- ◎ 압축판의 모서리의 마모 시 측정강도 저하의 원인이 된다.
 - 하중면 감소에 의한 파괴강도 저하
- ◎ 압축판의 표면은 철저히 관리한다.
 - 부식 방지, 이물질 제거
 - 주기적인 교체 또는 연마가공 권장

● 교체전의 압축판 사진



※ 위 사진의 압축판을 신규로 교체 후 압축강도 측정 값은 28일 기준으로 약 5% 가량변화가 발생하였다.

KSKSKSKS
SKSKSKS
KSKSKS
SKSKS
KSKS
SKS
KS

KS L ISO 679

KS

시멘트의 강도 시험 방법

KS L ISO 679 : 2008

(2011 확인)

지식경제부 기술표준원

2006년 12월 15일 제정

<http://www.kats.go.kr>

**시멘트 압축강도 시험 방법
매뉴얼(해설본)**

Test method manual for compressive strength of cement

2019. 11.



군산대학교 건설소재 R&D 협동조합



한국시멘트협회
KOREA CEMENT ASSOCIATION

□ 진동다짐기 (jolting apparatus)

1) 구성

- (1) 받침대의 중심으로 부터 800mm 떨어진 회전축에 2개의 가벼운 팔이 연결된 장방형 받침대로 구성된다.
- (2) 받침대는 뒷면의 중심에 표면 구상의 맞춤용 구멍이 있다.
- (3) 맞춤용 구멍의 아래에는 상부 표면이 평편한 작은 맞춤구가 있다.
- (4) 정지 위치에서 구멍과 맞춤구의 정점을 통과하는 공통 수선은 직각이 된다.
- (5) 맞춤용 구멍이 맞춤구 위에서 정지해 있을 때 받침대의 위면은 어느 모서리에서의 높이도 평균 높이로부터 1 mm를 넘는 오차가 없도록 수평이어야 한다.
- (6) 받침대는 시험용 틀의 밑면과 같거나 또는 그 이상의 크기로 하고 윗면은 평평하게 가공한다.
- (7) 고정구는 시험용 틀을 고정하기 위하여 필요하다.

2) 규격 (치수, 재질)

- (1) 도면 : 그림 4 (첨부)
- (2) 무게 : 팔, 비어있는 시험체 틀, 금속 테, 클램프를 결합한 평면대의 합이 (20 ± 0.5) kg 이어야 한다.
- (3) 받침대를 회전 축에 연결하고 있는 팔은 견고해야 하며, 관의 바깥지름이 17~22 mm의 등근 관으로 한다.
- (4) 회전축의 움직임에 의한 중심의 수평변위는 1 mm를 넘어서는 안 된다.
- (5) 구멍과 맞춤구는 적어도 비커스경도 HV 500의 고경도 강으로 만든다.
- (6) 구멍의 곡율은 약 0.01mm^{-1} 로 한다.

3) 규격 (구동)

- (1) 캠의 조작으로 자유 낙하 되는 높이는 (15 ± 0.3) mm이어야 한다.
- (2) 캠은 비커스 경도 HV 400의 강으로 제작한다.
- (3) 캠의 축은 볼 베어링 구조로 한다.
- (4) 캠은 250W의 전기 모터에 의한 감속 기어를 가지고 있어야 한다.
- (5) 자유낙하 속도는 1초에 1회 정속으로 구동 되어야 한다.
- 60회/(60 ± 3 초)의 규격을 만족해야 한다.

4) 틀의 설치

- (1) 받침대 위의 시험용 틀은 각 틀의 긴 방향이 팔의 방향과 동일 하고, 캠의 회전 축과 수직 방향에 설치한다.
- (2) 시험용 틀의 중심이 충격점의 중앙에 위치하도록 적당한 표시를 하여 사용한다.
- (3) 시험용 틀과 금속 테를 클램프로 고정 시 견고하게 고정 되어야 하며, 진동다짐 시험에서 유격이 없어야 한다.

