

# ISO 콘크리트 시험방법의 소개

최 재 진

〈천안공업대학 토목공학과, 교수〉

## 1. 개요

ISO(국제표준화기구)의 전문위원회(Technical Committee)의 하나인 TC 71 위원회는 콘크리트, 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트를 취급하며 또 그 안에 콘크리트 시험방법을 다루는 SC 1 위원회가 있다.

여기에 소개하는 내용은 콘크리트 시험방법에 대하여 SC 1 위원회가 마련한 ISO/CD (ISO 규격위원회 원안) 1920-1996에 대하여 일본의 JCI ISO/TC 71 대응 위원회 Working Group이 소개한 것을 토대로 다시 우리의 KS규정과 비교하여 설명한 것이다.

콘크리트 시험방법에 대한 ISO 규격위원회 원안은 다음과 같이 구성되어 있다. 그리고 각 장별로 부속서를 두고 있다.

제1장 굳지 않은 콘크리트의 시료채취

### 1. 적용범위

### 2. 인용규격

### 3. 정의

### 4. 채취방법

### 5. 기구

### 6. 시료채취

#### 6.1 채취계획

#### 6.2 Composite sample의 채취

#### 6.3 Spot sample의 채취

#### 6.4 시료의 운반 및 취급에 있어서의 주의사항

### 7. 시료채취의 증명

제2장 굳지 않은 콘크리트의 품질시험방법

### 1. 적용범위

### 2. 인용규격

### 3. 정의

### 4. 시험방법

#### 4.1 일반

#### 4.2 반죽질기시험

#### 4.3 단위용적증량시험

4.4 공기량(水柱法, 압력법)시험

5. 결과보고

제3장 공시체 제작과 양생방법

1. 적용범위
2. 인용규격
3. 정의
4. 공시체 및 몰드의 규격 및 허용오차
5. 기구
6. 공시체 제작
7. 공시체 양생
8. 크기 측정
9. 결과보고

제4장 경화한 콘크리트의 강도시험방법

1. 적용범위
2. 인용규격
3. 정의
4. 시험방법
  - 4.1 개요
  - 4.2 압축강도시험
  - 4.3 휨강도시험
  - 4.4 쪼갬인장강도시험
5. 결과보고

제5장 강도 이외의 경화한 콘크리트의 품질 시험방법

1. 적용범위
2. 인용규격
3. 정의
4. 시험방법
  - 4.1 경화한 콘크리트의 단위용적중량 시험
  - 4.2 가압침투깊이시험
5. 결과보고

제6장 코어 채취, 성형 및 강도시험방법

1. 적용범위
2. 인용규격
3. 정의
4. 기구
5. 코어 채취
6. 외관검사와 측정
7. 코어 준비
8. 압축강도시험
9. 시험결과의 계산
10. 결과보고

제7장 경화한 콘크리트의 비파괴시험방법

1. 적용범위
2. 인용규격
3. 정의
4. 시험방법
  - 4.1 반발도법시험
  - 4.2 초음파속도법시험
  - 4.3 인발시험
5. 결과보고

## 2. 제1장(굳지 않은 콘크리트의 시료 채취)의 주요사항

제2장의 굳지 않은 콘크리트의 품질 및 제3장의 경화한 콘크리트의 품질을 시험하기 위해서 공시체의 제작과 양생을 하기 위한 굳지 않은 콘크리트의 채취방법을 규정한다.

여기서는 시료(Sample)에 대해서 보다 명료한 정의를 도입하여 각종 시료의 구분을 명확히 하고 있다.

시료채취와 관련하여 다음과 같이 KS에는 없는 용어를 사용하고 그 채취방법을 규정하고 있다.

배치(Batch) : 배치식 믹서의 1회 혼합에 의한 콘크리트의 양, 하나의 운반차로 운반된 레디믹스트 콘크리트의 양 또는 연속믹서로부

터 1분간 배출된 콘크리트의 양을 말한다.

Composite sample : 1배치 또는 일정 용량의 콘크리트에서 채취된 많은 Increment에 의한 콘크리트의 양으로 이것은 유동하고 있는 콘크리트에서, 또는 스킵으로 한 삼씩 채취한 어느 시리즈의 Increment를 모은 무더기로부터 채취한 것이다. 그래서 이들 Increment는 충분히 다시 혼합해야 한다.

