

한국콘크리트학회 제 규격

Chapter 08

KCI-RM

1 적용범위

이 표준은 레미콘 타설 현장에서 굳지 않은 콘크리트의 단위수량을 정전용량법, 단위용적질량법(에어미터법), 고주파가열법, (가칭)마이크로파법 등을 이용하여 신속하게 측정할 수 있는 시험 방법에 대하여 규정한다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

KS A 0001	표준의 서식과 작성방법
KS A 5101-1	시험용 체-제1부: 금속망 체
KS F 2401	굳지 않은 콘크리트의 시료 채취 방법
KS F 2409	굳지 않은 콘크리트의 단위용적 질량 및 공기량 시험 방법(질량방법)
KS F 2421	압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험 방법
KS F 2503	굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험 방법
KS F 2504	잔골재의 밀도 및 흡수율 시험 방법
KS L 5110	시멘트의 비중 시험 방법
KS M 0009	화학제품의 감량 및 찌끼의 측정 방법

3 시험용 측정기기

시험에 사용되는 측정기기 및 시험기구는 다음과 같은 성능 이상의 것을 사용한다. 또한, 공인시험기관으로부터 교정된 것을 사용하고, 사전에 품질관리자에게 승인을 얻어야 한다.

3.1 정전용량법

고주파 유전율 방식을 이용하여 단위 수량을 측정하며, 다음 사항을 만족하여야 한다.

- a) 사용되는 고주파 주파수는 50 MHz로 정전 용량 및 전기저항의 측정이 가능하여야 한다.
- b) 적정 수준의 검량선이 입력되어 있어야 하며, 사용 재료의 품질 변동에 따른 검량선 변경이 가능하여야 한다.
- c) 측정에 사용되는 측정 용기의 내부 용적은 300 cc 이상이어야 한다.

- d) 모르타르를 사용하여 측정하는 경우, 사용하는 체 진동기의 가속도 진동량은 18 m/s^2 이상, 속도 진동량은 35 mm/s 이상, 변위 진동량은 0.27 mm 이상이어야 한다.

3.2 단위용적질량법(에어미터법)

단위 용적 질량의 변화를 이용하여 단위 수량을 측정하며, 다음 사항을 만족하여야 한다.

- 단위 수량과 공기량 측정 시 주수법이 가능하여야 하며 측정 용기의 용적은 7ℓ로 한다.
- 뚜껑의 상부에는 용기의 약 5%의 내용량을 가진 공기실을 가지고 있어야 한다.
- 공기실 내의 고압 공기를 용기에 분출할 수 있는 작동 밸브를 가지며, 작동 밸브는 공기실에 물이 침입하지 않는 구조로 되어야 한다.
- 측정 용기와 뚜껑을 조립하였을 때 100 kPa의 압력에도 공기 및 물이 새지 않는 구조이어야 한다.
- 압력계의 용량은 100 kPa에서 1,00 kPa 정도의 감도인 것으로 한다.

3.3 고주파가열법

고주파가열장치(전자레인지)를 이용하여 가열건조 전후의 질량차를 통해 단위 수량을 측정하며 다음 사항을 만족하여야 한다.

- 고주파가열장치는 고주파의 정격출력이 1,700 W 이상이어야 한다.
- 내부 챔버의 크기는 시료 용기의 크기($230 \pm 30 \text{ mm}$)를 고려하여 가로 $300 \times$ 세로 $300 \times$ 높이 150 mm 이상이어야 한다.
- 고주파 정격출력 1,700 W로 15분 이상 연속 가열 시에도 성능에 문제가 없어야 한다.
- 스크리닝(wet-screening)에 사용하는 체 진동기는 3.1절 d)에서 규정하는 동등 성능 이상의 것을 사용한다.
- 시료 용기의 크기는 $230 \pm 30 \text{ mm}$ 이며, 재질은 알루미늄이나 도가니로 고주파 정격출력 1,700 W로 15분 이상 연속 가열 시에도 성능에 문제가 없어야 한다.
- 고주파가열장치의 국부적 온도상승에 따른 파손을 보호하기 위해 사용하는 스페이서는 가로 $20 \times$ 세로 $20 \times$ 길이 100 mm 의 형태로 고주파 정격출력 1,700 W로 15분 이상 연속 가열 시에도 성능에 문제가 없는 재질(내화벽돌 등)이어야 한다.

3.4 마이크로파법

콘크리트에 투과되는 마이크로파가 물분자에 의해 진폭감쇠, 주파수 변동, 시간차가 발생하는 원리를 이용하여 단위수량을 측정하며, 다음 사항을 만족하여야 한다.

