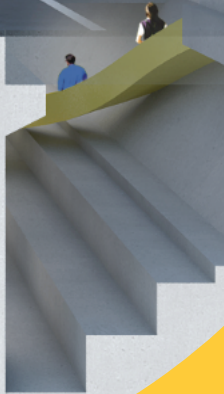
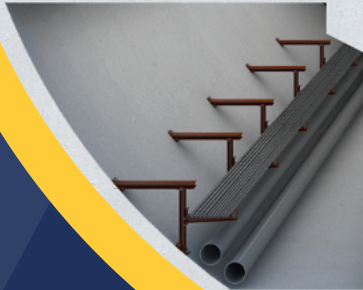


간행물등록번호

11-1613000-002969-14



도로터널 내화 지침

2021. 4.



국토교통부

Ministry of Land,
Infrastructure and Transport

지침 제정에 따른 경과 조치

이 지침은 발간시점 부터 적용하며, 이미 시행 중인 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우에 적용할 수 있습니다.

목 차

제1장 총칙	4
제2장 터널의 한계온도	6
제3장 터널의 내화	7
제4장 터널의 내화공법	9
제5장 터널의 내화시험	11
[별표 1] 터널 내화시험곡선	16
[별표 2] 터널 내화시험 시 열전대 위치	19

도로터널 내화 지침

제1장 총칙

제1조(목적) 이 지침은 도로터널에서 발생할 수 있는 차량화재 등으로 인한 터널의 손상과 붕괴를 예방하기 위한 도로터널의 내화 기준을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(용어의 정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. 내화도료공법 : 내화기능을 갖는 도료를 터널에 붓칠 또는 뿔칠로 일정 두께를 도장하여 화재 시 고열이 터널 부재에 전달되지 못하게 하는 공법을 말한다.
2. 내화보드(패널)공법 : 공장 생산된 내화보드(패널)를 터널 부재에 앵커 등으로 고정하여 화재 시 고열이 터널 부재에 전달되지 못하게 하는 공법을 말한다.
3. 내화뿔칠공법 : 내화재료를 현장에서 혼합한 후 뿔칠기계를 사용하여 터널 부재 등에 일정두께로 뿔칠하여 화재 시 고열이 터널 부재에 전달되지 못하게 하는 공법을 말한다.
4. 내화시험곡선 : 다양한 화재를 모사하는 시험곡선을 말하며 화재의 특성에 따라 온도변화, 최대온도 및 화재지속시간을 변수로 화재를 특정한다.
5. 내화재 : 터널화재 시 터널부재의 내화성능을 확보할 수 있도록 콘크리트 표면에 부착하는 자재나 콘크리트에 혼입하는 재료를 말하며, 일반적으로 내화 보드 및 뿔칠, 섬유혼입콘크리트 등이 있다.

6. 대심도터널 : 토지소유자가 토지를 이용함에 있어서 실질적으로 사용, 수익, 처분하지 아니하는 지하의 깊이 이하에 위치한 터널을 말한다.
7. 복층터널 : 하나의 터널 단면에 슬래브 등으로 터널 단면을 나누고 각 단면에 차량 또는 하중 등을 지지할 수 있는 구조로 여러 층으로 나누어 사용하는 터널을 말한다.
8. 부착강도 : 터널 부재와 내화재 간에 서로 분리되지 않으면서 일체화된 성능을 발휘할 수 있도록 하는 접착강도를 말한다.
9. 섬유혼입콘크리트 : 콘크리트의 내화성을 보완하기 위해 단종 또는 이종 이상으로 섬유를 혼합하여 화재 시 섬유가 용융된 공극으로 압력을 방출시켜 폭렬이 감소하는 콘크리트를 말한다.
10. 내화 시험체 : 내화 성능을 측정할 목적으로 제공되는 내화재가 적용된 터널 부재 또는 그 일부를 말한다. 단, 섬유혼입콘크리트 등 자체내화공법은 내화 시험체와 내화 콘크리트 시험체를 동일한 것으로 본다.
11. 열전대(Thermocouple) : 두 종류의 금속을 조합하였을 때 접합 양단의 온도가 서로 다르면 이 두 금속 사이에 전류가 흐르게 되는 원리를 이용하는 온도 측정 센서(감지기)를 말한다.
12. 유해가스 : 화재 시 인체나 주위환경에 유해한 작용을 일으키는 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 연기 등의 연소가스를 말한다.
13. 침매터널 : 하저(河底) 또는 해저(海底) 터널, 또는 지하수면 이하의 구조물로서 전체 또는 일부를 함체(函體)의 형태로 별도의 장소에서 제작한 후 물에 띄워 침설현장까지 예항(曳航)하고, 소정의 위치에 침하시켜 기설부분과 연결시킨 후 되메우기를 하여 완성시키는 터널을 말한다.