Spot sample : 1배치 또는 어느 용량의 콘크리트의 일부로부터 채취된 콘크리트의 양으로 유동하고 있는 콘크리트로부터 또는 어느 장소에서의 콘크리트 무더기로부터 채취한다.

Increment : 스킵으로 채취된 한 삼 분량의 콘크리트의 양을 말한다.

채취계획을 세울 경우 먼저 Composite sample 또는 Spot sample 중 어느 것을 채택할 것인가를 결정한다. 시료량은 사용하는 시험방법에 따라 다른데 시험에 필요한 양의 1.5배 이상으로 정하고 있다. Composite sample을 하는 경우는 채취직전에 충분히 다시 비벼둔다. Increment의 필요한 수는 각 배치 모두 같게 한다.

한편 배치믹서와 레디믹스트 콘크리트의 운반차로부터 최초와 최후의 콘크리트를 폐기해야 한다고 되어 있는데 그 용량은 규정되어 있지 않다. 또 쌓인 콘크리트로부터 시료를 채취하는 경우는 적어도 5개소 이상, 높이방향과 수평방향 각각 다른 곳에서 채취하도록 하고 있다.

유하하는 콘크리트로부터 채취하는 경우는 그 흐름의 폭과 두께 전체를 대표하도록 Increment를 채취해야 한다. 또한 시료채취의 증명서에도 어떤 방법으로 시료채취가 이루어졌는지를 명시하는 동시에 시료채취자의 사인을 요구하여 책임소재를 명확히 하고 있다.

### 3. 제2장(굳지 않은 콘크리트의 품질 시험방법)의 주요사항

#### 3.1 시험방법의 개요

제2장은 굳지 않은 콘크리트의 반죽질기, 단위용적중량 및 공기량 시험방법을 규정하고 있다.

반죽질기의 측정에는 슬럼프시험, 비비시험, 다짐계수시험 및 플로우 테이블시험이 규정되어 있다.

공기량의 측정에는 수주법(水柱法)과 압력법에 의한 시험방법이 규정되어 있는데 이들은 모두 Boyle-Mariotte의 원리를 이용한 것이다. 이 방법으로 측정할 수 있는 콘크리트의

[표 1] 슬럼프값의 등급

등급	슬럼프(mm)
S1	10~40
S2	50~90
S3	100~150
S4	160 이상

[표 2] 비비(Vebe)값의 등급

등급	비비(초)
V0	≥31
V1	30~21
V2	20~11
V3	10~5
V4	≤4

[표 3] 다짐계수의 등급

등급	다짐계수
C0	≥1.46
C1	1.45~1.26
C2	1.25~1.11
C3	1.10~1.04

(표 4) 플로우값의 등급

등급	플로우값(mm)
F1	≤340
F2	350~410
F3	420~480
F4	490~550
F5	560~620
F6	≥630

(표 5) 다짐방법의 기준

방법	반죽질기 등급			
	슬럼프	Vebe	다짐개수	플로우
내부진동기	S1, S2, S3	V1, V2, V3	C1, C2, C3	F1, F2, F3
진동테이블	S1, S2	V0, V1, V2	C0, C1, C2	F1, F2
다짐봉	S3, S4	V3, V4	S3	F3, F4
다짐막대	S1, S2	V0, V1, V2	C0, C1, C2	F1, F2

(표 6) 슬럼프시험에서의 KS와 ISO 규격안의 차이

항목	KS F 2402	ISO/CD 1920-1996
시료의 다짐방법	부피로 3층	높이로 3층
슬럼프 콘을 들어 올리는 시간	2~3초	2~5초
슬럼프 측정위치	무너진 콘크리트의 중앙부	무너진 콘크리트의 최고부
표시방법	0.5cm 단위	10mm 단위

적용범위는 보통골재 또는 치밀한 골재로 45mm체를 통과한 것이다. 따라서 경량골재나 슬래그 또는 다공질 골재를 사용한 콘크리트에는 적용할 수 없다.

