

수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법 (해설)

시멘트 KS 協議會

◇…… 編輯者註 : 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법은 1963년 5월 한국공업규격으로 ……◇
 ◇…… 로 제정, 발표된 이래 제 시멘트 관련 규격과 함께 개정·확인되어 현재에 이르고 있다. 한 ……◇
 ◇…… 편 근년에 들어 공업진흥청의 KS 표시품에 대한 사후관리가 업계 자율적인 관리체제로 전환 ……◇
 ◇…… 된데 따라 업계는 1986년 11월 시멘트 KS 표시허가업체 협의회를 구성·운영하고 있는 바 ……◇
 ◇…… 최근 시멘트 규격에 관한 정확한 지식과 기술의 보급을 위해 규격해설집을 발간키로 결의하 ……◇
 ◇…… 고 그 첫번째로서 압축강도 시험방법의 해설 요강을 발표하게 되었으며 그밖의 시험방법에 ……◇
 ◇…… 대해서도 작업을 계속중이다. 본 해설을 위해 힘써 온 운영위원과 각 공장 전문위원 그리고 ……◇
 ◇…… 실무작업을 맡아준 아세아시멘트(주)의 최강순 과장에게 사의를 표한다. ……◇

점에서 시멘트의 강도 시험 방법으로서는 오래 전부터 모르타르에 의한 방법이 채택되어 왔다.

1. 적용 범위

1. 적용 범위 : 이 규격은 50 mm의 입방 시험체를 사용한 수경성 시멘트 모르타르의 압축 강도 시험 방법에 대하여 규정한다.

<해설>

시멘트의 강도 시험은 시멘트의 강도가 규격을 만족하고 있는가를 확인함과 동시에 시멘트의 강도 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

시멘트가 물과 반응(수화반응)하면 서서히 굳어지고 강도를 발현하므로 시일이 경과함에 따라 강도도 증가하는 것이다. 이 강도는 물/시멘트 비율과 양생조건 등의 차이에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 시멘트의 강도 시험 방법은 시멘트의 특성을 잘 나타낼 수 있어야 하며 공시체의 성형 조작도 용이하고 또한 시험 오차가 적은 시험 방법이어야 한다. 이러한 관

2. 장 치

2. 장 치

2.1 저울 용량 : 2,000 g

<해설>

저울은 시험에 충분한 정도를 가짐과 동시에 조작이 간편하여야 한다. 저울용량에 있어서는 시료수에 따라 5,000g 이하, 감도 100 mg인 것을 사용하여도 좋다.

2.2 표준체 용량 : 297 μ, 595 μ

2.3 메스실린더 용량 : 250ml, 500ml

2.4 시험체 성형용 틀 : 50 mm 입방 시험체의 틀은 물이 새지 않는 구조이어야 하며, 3개보다 많은 입방체의 칸을 갖지 않고, 2개보다 많은 부분으로 분리되어도 안

된다. 틀의 각 부분을 조립하였을 때는 견고하게 되어 있어야 한다. 틀은 시멘트 모르타르에 침식되지 않는 경질 금속으로, 새 틀의 경우 그 경도는 HRB 55 이상이어야 한다. 틀의 옆면은 넓어지든가 휘어지는 일이 없도록 견고하여야 한다.

틀 내면은 평면이어야 하고, 새 틀의 허용범위는 0.025 mm, 사용중인 틀은 0.05 mm, 상대면 사이의 거리는 새 틀은 50 ± 0.13 mm, 사용 중인 틀은 50 ± 0.50 mm이고, 틀의 높이는 각 입방체 칸을 따로 측정하여, 새 틀은 $50^{+0.25}_{-0.13}$ mm이어야 한다. 서로 인접하는 내면 사이의 각 및 내면과 윗면 또는 밑면 사이의 각은 그 면의 교선으로부터 조금 떨어진 점에서 측정하였을 때 $90 \pm 0.5^\circ$ 이어야 한다.

2.5 혼합기, 혼합 용기 및 패들 : 혼합기는 전동 혼합기로서, KS L 5109 (수경성 시멘트 반죽 및 모르타르의 기계적 혼합 방법)의 2.1, 2.2 및 2.3의 규정에 따른다.