- 마이크로파가 발신 및 수신되는 프로브는 세라믹 재질이어야 하며, 굳지 않은 콘크리트에 반복삽입에 충분한 마모저항성을 확보하여 성능에 문제가 없어야 한다.
- 사용되는 마이크로파의 주파수는 600 MHz~1.2 GHz의 극초단파(UHF)로 한다.
- 마이크로파가 침투되는 깊이는 프로브 표면으로부터 30 mm 이상이어야 한다.
- 측정에 사용되는 시료 용기는 무주수법 공기량 측정기¹⁾로 한다.

1) KS F 2421 (압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험 방법)에 따른다.

4 단위 수량 측정 횟수

단위 수량 측정은 콘크리트 150 m³마다 콘크리트 타설 직전 1회 이상 측정하며, 필요에 따라 품질관리자와 협의하여 측정 횟수를 조정할 수 있다. 단, 150 m³ 이하로 콘크리트를 타설하는 경우에는 콘크리트 타설 직전 1회 측정하는 것으로 한다.

5 시험 방법

5.1 정전용량법

정전용량법을 이용한 콘크리트의 단위 수량은 다음과 같이 측정한다.

5.1.1 기본 데이터 입력

- a) 콘크리트의 시방배합, 결합재의 밀도, 잔골재의 밀도 및 흡수율, 굵은 골재의 밀도 및 흡수율 등을 단위 수량 측정기기에 입력한다.
- b) 공기량은 KS F 2421에 따라 측정한 공기량을 단위 수량 측정기기에 입력한다.
- c) 뚜껑을 포함한 시료가 들어있지 않은 상태의 측정 용기의 질량을 1g 단위로 측정하여 입력한다.

5.1.2 시료 준비

- a) 콘크리트의 시료 채취는 KS F 2401에 따르며, 채취량은 5ℓ로 한다.
- b) 채취한 콘크리트 시료를 KS A 5101-1에서 규정하고 있는 4.75 mm체로 스크리닝(wet screening)하여 굵은 골재를 분리한 모르타르를 채취한다. 일반강도 콘크리트의 경우 손에 의한 체가름 및 기계식 체진동기의 활용 모두 가능하지만, 고강도 및 고유동 콘크리트와 같이 점성이 높은 경우에는 체진동기를 사용한다. 스크리닝은 체 상부에 굵은 골재만 남을 때까지 충분히 하며 시간은 2분을 초과하지 않도록 한다.
- c) 스크리닝하여 채취한 시료를 측정 용기에 2회에 나누어 충전하고 다짐봉으로 15회씩 다짐한 후 상면을 평활하게 고른 후 전극 접점부와 외부에 묻은 이물질을 마른 천으로 깨끗이 제거한다.

5.1.3 단위 수량 측정

- a) 기본 데이터가 정확히 입력되었는지를 확인하고 준비된 시료(시료+용기)의 질량을 1g 단위로 측정하여 그 값을 입력한다.
- b) 측정기기의 영점 조정 후 시료가 담긴 측정 용기를 단위 수량 측정기기에 연결하여 단위 수량을 측정한다. 단위 수량 측정은 동일 시료에 대해 3회 반복 측정한 후, 그 평균값을 콘크리트의 단위 수량 값으로 한다.

5.2 단위용적질량법(에어미터법)

에어미터법을 이용한 콘크리트의 단위 수량은 다음과 같이 측정한다.

5.2.1 기본 데이터 입력

- a) 콘크리트의 시방배합, 결합재의 밀도, 잔골재 및 굵은 골재의 밀도, 시멘트 습윤밀도²⁾ 등을 단위 수량 측정기기에 입력한다.
- b) KS F 2421에 따라 측정한 골재 수정계수를 단위 수량 측정기기에 입력한다.

5.2.2 시료 준비

- a) 콘크리트의 시료 채취는 KS F 2401에 따르며, 채취량은 25 ℓ로 한다.
- b) 채취한 콘크리트 시료를 측정 용기에 3회에 나누어 충전하고 다짐봉으로 각 층에 25회씩 균등하게 다진다. 다짐 구멍이 없어지고 콘크리트의 표면에 큰 거품이 보이지 않도록 용기의 옆면을 4면에 걸쳐 3회씩 고무망치로 골고루 두드린다.