14. 내화 콘크리트 시험체 : 터널 부재 자체의 내화 성능이나 내화재 성능을 측정할 목적으로 제작하는 터널 부재 또는 그 일부를 말한다.
15. 폭렬 : 화재 시 급격한 고온에 의해 내부 수증기압이 발생하고, 이 수증기압이 콘크리트의 인장강도보다 크게 되면 콘크리트 부재 표면이 심한 박리 및 탈락하는 현상을 말한다.
16. 한계온도 : 화재발생 중 터널이 성능을 유지하고 안전성을 확보할 수 있는 최대 온도를 말한다.

제3조(적용범위) 이 지침은 「도로법」 제10조에 따른 도로에 건설되는 터널에 적용한다.

제2장 터널의 한계온도

제4조(한계온도 일반사항) ① 도로터널의 한계온도 설정은 터널화재 시에 도로 이용자가 스스로 피난, 대피 등을 하거나 도로관리청 및 경찰, 소방청 등 유관기관이 소화 및 구조 활동을 원활히 수행할 수 있도록 대응시간을 확보하고, 화재로 인한 손상을 최소화하여 터널을 보호하는 것을 목적으로 한다.
 ② 터널 화재 시 터널부재의 최대온도를 한계온도 이내로 유지하여 각 부재의 성능을 유지할 수 있도록 한다.

제5조(한계온도) ① 콘크리트 부재는 표면을 기준으로 한계온도인 380℃ 이내로 보호해야 한다. 이 경우 내화처리된 콘크리트 부재는 내화처리를 위해 증가된 두께(내화 보드 및 뿔철, 콘크리트 피복 등을 포함한다)를 제외한 콘크리트면이 온도기준면이다.

- ② 내화가 필요한 프리캐스트 세그먼트 콘크리트 부재는 표면을 기준으로 한계온도인 250℃ 이내로 보호해야 한다. 이 경우 내화처리된 세그먼트 부재는 온도기준면을 제1항과 동일하게 적용한다.
- ③ 철근은 한계온도인 250℃ 이내로 보호해야 한다.
- ④ 기타재료의 한계온도는 터널조건 및 사용재료 등을 종합적으로 고려하여 발주기관에서 정할 수 있다.

제3장 터널의 내화

- 제6조(터널내화 일반사항)** ① 침매터널, 복층터널, 대심도 터널, 하저(河底) 또는 해저(海底) 터널 등 화재 사후 피해가 큰 도로터널은 이 지침에 따른 내화 적용여부를 검토해야 한다.
- ② 이 외의 터널은 교통량, 터널유형 및 유지관리 조건 등을 종합적으로 검토하여 발주기관이 필요하다고 인정하는 경우에 적용해야 한다.
- ③ 제1항과 제2항에 따른 도로터널의 내화 적용 여부 및 공법은 터널의 설계단계에서 검토하여 필요 시 반영하고, 시공단계에서 내화시험 등을 통해 내화재를 선정해야 한다.

- 제7조(차량유형)** 터널화재의 중요한 요인으로서의 차량유형은 다음과 같이 분류한다.

분류	차량유형
소형차	승용차, 승합차, 소형화물차
대형차	유조차 및 대형화물차

제8조(내화설계) ① 터널의 내화설계는 제7조의 차량유형과 지반특성 및 터널유형을 고려한 다음의 내화시험(제12조부터 제19조) 화재조건을 만족할 수 있는 성능을 확보해야 한다.