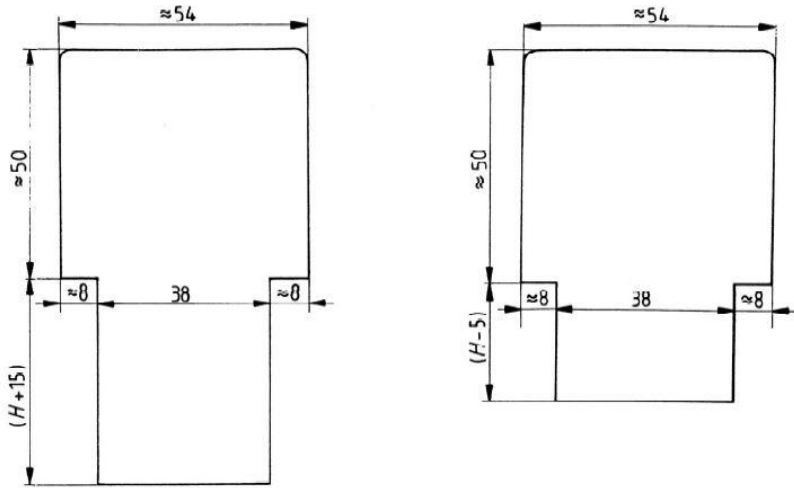
5) 부속기구 설치

- (1) 진동다짐기를 견고하게 고정하고, 작업 높이를 확보하기 위하여 콘크리트 받침대를 설치한다.
- (2) 콘크리트 받침대의 질량은 약 600 kg, 용적은 0.25 m³이다.
- (3) 콘크리트 받침대는 외부 진동을 방지하기 위하여 진동매트 위에 설치한다.
- (4) 장치의 기초부는 콘크리트 기초에 양카 볼트를 사용하여 고정한다.
- (5) 진동이 일어나지 않는 접촉면을 만들기 위해 모르타르를 얇게 발라서 수평으로 고정한다.

6) 부속장비

- (1) 스프레더
 - 그림 3의 규격을 만족하는 것을 사용한다.
- (2) 직선자
 - 길이 : 300 mm, 폭 : 30 mm, 두께 : 2 mm의 직선자. (그림3 참조)
- (3) 첨부 : 그림 4(대표적인 진동 다짐기)

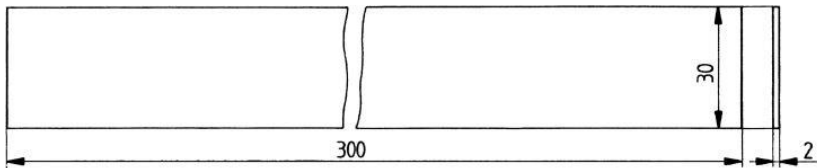
단위 : mm



H : 테의 높이

a) 대형 스프레더

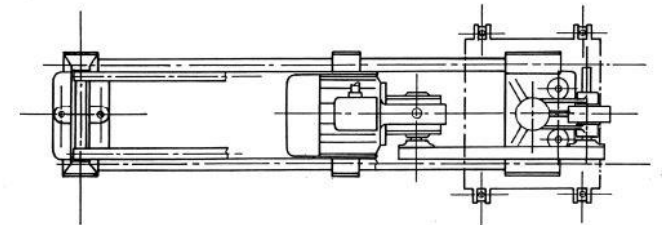
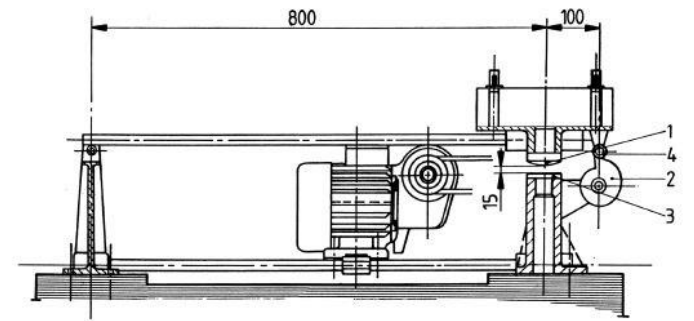
b) 소형 스프레더



c) 직선 자(대략적인 치수)

그림 3 대표적인 스프레더와 금속 직선 자

단위 : mm



- 1 자투(lug)
- 2 캠(cam)

- 3 스톱(stop)
- 4 캠 폴로어(cam follower)

그림 4 대표적인 진동 다짐기

□ 압축강도 시험용 부속기구

1) 개요

- 부속 기구가 필요한 경우에는 압축강도 시험기의 하중을 몰탈 공시체의 재하면에 전달하기 위해 시험기의 압축판 사이에 끼워 넣는 기구를 지칭한다. (압축강도용 시험용 지그)