본 규격에서 특징적인 것은 이하에 나타낸 바와 같이 반죽질기의 등급과 다짐방법의 기준을 제시한 점이다(표1~표5 참조).

[표6]은 슬럼프 시험방법에서의 KS와 ISO 규격의 주요 차이점을 나타낸 것이다. 또 슬럼프 시험의 적용범위는 슬럼프 10~18cm가 적당하며 이 범위를 벗어나 시험을 실시하는 것은 적당하지 않고 다른 방법을 고려할 필요가 있다고 기술하고 있다.

#### 4. 제3장(공시체 제작과 양생방법)의 주요사항

경화한 콘크리트의 품질을 시험하기 위한 공시체의 크기와 제작 및 양생방법을 규정하고 있다.

KS에 사용하지 않는 용어로서 Normal size(공칭치수)와 Designated size(지정치수)가 정의되어 있다. 전자는 일반적인 공시체의 크기이며 다시 그 속에 Preferred size(추천치수)가 제시되어 있다. 후자는 공시체 치수를 사용자가 지정한 것이지만 자유로이 지정할 수 있는 것은 아니며 공칭치수로부터 일정 허용범위에서 다른 치수의 것을 사용할 수 있도록 한 것이다.

공시체의 모양으로는 입방체, 원주체, 정4각형 단면의 각주체가 규정되어 있다. 각각 한 변, 지름, 단면이 Basic dimension d로 되어 있고 d는 굵은골재 최대치수의 4배 이상으로 규정하고 있다.

입방체 공시체의 공칭치수는 100, 150, 200, 250, 300mm이며 그중 추천치수는 100mm와 150mm이다. 입방체 공시체의 지정치수는 공칭치수와 같다.

원주공시체의 공칭치수는 100, 113, 125, 150, 200, 250, 300mm이며, 높이는 2d로 규정하고 있다. 이중 추천치수는 100×200mm와 150×300mm이다. 지정치수는 공칭치수로부터 ±10% 이내의 것으로 정하고 있다.

각주공시체의 공칭치수는 d가 100, 150, 200, 250, 300mm이며, 길이는 3d, 4d, 5d로 규정하고 있다. 이중 추천치수는 100×100×400mm와 150×150×600mm이다. 지정치수는 d가 공칭치수와 같고 길이는 공칭치수로부터 ±10% 이내의 것으로 정하고 있다.

다짐기구는 다음 중 하나를 사용한다.

- ① 지름이  $d$ 의  $1/4$  이하인 진동수 120Hz 이상의 내부진동기
- ② 진동수가 40Hz 이상인 진동대
- ③ 원형단면으로 지름  $16 \pm 1\text{mm}$ , 길이  $600 \pm 5\text{mm}$ 의 구형에 가까운 단부를 가지는 곧은 강제 다짐봉
- ④ 정4각형 또는 원형단면으로 1.8kg 이상의 무게를 가지는 강제 다짐막대

공시체의 준비로서 시료채취는 제1장의 방법에 따른다. 몰드에 채우기 전에 시료를 다시 비빈다. 다짐은 쳐 넣은 직후에 분리나 레이탄스(Laitance)가 생기지 않도록 충분히 실시한다. 다짐방법은 반죽질기에 따라 [표5]에서 선택한다. 각각의 층을 다진다. 손으로 다지는 경우는 1층의 높이를 50mm로 한다.

공시체에는 구별을 위해 내구성이 있는 표식을 붙인다.

공시체는 친 후 16시간 이상, 3일 이내,  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 온도에서 몰드 내에서 양생한다. 이 기간 중에 충격이나 진동이 가해져서는 안되며 건조되지 않도록 한다.

탈형 후의 공시체는 시험 직전까지  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  (고온지역에서는  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ )의 온도에서 수중 또는 RH 95%의 공기 중에 둔다.

우리나라에서는 압축강도 시험용 공시체로서 지름 100mm와 150mm의 원주체가 사용된다. 굵은골재 최대치수 40mm의 골재를 사용한 콘크리트의 경우  $d$ 를 굵은골재 최대치수의 4배 이상으로 하면 160mm가 되어 지름 150mm의 원주체는 ISO 규격에 적합하지 않게 되나 실제로는 40mm체 대신에 37.5mm의 체를 사용하기 때문에 그 4배는 150mm가 되어 문제가 되지 않을 것으로 보인다.