차량유형	침매터널, 복층터널, 대심도터널 하저 또는 해저 터널 등	기타 터널
소형차	KS 1시간 [별표 1]	주1)
대형차 (유조차 등)	RWS/HC _{inc} 2시간 [별표 1]	주2)

주1) 화재피해가 지반 안전성에 영향을 주지 않는 안정구간 터널의 경우에는 별도의 내화처리는 필요하지 않다. 다만, 발주기관의 필요에 따라 KS 1시간 내화시험을 적용할 수 있다.

주2) 화재피해가 지반 안전성에 영향을 주지 않는 안정구간 터널의 경우에는 별도의 내화처리는 필요하지 않다. 다만, 발주기관의 필요에 따라 KS 2시간 이나 RWS/HC_{inc} 2시간 내화시험을 적용할 수 있다.

② 화재 발생 시 진압을 위한 접근성이 떨어지거나 유지보수에 따른 교통 차단이 곤란하여 발주기관이 터널 손상의 최소화 또는 차단시간 단축이 필요하다고 인정하는 경우 대형차 유형 내화시험을 해야 한다.

③ 내화시험의 화재조건은 화재손상에 따른 보수 및 터널차단 비용의 절감 등을 위해 발주기관이 필요하다고 인정하는 경우 상향할 수 있으며, 유조차와 같은 가연성 물질을 실어 나르는 대형차의 교통량이 많은 경우 3시간까지 고려할 수 있다.

④ 터널 부재는 내화시험 시 한계온도 이내여야 하며, 이를 초과하는 경우 내화공법을 적용해야 한다.

⑤ 방재시설, 대피소, 비상구 등 본선터널을 제외한 부대시설물의 경우 터널에 따라 다양한 형식으로 설치되므로 별도의 내화방안을 수립해야 한다.

제4장 터널의 내화공법

제9조(내화공법 유형) 터널 화재발생 시 터널의 손상방지를 위한 내화공법은 다음 각 호와 같이 분류한다.

1. 부재 자체내화(섬유혼입콘크리트 등)
2. 내화뿔칠(또는 도료)
3. 내화보드(또는 패널)
4. 그 밖에 화재로 인한 터널의 손상을 방지하기 위한 공법

제10조(내화재 성능) 내화재의 성능을 확보하기 위해 다음 각 호의 사항을 확인해야 한다.

1. 내화재는 내화시험시간 동안 제5조에 따라 각 부재를 한계온도 이내로 보호해야 하며, 이는 제12조부터 제19조까지의 터널 내화시험을 통해 확인한다.
2. 표면에 부착하는 내화재와 콘크리트 부재와의 부착강도는 KCS 41 48 01의 기준값 이상을 확보해야 하며, 부착강도는 KS F 2762의 시험을 통해 확인한다.
3. 내화재는 터널화재로 인한 유해가스, 타일 비산 등 부차적 피해를 최소화해야 하며, 가스유해성은 KS F 2271의 시험으로 확인한다.

4. 연중 온도의 편차가 크거나 강우, 강설에 의한 대기변화가 심한 외기 노출형 터널에 내화재를 설치하는 경우에는 기후저항성능이 확보된 자재를 사용해야 하며, 기후저항성능은 KS F 2456의 시험으로 확인한다. 다만, 상기 시험법으로 시험이 곤란한 경우 내화재의 특성을 고려하여 발주기관이 정한 방법에 따라 확인한다.
5. 그 밖에 성능은 내화공법의 유형 및 내화재의 특성을 고려하여 발주기관이 정한 방법에 따라 확인한다.

제11조(내화재 시공) 내화재는 다음 각 호를 고려하여 시공한다.