2.6 플로 테이블 및 플로 틀 : 플로 테이블 및 플로 틀은 KS L 5111 (시멘트 시험용 플로 테이블)의 규정에 따른다.

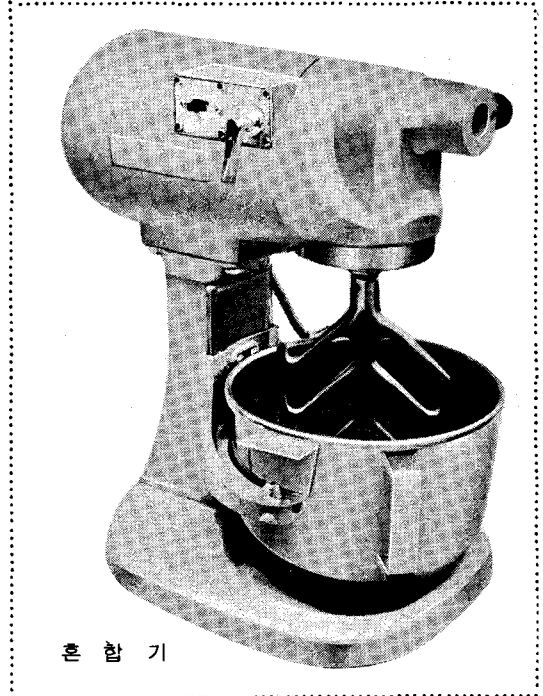
〈해설〉

모르타르의 혼합은 기계적 혼합을 원칙으로 한다. 수작업에 의한 경우는 혼합에 숙련을 필요로 하고 개인 오차가 있기 때문에 가능한 한 기계적인 혼합을 택하는 것이 바람직하다.

혼합기의 회전속도, 패들 및 혼합용기의 형상 치수는 모르타르의 강도시험에 영향을 주므로 구입시에는 KS L 5109 (수경성 시멘트 반죽 및 모르타르의 기계적 혼합방법)에 규정된 기준 설계치수와 동일한 것인지 확인하여야 한다.

1) 혼합기

혼합기는 패들과 혼합 용기를 고정시켜서 패들에 소정의 회전 운동, 유성 운동을 부여하는 장치이다. 패들과 혼합 용기는 혼합 작업 중 각각 단단히 조여져 고정되어 있어야 하며 떼어 내기가 용이하여야 한다. 패들과 혼합 용기를 혼합기에 고정시켰을 때 패들의 중심선은 혼합 용

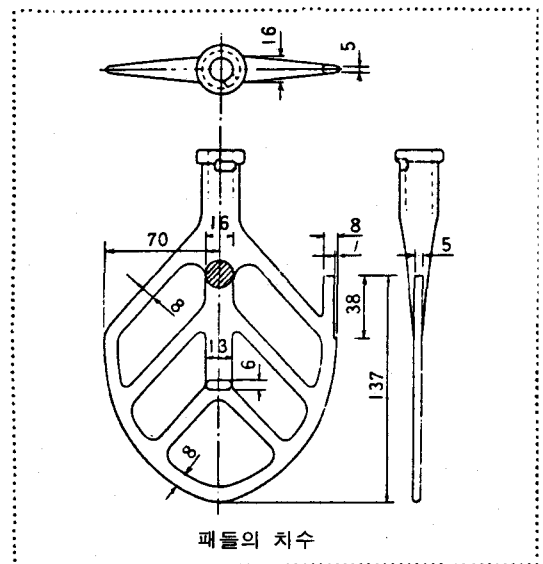


혼 합 기

기의 중심선과 평행이 되어야 한다. 본 규격의 혼합기는 JIS, ASTM, ISO 방법에 의한 시험 및 기타 연구 목적 등에도 사용 가능하다.