5.2.3 단위 수량 측정

- a) 용기에 뚜껑을 장착한 후, 시료+용기+뚜껑의 질량을 1g 단위로 측정하여 그 값을 입력한다.
- b) 주수구와 에어밸브를 개방하고 주수구를 통하여 물을 주수한다. 용기에 묻어 있는 물과 이물질을 제거한 후 시료+용기+뚜껑+물의 질량을 1g 단위로 측정하여 그 값을 입력한다.
- c) 압력펌프를 이용하여 측정 용기에 압력을 가한 후 초기압력을 결정한다.
- d) 주밸브를 열고 공기압이 평형을 이루도록 고무망치로 용기의 옆면을 4면에 걸쳐 3회씩 고무망치로 골고루 두드린다. 공기압이 평형되었을 때의 평형 공기압을 측정하여 입력한다.
- e) 이상의 데이터가 정확히 입력되었는지 확인한 후 단위 수량을 측정한다. 단위 수량 측정은 동일 시료에 대해 3회 반복 측정한 후, 그 평균값을 콘크리트의 단위 수량 값으로 한다.

5.3 고주파가열법

고주파가열법을 이용한 콘크리트의 단위 수량은 다음과 같이 측정한다.

5.3.1 사용 재료의 기본 물성 측정

- a) 잔골재 흡수율 사용 잔골재의 흡수율을 KS F 2504에 따라 측정한다.
- b) 혼화제의 고형분을 레미콘 제조에 사용되는 혼화제의 고형분을 KS M 0009에 따라 측정한다.

5.3.2 시료 준비

- a) 콘크리트의 시료 채취는 KS F 2401에 따르며, 채취량은 5 kg으로 한다.
- b) 채취한 콘크리트 시료를 3회에 나누어 KS A 5101-1에서 규정하고 있는 4.75 mm체로 스크리닝(wet screening)하여 굵은 골재를 분리한 모르타르를 채취한다. 일반강도 및 고강도 콘크리트 모두 3.3절 d)에서 규정하고 있는 기계식 체진동기를 사용하며, 스크리닝하는 동안 헤라를 이용하여 일정한 압력으로 체 상부에 굵은 골재만 남을 때까지 고른다. 스크리닝 시간은 30초로 한다.
- c) 시료 용기를 고주파 가열장치에 넣고 30초간 정격출력 1,700 W로 가열한 후 꺼내어 시료 용기의 질량을 0.1 g 단위로 측정한다.

2) KS L 5110 따른다. 단, 광유 대신 상수도물을 사용하여 측정한다.

- d) 스크리닝하여 채취한 시료 중 400 ± 1 g을 3.3절 e)에서 규정하는 시료 용기에 넣고, 시료 용기 밀면을 손으로 두드려 공기포를 제거하고 시료가 균일한 두께가 되도록 한다. 시료 개수는 2개로 하며, 건조 전 시료의 질량을 0.1 g 단위로 측정한다.
- e) 고주파가열장치 내의 스페이서 위에 시료 용기를 올려놓고 6분 동안 시료를 건조한 후, 꺼내어 건조 후 (시료 용기 + 시료) 질량을 0.1 g 단위로 측정한다. 건조 후 시료의 질량은 다음 식에 따라 계산한다.

$$M_2 = M_2' - M_0$$

여기서, M_0 : 시료 용기의 질량 (g)

M_2 : 건조 후 시료의 질량 (g)

M_2' : 건조 후 시료와 시료 용기의 질량 (g)

5.3.3 단위 수량 계산

단위 수량은 다음 식에 따라 계산하고, 측정값의 자릿수 및 수치 뱃음은 KS A001에 따른다. 단, 소수점 이하는 생략한다.

- a) 잔골재의 흡수분 보정: 다음 식에 따라 잔골재의 흡수분을 보정한다.

$$C_s = \left(\frac{Q_s}{100 + Q_s} \right) S \frac{M_1}{(W + C + S)}$$

여기서, C_s : 잔골재의 흡수분 보정량 (g)

Q_s : 잔골재의 흡수율 (%)

W : 배합상의 단위 수량 (kg/m^3)

C : 배합상의 단위 시멘트양 (kg/m^3)

S : 배합상의 단위 잔골재양 (kg/m^3)

M_1 : 건조 전 시료의 질량 (g)

- b) 혼화제의 고형분 보정: 다음 식에 따라 레미콘 제조에 사용한 혼화제의 고형분을 보정한다.

$$C_{ad} = AD \frac{P}{100} \frac{M_1}{(W + C + S)}$$

여기서, C_{ad} : 고형분의 보정량 (g)

AD : 배합상 혼화제의 단위량 (kg/m^3)

P : 혼화제 중의 고형분율 (%)

- c) 단위 수량 계산: 다음 식에 따라 단위 수량을 계산한다.

$$W_e = \{ (M_1 - M_2) - C_s + C_{ad} \} \frac{(W + C + S)}{M_1}$$

여기서, W_e : 고형분의 보정량 (g)

M_2 : 배합상 혼화제의 단위량 (kg/m^3)

5.4 마이크로파법

마이크로파법을 이용한 콘크리트의 단위수량은 다음과 같이 측정한다.