1. 부재 자체내화(섬유혼입콘크리트 등)의 경우, 폭발방지 및 내화성능 확보를 위해 결정된 적정 혼입량을 사용해야 하며, 섬유 사용에 따른 물성변화가 없어야 한다.
2. 내화뿔칠(또는 도료) 방식의 경우, 뿔칠의 반발량을 적게 하고, 호스의 막힘이 없도록 해야 하며, 두께불량 및 결손 등이 발생하지 않아야 한다. 특히, 섬유를 혼입하는 경우에는 제1호를 고려해야 한다.
3. 내화보드(또는 패널) 방식의 경우, 보드 간 이음새와 앵커 등 고정장치는 화재 발생 시 열침투가 최소화되어야 한다.
4. 표면에 부착하는 내화재는 부착 전 부재의 먼처리 및 세척 등을 실시하여 공용 중에 낙하하지 않도록 부착되어야 한다.
5. 터널의 누수, 수분비산 및 물청소 등의 영향으로 내화재의 성능저하가 우려될 경우에는 별도의 발수(發水) 또는 차수(遮水) 성능을 확보해야 한다.
6. 그 밖에 내화방식의 경우에는 내화성능을 확보할 수 있도록 시공성을 확인한 후에 시공해야 한다.

제5장 터널의 내화시험

제12조(내화시험 기본조건) 내화시험을 수행하기 위해 적용되는 기본 조건은 다음 각 호와 같다.

1. 내화시험에 사용되는 내화시험곡선은 제8조에 따라 선정한다.
2. 내화성능은 콘크리트 시험체의 내화시험을 통해 평가하며, 비재하 조건으로 실시한다.
3. 콘크리트 시험체는 표면에 내화재를 부착하거나 자체내화(섬유혼입 콘크리트 등)를 적용한 상태로 시험한다.
4. 습도조건은 제16조에 따라 시험 전 미리 조절한다.
5. 내화시험에서 콘크리트 시험체의 열적·물리적 성능은 제19조에 따라 시험한다.

제13조(시험체 크기 및 철근배근 등) ① 콘크리트 시험체 표면에 내화재를 부착하는 경우는 두께를 200 ± 5 mm 이내로 하고, 자체내화 시험체의 경우엔 두께를 250 ± 5 mm 이내로 제작한다.

② 콘크리트 시험체의 화염노출면적은 최소 $1,500 \times 1,500$ mm로 하며, 시험체와 가열로 접촉면의 폭은 각각 150 mm 이상을 확보해야 한다.

③ 콘크리트 시험체의 철근은 공칭지름 D13 mm으로 별표 2를 참조하여 배근하고, 철근배근이 별표 2와 상이한 경우 해당 시험체의 특성에 적합하게 조정할 수 있다.

④ 무근콘크리트 시험체의 경우 사전에 내화시험의 안정성에 대해 검토해야 한다.

⑤ 시험체는 표면에서부터 25 ± 2 mm의 간격으로 내부 온도를 측정할 수 있도록 제작한다.

제14조(콘크리트 시험체) ① 콘크리트 시험체는 현장타설라이닝 설계기준 (KDS 27 40 05)에 따라 제작하며, 공사 중 안정성 확보 등을 위해 발주 기관이 필요하다고 인정하는 경우에는 그 이상인 고강도 콘크리트를 사용할 수 있다.

② 제1항에도 불구하고 적용대상 터널이 결정되어 있는 경우에는 해당 터널공사 시방서에 따라 제작한 콘크리트 시험체로 대체할 수 있다.

제15조(열전대) ① 열전대는 KS C 1602에 따라 사용 및 보정해야 한다.

② 콘크리트 시험체의 내부온도 측정에 사용하는 열전대는 별표 2와 같이 시험체에 매입하는 것을 원칙으로 하며, 열전대의 측정부위는 철근과 닿지 않도록 정확히 배치하고, 열전대의 위치에 철근이 배치될 경우 열전대를 철근의 하단에 고정해야 한다.

③ 가열로의 온도 측정에 사용하는 열전대는 가열로 내부에 4개소 이상을 배치해야 하고 이 중 50퍼센트 이상은 가열로의 온도를 제어하기 위해 사용해야 한다.

제16조(시험체 준비) ① 콘크리트 시험체는 제13조, 제14조, 제15조에 따라 제작하며, 압축강도를 확인하기 위해 동일배합으로 3개 이상의 원주형 공시체를 KS F 2403에 따라 별도 제작해야 한다.