2) 패 들

패들의 재질은 시멘트가 침투하지 못하는 비



패들의 치수

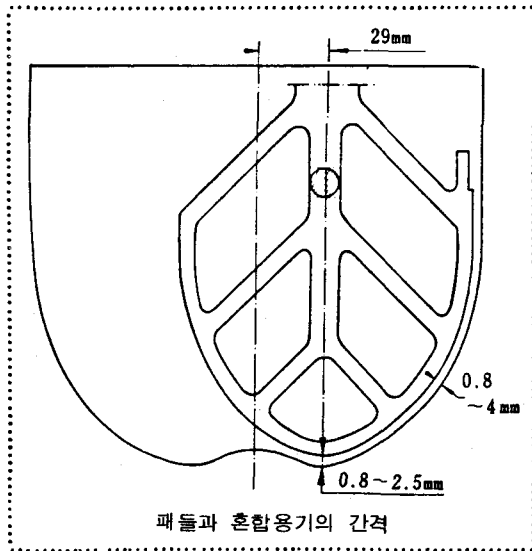
흡수성으로서 기계적으로 변형되지 않는 스테인레스 강이나 철제로 된 것을 사용한다. 패들 중에는 표면 처리가 불량한 것도 있는데 이는 시험 정도에 영향을 주므로 표면이 매끄러운 것을 사용하여야 한다.

3) 혼합 용기

혼합 용기의 재질 또한 시멘트가 침투하지 못하는 비흡수성이며 기계적으로 변형되지 않는 스테인레스 강이나 철제로 된 것을 사용한다.

혼합 용기가 혼합기에 단단히 조여져 있지 않으면, 패들이 모르타르를 혼합할 때 생기는 진동으로 용기가 분리되어 패들과 용기의 간격이 규격을 벗어나면 시험오차의 원인이 된다.

혼합 용기는 두께가 얇기 때문에 변형되지 않도록 취급에 주의하지 않으면 안된다. 또한 장기간 사용하게 되면 패들이 마모되거나 혼합용기가 변형되어 이들의 상대적인 위치가 규격과 일치하지 않을 가능성이 있으므로 양자의 형상과 간격을 수시로 검사하여야 한다.



2.7 템퍼 : 템퍼는 비 흡수성, 내 마모성, 비 취성인 재료, 보기를 들면 쇼어 A 듀로미터 경도(Shore A durometer hardness) 80 ± 10 의 고무 제품이나, 잘 말린 참

나무를 15분간 약 200°C 의 파라핀에 담그어, 비 흡수성으로 한 것 등으로, 단면을 $13 \times 25\text{mm}$ 로 하여, 적당한 길이($120 \sim 150\text{mm}$)로 만든다. 찜는 면은 평평하여야 하며, 길이에 대하여 직각이어야 한다.

<해설>

템퍼는 아크릴 제품으로 사용되 길이는 150mm 로 한다. 찜는 면은 평평하여야 하며 길이에 대하여 직각이어야 한다. 장기간 사용후 단면 중앙의 장방 길이가 3mm 이상 마모되었을 때는 새것으로 교환 사용토록 한다.

2.8 축 손 : 길이 $100 \sim 150\text{mm}$

2.9 시험기 : 시험기는 유압형이나 스크류(Screw)형으로 하고, 윗부분 지지면과 아랫부분 지지면과의 사이는 검정 기구를 넣을 만한 간격을 두도록 한다. 윗부분 지지는 구좌로 하고, 경화한 금속 블록을 기계의 윗부분 헤드의 중심에 견고하게 붙인 것이어야 한다. 구의 중심은 시험체와 접촉하는 블록 표면의 중심에 오도록 되어 있어야 한다. 이 블록은 구좌에 밀착하여 보존되어 있다. 그러나 어떤 방향으로든지 자유롭게 회전하여야 한다. 지지면의 대각선 또는 지름은 50mm 의 대각선보다 조금 크게 하여, 시험체의 중심을 정확하게 맞추기 쉽도록 한다. 시험체의 밑에는 경화 금속 지지블록을 사용하여 기계의 아랫부분 지지판의 마모를 최소한으로 적게 하여야 한다. 시험체와 접촉하는 지지블록 표면의 경도는 HRC 60 이상이어야 한다. 이들의 표면의 정평면으로부터의 편차는 새 블록에서 0.013mm 이하이고, 허용 편차는 0.025mm 이내로 유지되어야 한다.