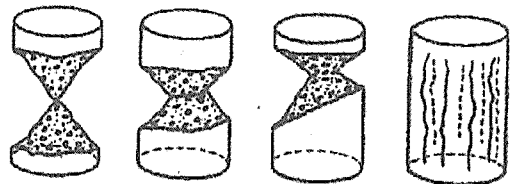
다음으로 휨강도용 공시체로서 우리나라에서는  $150 \times 150 \times 530\text{mm}$ 가 사용되어 제3장

의 규정과는 다르다. 또한 굵은골재 최대치수의 문제는 압축강도의 경우와 같다.

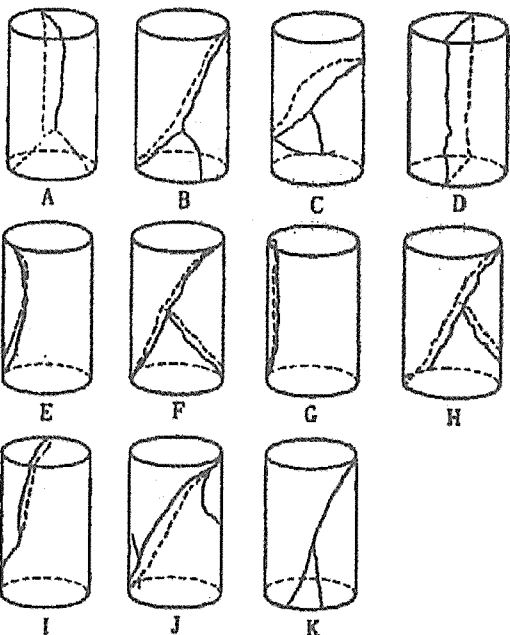
## 5. 제4장(경화한 콘크리트의 강도 시험방법)의 주요사항

### 5.1 압축강도시험방법

재하시의 응력증가는 최대하중에 도달하기 까지 매초  $0.6 \pm 0.4\text{N/mm}^2$ 의 일정속도로 규



(a) 합격의 파괴형태



(b) 불합격의 파괴형태

(그림 1) 파괴형태의 분류

정하고 있어 KS F 2405에서 규정한 재하속도 (매초 0.15~0.35N/mm<sup>2</sup>)보다는 3~4배 빠른 속도까지 ISO는 인정하고 있다.

한편 공시체의 파괴 형태에 대한 합격 불합격을 판정하며 불합격의 경우에는 [그림1]과 같이 분류된 파괴형태 중에서 가장 가까운 기호를 기록하도록 하고 있다.

한편 부속서에는 공시체의 캡핑(Capping) 방법으로 다음 5가지를 제시하고 있으며 각각의 적용한계강도를 제시하고 있다.

- ① 기계연마 : 무제한
- ② 고알루미나시멘트에 의한 캡핑 : 50N/mm<sup>2</sup> 이하
- ③ 유황혼합물에 의한 캡핑 : 50N/mm<sup>2</sup> 이하
- ④ 고강도유황혼합물에 의한 캡핑 : 100N/mm<sup>2</sup> 이하
- ⑤ 모래상자에 의한 캡핑 : 100N/mm<sup>2</sup> 이하

## 5.2 휨강도 시험방법

각주 공시체를 3등분점 재하법에 의해 시험하여 휨강도를 구하도록 되어있다.

공시체는 정사각형의 단면으로 높이(=폭) d가 100, 150, 200, 250, 300 mm(100 및 150mm가 표준)이며 길이는 4d가 표준이다. 재하시의 응력증가는 0.06±0.04N/mm<sup>2</sup>의 일정속도로 규정하고 있다. 또 중앙점 하중법도 인정하고 있다.

## 5.3 인장강도 시험방법 (쪼갠인장강도 시험방법)

정육면체 또는 원주공시체를 사용한 쪼갠인장강도 시험방법을 규정하고 있다.

정육면체 한 변의 길이는 100, 120, 150, 200, 250, 300mm(100 및 150mm가 표준)

로 한다.