② 잔존강도 측정을 위해 콘크리트 시험체에서 KS F 2422에 따라 별표 2의 그림 3에 지정된 위치에서 시료를 채취해야 한다.

③ 이동용 고리를 시험체에 설치하는 경우 열전대를 200 mm 이상 이격해야 한다.

④ 시험체는 24시간이 경과한 이후에 탈형해야 하고 재령 90일 동안 온도 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 90% 이상의 조건에서 양생해야 한다.

⑤ 콘크리트 시험체 표면에 내화재를 부착하는 경우 다음의 각 호에 따른다.

1. 제4항의 90일 양생이 끝난 후 내화재를 부착한다. 다만, 시멘트계 내화재의 경우는 콘크리트 시험체 제작 또는 탈형 시점에 내화재를 부착한다.

2. 내화재 부착 시에는 실제 시공절차와 동일해야 하며 별표 2에 따라 이음부 위치에 열전대가 위치하도록 해야 한다.

⑥ 제4항에 따른 양생 및 제5항에 따른 내화재 부착 이후 시험체는 온도 23°C 에서 상대습도 50%로 건조한 후 24시간 간격으로 연속하여 2번 질량을 측정하여 시험체의 질량차가 0.1% 이내인 상태에서 내화시험을 해야 한다.

⑦ 제4항에도 불구하고, 제16조제1항의 공시체 압축강도가 제14조의 기준을 확보하고, 시험체가 폭렬에 대한 피해가 적을 것으로 예상될 경우, 해당 시험체는 내화시험을 실시할 수 있다.

제17조(가열로) ① 시험체는 가열로 상단의 정확한 위치에 놓아야 하며 가열로 개방면은 $1,500\times 1,500$ mm 이상이어야 한다.

② 가열로는 양단부에서만 시험체를 지지해야 하며 내화시험 동안 시험체 주변으로 열이 빠져나가지 않아야 한다.

③ 내화시험곡선 구현의 확인을 위해, 가열로 온도는 시험체 하면 100 ± 5 mm 와 가열로 벽 100mm 이상 이격 위치인 4개소 이상에서 최대 1분 간격으로 측정해야 하며, 내화시험곡선에서 요구하는 시간에 $1,400^{\circ}\text{C}$ 까지 온도를 올릴 수 있어야 한다.

제18조(내화시험 주의사항) 내화시험은 다음 각 호의 사항을 준수하여 시행해야 한다.

1. 시험체는 취급에 주의하여 가열표면에 손상이 없어야 한다.
2. 시험체를 가열로에 놓을 때 내화재는 가열로에 닿지 않아야 한다.
3. 시험체의 초기온도는 50°C 미만이어야 한다.
4. 시험체는 가열로의 정확한 위치에 놓고 접촉부가 밀봉되어야 한다.
5. 시험 시작 직전에 열전대로부터 읽은 온도를 검사하여 온도가 일정한지 확인해야 한다.
6. 가열은 내화시험곡선에 따르고, 안전문제가 발생하지 않도록 한다.
7. 온도는 시험체의 열접촉면으로부터 25, 50 및 75 mm 깊이 등에서 최대 1분 간격으로 가열에서 냉각 단계까지 측정해야 한다 [별표2 참조].
8. 시험체 온도는 가열종료 후 가열면 온도 200°C 이하가 될 때까지 측정해야 하며 최대 4시간까지 측정한다.
9. 시험체는 시험종료 후 최소 1시간이 경과한 후에 이동해야 한다.
10. 시험체 가열면 및 배면의 사진은 시험 전·후 촬영해야 한다.
11. 잔존 압축강도를 확인을 위해 시험 전·후의 압축강도를 KS F 2422에 따라 측정해야 한다.

제19조(내화시험 측정항목) ① 내화성능의 평가를 위해 시험 중 다음 각 호의 사항을 측정해야 한다.

1. 가열로의 시간에 따른 온도변화
2. 시험체의 시간에 따른 온도변화
3. 시험 전·후 콘크리트의 압축강도

② 시험의뢰자가 요구할 경우 다음 각 호의 항목을 측정할 수 있다.