3. 온도와 습도

3. 온도와 습도 : 반죽판, 건조재료, 틀, 밀판 및 혼합 용기 부근의 공기 온도는 $20 \sim$

27.5 °C로 유지하여야 한다. 혼합수, 습기함, 습기실 및 저장 수조의 물 온도는 23 ± 2 °C이어야 한다. 시험실의 상대 습도는 50 % 이상이어야 하며, 습기함이나 습기실은 95 % 이상의 상대 습도에서 시험체가 저장되도록 제작되어야 한다.

〈해설〉

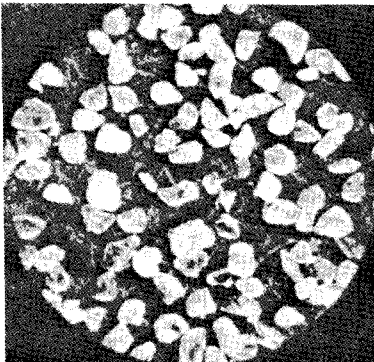
모르타르의 강도는 양생 온도 및 양생 습도에 크게 영향을 받기 때문에 규격에서는 성형에서 침수까지의 혼합수, 습기함, 습기실, 수조의 온도 및 습도를 규정하고 있다. 그러므로 실제의 시험에 있어서는 가능한 한 온도는 23 ± 1 °C, 습도는 95 % 이상 유지토록 하며 시험실 내의 온도와 습도, 습기함이나 습기실 내의 온도와 습도, 저장 수조의 온도 등을 매일 기록하고 시험체의 양생 기간 중에 양생 조건이 급변한 경우에는 그 내용을 상세하게 기록하여 두는 것이 좋다.

4. 표 준 사

4. 표 준 사 : 시험체 제작에 사용하는 모래는 주문진산 천연사로서, KS L 5100(시멘트 강도 시험용 표준사)에 따른다.

〈해설〉

시멘트 모르타르의 강도는 사용하는 모래의



표준사의 현미경 사진

성질에 따라 크게 영향을 받기 때문에 강도를 시험할 때에는 먼저 사용할 모래를 일정하게 할 필요가 있다. 이것을 규정한 모래가 표준사로서 현재 포대당 25 kg 단위로 포장, 판매되고 있다. 표준사의 취급에 있어서는 우선 건조한 장소에 보관하고 먼지를 피하여야 한다. 표준사를 포대에서 쏟아 붓우리가 생긴 상태로 저장하면 분리되어 입도조성이 변할 우려가 있으므로 주의하여야 한다.

5. 시험체의 수

5. 시험체의 수 : 규정된 시험의 각 재령에 대하여 3개 이상씩 만들어야 한다.

6. 시험체 틀의 준비

6. 시험체 틀의 준비 : 시험체 틀 내면은 광유(Mineral oil)나, 연한 컵 그리스(Cup Grease)를 얇게 바른다. 각 틀의 반쪽의 접촉면은 중광유(Heavy Mineral oil)나, 페트롤레이텀(petrolatum)과 같은 연한 컵 그리스를 얇게 바른다. 틀을 조립한 뒤, 각 틀의 내면 및 아래 윗면에서 여분의 기름을 닦아낸다. 다음에 틀을 비 흡수성이고, 또 광유 페트롤레이텀 또는 연한 컵 그리스를 바른 밀판 위에 놓는다. 파라핀과 로진을 3 : 5의 무게 비로 섞어 110 ~ 120 °C로 가열하여, 이를 틀과 밀판과의 접촉선 바깥쪽에 바르면 둘 사이의 수밀성을 갖게 된다.

〈해설〉

시험체 틀은 그리스가 묻은 형겅으로 닦으며 손질은 틀 표면에 흠이 생기지 않도록 두께 1 mm 이상의 금속판을 이용토록 한다.

7. 배합 주도 및 모르타르의 혼합 반죽

7. 배합 주도 및 모르타르의 혼합 반죽 :

표준 모르타르의 건조 재료 배합은, 시멘트와 표준사를 1 : 2.45 무게비로 섞는다. 6개의 시험체를 한 배치로 한 번에 반죽할 건조 재료의 양은 시멘트 510g에 표준사 1,250g이다. 9개의 시험체를 한 배치로 한번에 반죽할 건조 재료의 양은 시멘트 760g에 표준사 1,862g이다. 혼합수의 양은 포틀랜드 시멘트는 사용 시멘트 무게의 48.5%로 하며, 기타 시멘트는 ml로 계량하고, 8.에 따라 플로가 110 ± 5 가 될 만한 양으로 하고, 시멘트의 무게에 대한 백분율로서 표시한다. 혼합 반죽은 KS L 5109에 규정한 방법에 따라 기계적으로 하며, 반죽이 끝나면 혼합용 패들에 묻은 여분의 모르타르를 혼합 용기에 털어 넣는다.