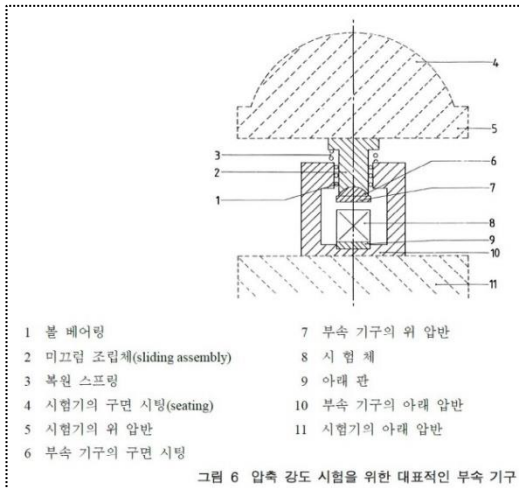
2) 규정 (KS)

- (1) 부속기구의 하부 압축판은 시험기의 하부 압축판에 고정 가능한 것으로 한다.
- (2) 상부의 하중용 압축판은 시험기의 상부 압축판에서 부터 중간의 구면을 끼워 하중을 받는다.
- (3) 부속기구의 구면은 그다지 큰 마찰 없이 수직면으로 미끄러지는 구조로 구성한다.
- (4) 하중용 압축판이 최초 공시체에 접촉 후, 시험 중에는 그 상태로 고정되도록 구면을 쉽게 회전할 수 있게 한 것으로 한다.
- (5) 부속 기구를 사용시에도 압축강도기의 모든 규격은 같이 적용된다.

3) 비고

- (1) 부속기구의 구면에 기름칠을 하는 것은 좋지만, 하중을 가하는 중에 하중용 압축판이 이동을 하여서는 안 된다.
- (2) 공시체의 파괴 후는 각 부가 최초의 위치로 자동으로 돌아오는 것이 좋다.

● 대표적인 부속기구 도면



● 각종 부속기구 (지그)



● 부속기구 장착 (사례)



□ 수시점검

No.	항목	내용	세부내용	권장 주기	KS 주기 규정	spe'c	관련 규격	비고	부적합시 조치사항
1	향온향습기	온도		4시간	●	(20±1) °C	KS, JIS, ISO	기록	조정
2		습도			●	90 % 이상	KS, JIS, ISO	기록	조정

No.	항목	내용	세부내용	권장 주기	KS 주기 규정	spe'c	관련 규격	비고	부적합시 조치사항	
1	시험체 물	누수여부	실링제	사용시	●	육안	JIS, ISO		조정	
2		결합상태	직각, 흔들림				직각자, 육안	KS, JIS, ISO		폐기, 조정
3		내측 면의 상태	마모, 굴곡				표면거칠기 N8	KS, JIS, ISO		폐기
4		윗면 상태	마모, 굴곡				육안			폐기
5		치수	내부 치수							
6	금속 테	몰드 내측면과 치수	내측 1mm이내				측정	KS, JIS, ISO		교체
7		몰드와 접촉상태	견고				육안	KS, JIS, ISO		교체
8	압축강도기	상하판의 상태	면의 상태, 수평				표면거칠기 N3~N6, 하판의 수평	KS, JIS, ISO		조정 및 교체
9	보조기구 상태	계량용기	청결, 건조상태						물계량용기	
10	탈형유(실링유)	그리스 등	상태			●	점도 유지		수밀성 확보	교체
11	유리판(몰드 보호판)	청결상태	몰드와 접촉 상태				육안		간극 유지	교체

No.	항목	내용	세부내용	권장 주기	KS 주기 규정	spe'c	관련 규격	비고	부적합시 조치사항	
1	실험실	온도		매일	●	(20±2) °C	KS, JIS, ISO		조정	
2		습도			●	50 %	KS, JIS, ISO		조정	
3	시료보관실	온도			●	(20±1) °C	KS, JIS, ISO		조정	
4	양생 수조	온도			●	(20±1) °C	KS, JIS, ISO		조정	
5		pH					pH 12 이상	KS, JIS, ISO, ASTM		조정
6		순환상태				●	완만한 흐름	KS, JIS, ISO		조정
7		성형체의 침수 상태				●	5 mm 이상	KS, JIS, ISO		보충
8	저울	수평					수평 수포			조정