1. 소화수(消火水)를 적용할 경우 내화재의 거동특성
2. 콘크리트 시험체 표면에 내화재를 적용한 경우 잔류부착강도
3. 시험체 및 내화재의 변상(폭렬, 균열, 표면변화특성 등을 포함한다.)

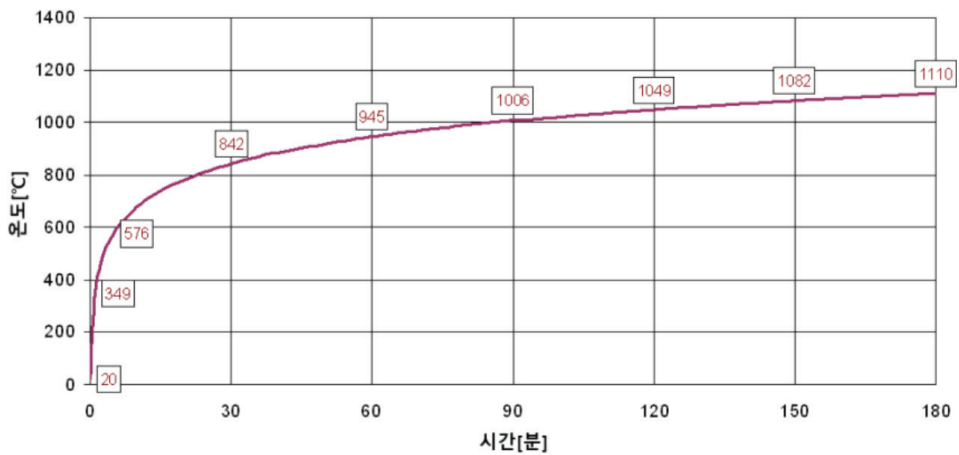
제20조(시험성적서) 시험성적서에는 다음 각 호를 포함한다.

1. 시험기관 상세정보
2. 시험의뢰자 상세정보
3. 시험조건 상세정보
4. 콘크리트 시험체 상세정보
5. 내화재 상세정보
6. 열전대 정보
7. 가열로 정보
8. 시험 결과
9. 시험의뢰자 요구 정보

[별표 1] 터널 내화시험곡선(제8조제1항 및 제12조제1항 관련)

1. KS F 2257 내화시험곡선

KS F 2257에서 제시하는 가열 곡선이며, 여러 국가(ISO 834, BS 476: PART 20, DIN 4102, AS 1530)에서 채택하여 내화시험곡선으로 활용된다. KS F 2257 내화시험곡선은 다음 <그림1> 및 (식1)에 따르며, 허용오차는 다음 <표1>과 같다.



< 그림1 KS F 2257 내화시험곡선 >

$$T = 20 + 345 \times \text{LOG}(8t + 1) \tag{식1}$$

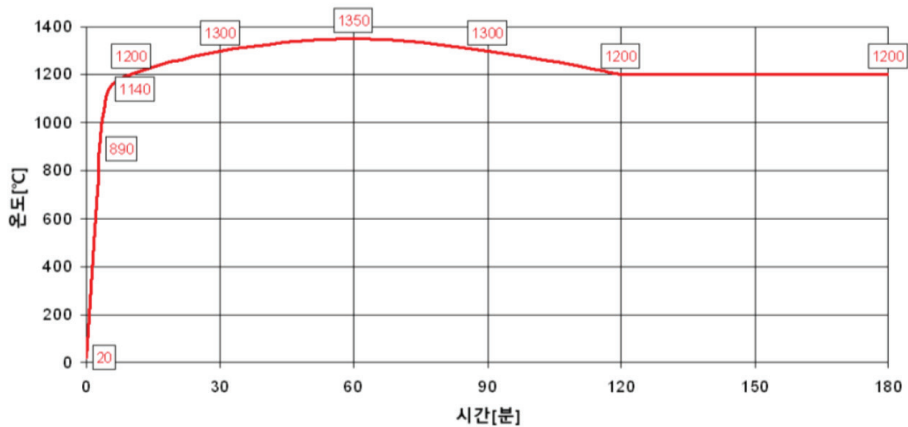
여기에서, T : 가열로 내 평균 온도(°C), t : 시간(분).