5.4.1 기본 데이터 입력

- a) 단위수량 측정기기에서 콘크리트에 사용된 재료의 입도(fine/normal/coarse)를 선택한다.

Fine	Normal	Coarse
굵은골재가 적은 경우 굵은골재 비율이 낮아, 잔골재와 바인더의 비율이 높아지는 경우	일반 콘크리트	고강도 콘크리트 1. 굵은 골재 비율이 높은 경우 2. 단위수량 160L/m³ 이하로 고성능 감수제가 사용된 경우

- b) 단위수량 측정기기에 콘크리트에 사용된 골재의 흡수율의 2/3에 해당하는 값을 단위수량 측정기기에 음수로 입력한다.³⁾

5.4.2 기본 데이터 입력시료 준비⁴⁾

- a) 콘크리트의 시료 채취는 KS F 2401에 따르며, 채취량은 20 l 이상으로 한다.
b) 채취한 콘크리트 시료를 측정 용기에 3회에 나누어 충전하고 다짐봉으로 각 층에 25회씩 균등하게 다진 후 고무망치로 용기의 옆면을 4면에 걸쳐 3회씩 골고루 두드린다.
c) 상부면은 곧은자로 여분의 시료를 깎아서 평탄하게 한다.

5.4.3 기본 데이터 입력단위수량 측정

- a) 준비된 시료의 단위 용적 질량을 다음 식으로 구한 후, 단위수량 측정기기에 입력한다.

$$M = \frac{W}{V}$$

여기서, M : 콘크리트 시료의 단위 용적 질량 (kg/m³)

W : 용기 중의 시료의 질량 (kg)

V : 용기의 용적 (m³)

- b) 용기 가장자리에서 중심부로 프로브 측정면이 향하도록 프로브를 충분히 삽입하고, 프로브 위로 30mm 이상의 콘크리트의 두께가 확보되도록 한다.
c) 삽입된 프로브 위치에 가까운 용기 옆면을 고무망치로 4-8회⁵⁾ 두드려서 프로브 측정면에 콘크리트가 밀실하게 다져지도록 한다.

3) 마이크로파법은 사용되는 전자기파의 투과특성으로 인해 골재가 흡수한 수분의 약 66.6 %까지 측정되며, 단위수량에서는 골재가 흡수한 물량은 제외하여야 한다. 일반적인 콘크리트에서는 보통 약 -10 kg/L가 되므로, 정확한 흡수율을 산정할 수 없는 경우, -10을 입력하는 것을 권장한다.

4) 7 L 용기에 밀실하게 채워넣은 시료를 준비하는 과정으로, KS F 2421 에 따라 공기량을 측정하기 위해 준비된 시료를 공기량 시험 직전 혹은 직후에 그대로 사용한다.

5) 측정 프로브면 전방에 시료가 밀실하게 채워지도록 한다.

- d) 이상의 과정이 정확히 실행되었는지 확인한 후 시료의 단위수량을 1회 측정한다.
- e) 프로브 측정부에 묻은 콘크리트를 제거하고, 동일시료에 대해 각각 다른 위치⁶⁾에 삽입하여 5회 반복 측정한 후, 그 평균값을 콘크리트 단위수량 값으로 한다.

6 검사

굳지 않은 콘크리트의 단위 수량은 5절에 따라 시험하며 제시하는 시방배합표 단위 수량과 5.3.3절 c)에 따라 계산된 단위 수량과의 차를 기록한다. 단위 수량 측정값은 동일 시료에 대해 2회 반복 측정한 데이터의 평균값을 원칙으로 하나 콜드조인트, 시공조인트, 경시변화로 인한 시공성 결여 등 현장여건을 고려할 필요성이 있는 경우에는 품질관리자의 판단하에 측정 횟수를 줄일 수 있다.

7 보고

보고는 다음 사항을 기록한다.

- a) 측정일자, 온도 및 습도
- b) 시방배합표
- c) 단위 수량 측정 방법(정전용량법, 단위용적질량법(에어미터법), 고주파가열법)
- d) 측정 단위 수량값
- e) 측정 소요시간

6) 프로브를 용기 가장자리에서 70~90° 간격으로 돌아가며 삽입하여 측정한다. 이때 프로브의 측정면은 항상 용기의 중심부를 향하도록 한다.