<해 설>

혼합 반죽은 KS L 5109에 따라 행하되, 그 혼합 순서는 시멘트의 비산과 혼합 용기 바닥의 시멘트 부착 등으로 시험 오차의 발생 우려가 있으므로 아래와 같이 변경한다.

건조한 패들 및 혼합 용기를 혼합기의 정위치에 놓는다. 다음에 1배치의 재료를 아래의 순서에 따라 혼합한다.

- ① 혼합수 전량을 혼합 용기 안에 붓는다.*
- ② 모래 전량의 1/2을 용기 하부에 깔고루 뿌린다.
- ③ 시멘트를 넣고 혼합기를 시동하여 제 1속으로 30초 동안 혼합한다.
- ④ 제 1속으로 혼합하고 있는 동안 잔여 모래를 투입한다.
- ⑤ 혼합기를 정지하고 제 2속으로 바꾸어 30초 동안 혼합한다.
- ⑥ 혼합기를 정지하고 90초 동안 방치한다.** 이 기간중 처음 15초 동안에 용기의 측면에 부착된 모르타르를 전부 용기 안으로 긁어 내리고 이 기간의 나머지 시간 동안 혼합 용기는 뚜껑을 덮어둔다.
- ⑦ 제 2속으로 1분간 혼합하고 혼합을 끝마친다.

⑧ 재 혼합을 필요로 할 때에는 용기의 측면에 부착된 모르타르를 스크레이퍼로 속히 용기 안으로 긁어 내려야 한다.

註 *시멘트 시료, 표준사, 혼합수 및 시험용 기구는 미리 시험실에 준비하여 실온과 평형 상태에 도달한 후 혼합을 시작해야 한다. 혼합수는 증류수로 하되¹⁾ 양생실 내에 1일 이상 보관하여 사용토록 한다.

**⑥항의 90초 방치기간 동안 급결발생 유무를 확인한다.

8. 플로의 결정

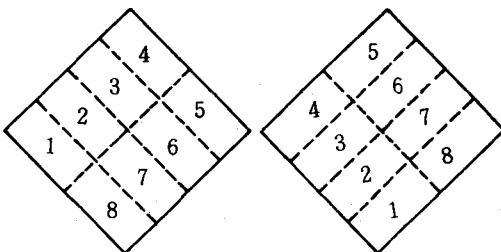
8. 플로의 결정 : 플로 테이블의 윗면을 깨끗이 마르게 주의해서 닦고, 플로 틀을 중앙에 놓는다. 모르타르를 약 2.5cm 두께의 층으로 하여, 틀 안에 넣고 탬퍼로 20번 쥘는다. 쥘는 압력은 틀에 균일하게 차는데 꼭 충분하도록 한다. 다음에 모르타르로 틀을 채우고, 처음 층에서와 같이 쥘는다. 이어서 모르타르를 평면으로 잘라내고, 틀의 윗면에 맞추어 हु손은 곧은 날로 틀의 면에 거의 직각이 되게 세우고, 틀의 윗면을 따라서 톱질 운동으로 평평하게 한다. 테이블 윗면을 깨끗이 마르게 닦고, 특히 플로 틀의 변두리에서 물기를 완전히 없앤다. 반죽을 끝마친 후 1분 뒤에 틀을 모르타르로부터 들어 올린다. 즉시, 테이블을 15초 동안에 25회, 1.27cm의 높이로 낙하시킨다. 플로는 모르타르 평균 밀지름 증가를 적어도 거의 같은 간격으로 4개의 지름을 측정하여, 이것을 원지름의 백분율로 하여 표시한다. 규정된 플로를 얻을 때까지 물의 백분율을 변경하여 시험 모르타르를 만든다. 각 시험 모르타르는 새로운 시료로 모르타르를 만들어야 한다.