□ 일정 기간 점검

No.	항목	내용	세부내용	권장 주기	KS 주기 규정	spe'c	관련 규격	비고	부적합시 조치사항	
1	물탈막서기	간극	날과 용기 사이	1회/월		(3±1) mm	KS, JIS, ISO		조정	
2		회전속도	저속			자전 : 140±5, 공전: 62±5 (분당)	KS, JIS, ISO		조정	
3		회전속도	고속			자전 : 385±10, 공전: 125±5 (분당)	KS, JIS, ISO		조정	
4	시험체 물	무게				진동 다짐기 구동부+몰드+테 합 = (20±0.5) kg	KS, JIS, ISO		폐기, 수정	
5	금속 테	무게				진동 다짐기 구동부+몰드+테 합 = (20±0.5) kg	KS, JIS, ISO		교체	
6		치수	H 값			스프레더 치수와 합일	KS, JIS, ISO		스프레더 교체	
7	진동 다짐기	간극	낙하높이				(15±0.3) mm	KS, JIS, ISO	게이지 사용	수리
8		충격 주기	회수				60회/(60±3)초	KS, JIS, ISO		수리
9	압축강도기	재하속도	재하시 수치 확인				(2400±200) N/s	KS, JIS, ISO		수리
10	보조기구 상태	스프레더	치수				대형 : H +15mm, 소형 : H - 5mm	KS, JIS, ISO		교체
11		쇠자	길이 방향 면상태				육안			교체

No.	항목	내용	세부내용	권장 주기	KS 주기 규정	spe'c	관련 규격	비고	부적합시 조치사항
1	압축강도기	검교정		1회/년	●				수리
2	저울	검교정							수리
3	진동 다짐기	구동부 무게	헤드, 구동축의 합				: (20±0.5) kg - (몰드무게) - (테무게)	KS, JIS, ISO	

□ 진동다짐기 무게 (구동부 + 시험체 틀 + 테)

- 1) 진동다짐기(Jolting apparatus)의 구동부는 한쪽이 구속되어 있는 구조이다.
- 2) 무게 측정을 위해서는 고정 축을 분리해야 하나, 분리 후 재결합과정에서 기기의 변형이 발생할 수 있는 여지가 있다.
- 3) 구동부의 무게가 성형에 미치는 영향
 - 진동다짐의 방법에서 자유 낙하 하중에 따라 시험체에 가해지는 충격력의 차이가 발생하여, 압축력의 차이가 발생할 소지가 있음
 - 각 제조사별로 공시체 틀과 테의 무게가 상이하여, 진동다짐기의 구동부 무게도 상이 할 것으로 예상됨
- 4) 향후 진동다짐기의 구동부 무게 측정 방법의 방안의 모색이 필요하다.
 - ※ 진동다짐기의 무게 : 진동다짐기 구동부(팔과 클램프를 결합한 평면대) + 시험체 틀 + 테

□ 시험체 틀과 압축강도기 압축판의 표면마무리 규격

- 1) KS의 시멘트 강도 시험법에는 2개의 장비에 표면마무리 정도에 대한 규정이 있다.
- 2) 해당 장비 : 시험체 틀, 압축강도기의 상·하 압축판
- 3) 표면마무리의 상태가 결과에 미치는 영향
 - 표면마무리 상태가 규정된 시험장비들은 성형 또는 강도 측정 시에 시험체와 직접 닿는 부위에 해당하는 장비들이다.
 - 결과적으로 시험체의 성형 후, 시험체의 표면상태나, 압축력이 가해지는 정도에 직접적으로 영향을 미치는 인자들이다.
- 4) 표면마무리 상태 측정의 어려움
 - 현실적으로 이 장비들의 표면상태를 규격에서 요구하는 정도의 범위로 점검을 하는 것에는 어려움이 있다.
(상당한 고가의 분석 비용, 분석 기기의 부재)
- 5) 권고 해결방안
 - 시험체 틀 : 틀(Mould)에서 강도에 영향을 주는 면은 안쪽의 수직면으로, 따라서 이 부위에 육안상 결함이 발생한 틀은 교체를 권장한다.
(틀의 표면 마무리 부분은 비교적 폭이 넓은 규격이다. $Ra = 3.2 \mu m$)
 - 압축판 : 압축판의 경우는 매우 엄격한 규격($Ra = 0.1 \sim 0.8 \mu m$)으로 주기적인 교체나 표면가공을 권장한다.
시험 주기 및 관리 정도에 차이가 있으나, 전문 시험자들의 설문 조사결과 교체 주기가 약 3년이 타당하다는 의견이 지배적이었다.