원주공시체는 단면의 지름이 d일 때 높이는 2d로 하며 d는 100, 113, 125, 150, 200, 250, 300mm(100 및 150mm가 표준)로 한다. 재하속도는 0.06±0.04N/mm<sup>2</sup>로 규정하고 있다.

최대하중 F를 측정하고 쪼갠인장강도 f<sub>ct</sub> (N/mm<sup>2</sup>)는 식(1)에 의해 계산한다.

$$f_{ct} = 2F/\pi \cdot d \cdot L \quad (L : \text{경간}) \dots\dots\dots(1)$$

## 6. 제5장(강도 이외의 경화한 콘크리트의 품질시험방법)의 주요사항

제5장에서는 경화콘크리트의 단위용적중량 시험방법 및 가압침투깊이 시험방법이 규정되어 있다.

### 6.1 경화한 콘크리트의 단위용적중량 시험방법

건조상태, 표건상태 또는 절건상태의 공시체의 부피 및 중량을 측정하여 단위용적중량을 산출한다.

공시체의 최소용량은 굵은골재 최대치수(d)가 25mm 이하일 때 1 l, 25mm를 넘는 경우는 50d<sup>3</sup>으로 한다. 공시체의 부피는 일정한 모양이면 치수를 사용하여 계산에 의해 구하며, 불규칙한 모양일 때는 식(2)에 의해 구한다.

$$V = (m_a - m_w) / \rho_w \dots\dots\dots(2)$$

여기서

V : 공시체의 부피 (m<sup>3</sup>)

m<sub>a</sub> : 공기중에서 표건상태의 공시체 무게 (kg)

$m_w$  : 공시체의 수중무게 (kg)  
 $\rho_w$  : 20 °C 물의 밀도, 998kg/m<sup>3</sup>

이 계산법은 경량콘크리트 등 큰 공극을 갖는 콘크리트에는 적용할 수 없다.

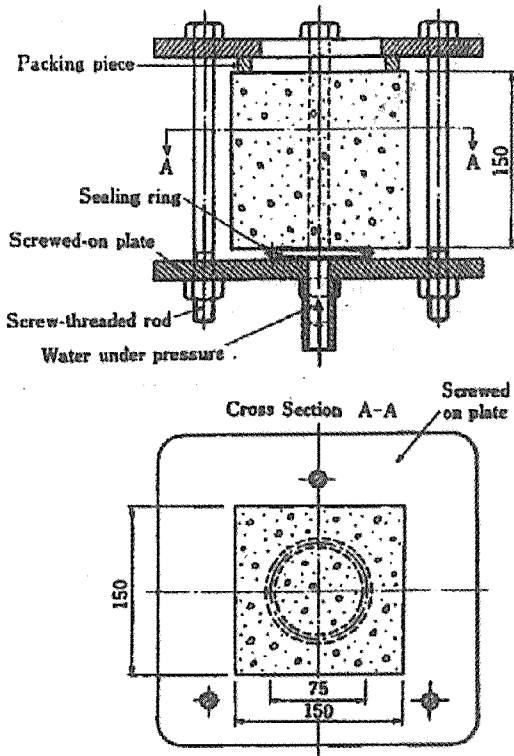
공시체의 단위용적중량은 식(3)에 의해 10kg/m<sup>3</sup>까지 구한다.

$$D = m / v \dots\dots\dots(3)$$

여기서

D : 공시체의 단위용적중량 (kg/m<sup>3</sup>)  
 m : 공시체의 무게 (kg)  
 v : 공시체의 부피 (m<sup>3</sup>)

## 6. 2 가압침투깊이 시험방법



(그림 2) 가압침투깊이 시험방법

공시체 표면에 수압을 가하여 침투한 물의 길이를 측정함으로써 콘크리트의 수밀성을 평가하는 시험방법이다. 공시체의 크기는 지름 150mm 이상, 높이 100mm 이상, 높이/지름 0.5 이상이며, 제3장에 따라 수중양생을 하고 28~35일 재령에서 시험한다.