9. 시험체의 성형

9. 시험체의 성형 : 플로 시험이 끝나면 즉시로 모르타르를 플로 틀로부터 혼합 용

기에 쏜다. 혼합 용기의 벽에 붙은 모르타르를 속히 긁어내려 용기 안에 넣고, 전 배치를 보통 속도로 15초간 반죽한다. 모르타르 배치의 처음 반죽이 끝난 뒤로부터 2분 15초 이내에 시험체의 성형을 시작한다. 두께 약 2.5 cm 모르타르층을 모든 입방체 칸 안에 넣는다. 각 입방체 칸 안의 모르타르에 대하여 약 10초 동안에 4바퀴로 32회 쪼는다. 한 바퀴마다 직각으로 방향을 바꾸고, 아래 그림에 나타낸 대로 시험체 전면에 8회의 인접한 쪼기를 한다. 쪼는 압력은 모르타르 틀에 균일하게 차는데 꼭 충분하도록 한다.

네 바퀴의 모르타르 쪼기(32회 쪼기)는 하나의 입방체를 끝낸 후 다음의 것으로 옮긴다. 모든 입방체 칸에 대하여 제1층의 쪼기를 끝내고, 모든 칸에 나머지의 모르타르를 채우고, 제 1층에서 규정한 대로 쪼는다. 제 2층을 쪼는 동안 한 바퀴마다 장갑을 낀 손가락과 탬퍼로서 밀려 나온 모르타르를 틀 위에 쌓아 올린다. 쪼기가 끝났을 때는 각 입방체의 윗부분은 틀의 윗면보다 약간 나와 있어야 한다. 틀 윗면에 밀려나온 모르타르는 흙손으로 밀어 넣고, 흙손의 평평한 면을(진행 방향의 날을 약간 울리고)틀의 길이 방향에 대하여 직각으로 각 입방체의 윗부분을 한번 건너 당김으로써 입방체를 고르게 한다. 이어서 흙손의 곧은 날을(틀에 대하여 직각으로 대고)틀의 길이에 따라서 톱질 운동을 하며, 당김으로써 틀의 윗면과 같은 면으로 모르타르를 잘라 맞춘다.



1:3 바퀴 2:4 바퀴
 <그림> 시험체를 성형할 때 쪼는 순서

<해설>

모르타르 배치의 처음 반죽이 끝난 뒤로부터 즉시 시험체의 성형을 시작, 1개의 시험체에 대해 30초 이내에 성형을 완료한다.

모르타르 쪼기를 할 경우 쪼는 힘의 세기에 따라 압축강도치의 차이가 발생되므로²⁾ 압력을 균일하게 하기 위하여 제 1층 쪼기를 할 때에는 시험체 바닥에서 반이 되는 위치의 깊이로 쪼기를 하고, 제 2층 쪼기를 할 때에는 제 1층 윗면부터 반이 되는 위치의 깊이로 쪼기를 한다.

10. 시험체의 저장

10. 시험체의 저장 : 모든 시험체를 성형이 끝난 즉시로 틀에 넣은 그대로 밀판에 얹어서 습기함이나 습기실에 20 ~ 24시간 보관한다. 이 때, 윗부분 표면은 습기에 노출시키고, 물방울이 떨어지지 않도록 주의한다. 24시간 이전에 시험체를 틀에서 빼어냈을 때는 24시간이 될 때까지 습기함이나 습기실 선반 위에 보관하고, 24시간 시험을 할 때만 제외하고는 시험체를 불침식성 재료로 만든 저장용 수조의 깨끗한 물안에 담그어 놓는다. 저장용 물은 자주 바꿔 넣어 깨끗이 해 놓아야 한다.