공시체에서 수압을 받는 면은 철술로 거칠게 한 후 고무 등의 실(Seal)재를 사용하며 공시체 지름의 1/2 정도에 500±50 kPa의 수압을 72±2h 작용시킨 다음(그림2 참조) 공시체를 수압의 작용면에 대해 수직방향으로 둘로 쪼개 최대침투깊이를 1mm 단위까지 측정한다.

## 7. 제6장(코어 채취, 성형 및 강도시험방법)의 주요사항

경화한 콘크리트로부터의 코어 채취방법, 평가방법, 압축강도 시험방법을 규정하고 있다.

주요 내용은 다음과 같다.

- 기구 : 코어 드릴, 압축시험기, 저울, 자
- 코어 채취 : 채취위치의 주의, 코어 링, 코어 지름(100mm, 150mm), 코어 길이, 코어의 마킹, 철근에 대한 주의(축방향 철근이 들어가서는 안 된다)
- 시험 : 외관검사, 치수측정, 무게측정, 단위용적중량의 산정
- 준비 : 단면처리, 높이/길이 비(정육면체 공시체와의 비교가 전체이면 1.0, 원주공시체와의 비교이면 2.0)
- 압축강도시험 : 시험시까지의 보관상태, 압축강도시험
- 시험결과와 산출
- 보고

참고로 우리나라에서는 코어시험에 대해

KS F 2422( 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법)에 규정하고 있다.

## 8. 제7장(경화한 콘크리트의 비파괴 시험방법)의 주요사항

제7장에는 반발도법, 초음파속도법 및 인발법의 3가지 시험방법이 규정되어 있다.

### 8.1 반발도법

슈미트 햄머로 콘크리트 표면을 타격하고 반발도를 측정하여 콘크리트의 성질을 평가하는 방법이다. 시험은 대략 30cm × 30cm의 범위로 콘크리트 깊이가 10cm 이상일 경우에 실시한다. 측정점의 수는 9점 이상으로 하며, 측정점의 간격은 25mm 이상 또 단부에서 25mm 이상 떨어진 위치이어야 한다. 결과는 전체 측정치의 중앙치로 나타낸다. 만약 측정치의 20% 이상이 중앙치와 6 이상 떨어진 경우는 모든 데이터를 파기한다. 시험은 반발도를 구하는 것인데 부속서 A에는 반발도와 콘크리트 강도의 강도를 구하는 방법 및 측정에 영향을 미치는 요인을 정리하여 설명하고 있다.

### 8.2 초음파 속도법

초음파 펄스가 콘크리트의 어느 위치에서 다른 점까지 도달하기까지의 시간을 측정하여

콘크리트 내부의 초음파 속도를 구하는 시험이다. 주파수는 통상 20~150kHz를 사용한다. 발진자와 수신자의 배치에 대해서는 콘크리트의 대향면에 배치하는 직접법, 인접하는 면에 설치하는 반직접법 및 동일면에 설치하는 반사법의 3종류가 제시되어 있는데 이중 직접법을 추천하고 있다. 또 부속서 E에서는 측정에 영향을 미치는 요인을 설명하고 있다. 측정거리는 굵은골재 최대치수가 20mm 이하인 경우 10cm 이상, 최대치수 20~40mm의 경우는 15cm 이상을 추천하고 있다.

초음파속도와 강도의 관계에 관해서는 부속서 F에 설명하고 있다.

### 8.3 인발법

콘크리트 속에 장치를 매립하고 그것을 잡아 뽑을 때에 요하는 힘을 측정하는 시험이다. 매립방법은 콘크리트 치기 전에 설치해 두는 방법과 경화 후에 설치하는 방법을 제시하고 있다. 매립 헤드는 지름 25±0.1mm, 반력 링은 반지름 55mm, 바깥지름 70mm로 정해져 있다.

시험장소는 서로 20cm 이상 떨어진 곳 또 단부에서 10cm 이상 떨어진 곳이어야 하며 콘크리트의 두께는 10cm 이상이어야 한다.

인발시의 재하속도는 0.5±0.2kN/s로 하며, 파괴에 이르기까지의 최대하중을 기록한다. 인발력과 콘크리트 강도의 관계에 대해서는 부속서 G에 기술하고 있다.