<해설>

시험체는 스테인리스나 콘크리트로 된 저장용 수조의 물안에 담그어 양생시킨다. 저장용 수조는 이물질 등으로부터의 청결을 위해 주기적으로 교환토록 하며 물속에는 시험체 내의 Ca²⁺ 이온의 용출을 막기 위해 수산화칼슘을 넣은 형질주머니를 담그어 항상 포화용액(pH: 12)이 되도록 한다.³⁾

11. 시험 방법

11. 시험 방법 : 24시간 시험체에 대하여는 습기함에서 꺼내 놓은 직후, 그 이외의 시험체는 저장수조에서 꺼내는 직후에 시험을 한다. 모든 시험체는 주어진 시험기간 내(24시간 ± 1/2 시간, 3일 ± 1시간, 7일

± 3시간, 28일± 12시간)에 시험을 하여야 한다. 24시간 시험을 하기 위하여 습기함에서 1개보다 많은 시험체를 꼬집어 넣을 때는, 이것들을 시험할 때까지 젖은 헝겊으로 덮어 놓아야 한다. 만약, 시험을 하기 위하여 저장수에서 1개보다 많은 시험체를 꼬집어 넣을 때는, 이것들을 23 ± 2°C 온도의 물이 있는 용기에 넣어 완전히 잠기도록 해 두어야 한다. 각 시험체는 표면이 건조 상태가 되도록 물기를 닦고, 시험기의 지지 블록(Bearing Block)과 접촉할 면에 붙어 있는 모래알이나 다른 부착물을 없게 한다. 이들 면은 끈은자를 사용해 검사한다. 만약, 눈에 필만큼 굽어 있으면, 그 면을 평평하게 만들거나, 그 시험체를 버린다. 하중은 틀의 정확한 평면과 접촉하고 있는 시험체 면에 대해서 부하한다. 시험체는 시험체의 윗부분 지지블록의 중심에 맞추도록 주의한다. 쿠션재나 벅재는 사용하면 안된다. 예측하는 최대 하중이 1,350kg 이상인 시험체에 대하여는, 그 예측하는 초기 부하의 $\frac{1}{2}$ 까지는 임의의 속도로 하여도 좋다. 예측하는 최대 하중이 1,350kg 보다 작은 시험체에 대하여는 초기 부하를 가해서는 안된다. 따라서, 하중 부하의 속도는 그 나머지 하중을(예측하는 최대 하중이 1,350kg 보다 작을 때는 전 하중) 끊임 없이 가하여 시험체가 파괴되도록 한다. 이때, 최대 하중이 20초 이상 80초 이내에 미치는 속도로 가한다. 시험체가 파괴 직전에 급속히 변형하고 있을 때는 시험기를 다루는데 있어서 조절을 할 필요가 없다.

〈해설〉

시험체의 파괴시험에 있어서 가압속도는 압축강도치의 현저한 차이를 가져올 수 있다. 더욱이 각종 시멘트의 종류에 따라 압축 강도치의 차이가 있으므로 예상하중에 따라 다음과 같이 세분하여 가압시간을 결정하는 것이 시험오차의 방지를 위해 필요하다.

예상하중 (kgf)	가압시간(sec)
1,350 이하	20
1,350 ~ 6,250	20 ~ 30
6,250 ~ 10,000	30 ~ 50
10,000 이상	50 ~ 80

12. 계 산

12. 계 산 : 시험기가 나타낸 최대 총하중을 기록하고, 그 압축 강도를 kgf/cm²으로 계산한다.

〈해설〉

시험기가 표시한 최대 총하중을 기록하고, 이를 단면적(25cm²)으로 나누어 압축 강도를 kgf/cm²으로 계산한다.

13. 불완전 시험체 및 재시험

13. 불완전 시험체 및 재시험 : 압축 강도를 결정하는데 있어서 명백한 불완전 시험체 또는 같은 시료, 같은 시간에 시험한 전 시험체 중에서 평균값보다 10% 이상의 강도차가 있는 시험체는 압축 강도의 계산에 넣지 않는다.

〈참고 자료〉

시험오차 발생 요인별 압축강도 비교

시험오차 발생 요인	구 분	압축강도비(%)		
		3일	7일	28일
혼합수의 종류 ¹⁾	증류수*	100	100	100
	수도물	98	98	99
	양생수	93	90	93
시험체 성형	보통 다짐*	100	100	100
	세기 다짐	105	105	105
세의 쟁는 세기 ²⁾	약하게 다짐	94	93	94
수조 물의 pH ³⁾	pH 8*	100	100	100
	pH 11	102	103	102

註 : 제천·단양지역 5개 시멘트사의 시험결과 평균(*: 기준치 100).