< 표1 KS F 2257 내화시험곡선의 허용오차 >

구분	허용오차	비고
5 < t ≤ 10	15 % 이하	$\text{오차} = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100(\%)$
10 < t ≤ 30	15 - 0.5 × (t - 10) % 이하	
30 < t ≤ 60	5 - 0.083 × (t - 30) % 이하	
60 < t	2.5 % 이하	

2. RWS 내화시험곡선

국제터널협회 (ITA; International Tunnelling Association)에서 유조차 화재를 모사하기 위해 채택하고 있는 내화시험곡선으로 지속시간 2시간 및 최고온도 1,350℃인 가열 곡선이다. RWS 내화 시험곡선은 다음 <그림2> 및 <표2>에 따르며, 허용오차는 다음 <표3>과 같다.



< 그림2 RWS 내화시험곡선 >

< 표2 RWS 내화시험곡선의 시간-온도 가열기준 >

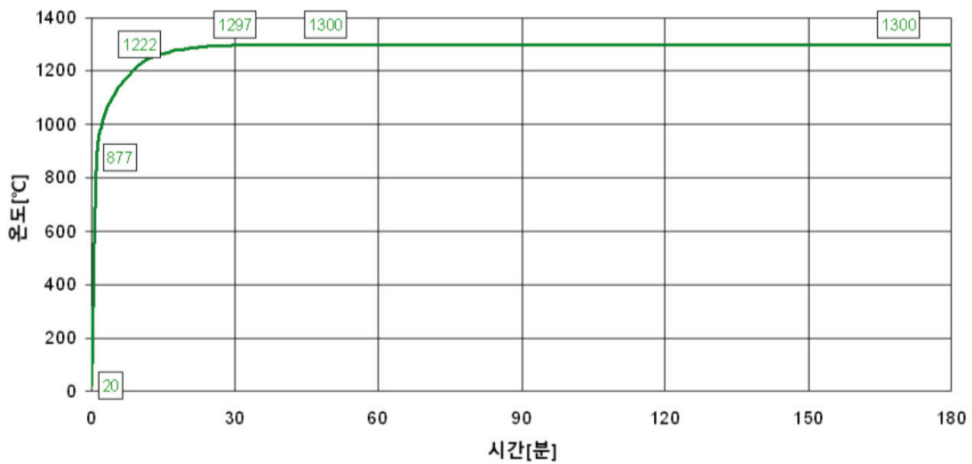
시간(분)	온도(℃)	시간(분)	온도(℃)	시간(분)	온도(℃)
0	20	10	1,200	90	1,300
3	890	30	1,300	120	1,200
5	1,140	60	1,350	180	1,200

< 표3 RWS 내화시험곡선의 허용오차 >

구분	허용오차	비고
5 < t ≤ 10	15 % 이하	$\text{오차} = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100(\%)$
10 < t ≤ 30	10 % 이하	
30 < t	5 % 이하	

3. HC_{inc} 내화시험곡선

국제터널협회 (ITA; International Tunnelling Association)에서 RWS와 함께 유조차 화재를 모사하기 위해 채택하고 있는 가열 곡선으로 HC(Hydrocarbon) 내화시험곡선의 최고온도인 1,100℃를 1,300℃로 조정하였으며, RWS와 HC_{inc}를 동일한 수준으로 인정한다. HC_{inc} 내화시험곡선은 다음 <그림3> 및 (식2)에 따르며, 허용 오차는 다음 <표4>와 같다.



< 그림3 HC_{inc} 내화시험곡선 >

$$T = 20 + 1280 \times (1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) \quad (\text{식2})$$

여기에서, T : 가열로 내 평균 온도(℃), t : 시간(분).

< 표4 HC_{inc} 내화시험곡선의 허용오차 >

구분	허용오차	비고
5 < t ≤ 10	20 % 이하	$\text{오차} = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100(\%)$
10 < t ≤ 20	15 % 이하	
20 < t ≤ 30	10 % 이하	
30 < t ≤ 60	5 % 이하	
60 < t	2.5 % 이하	

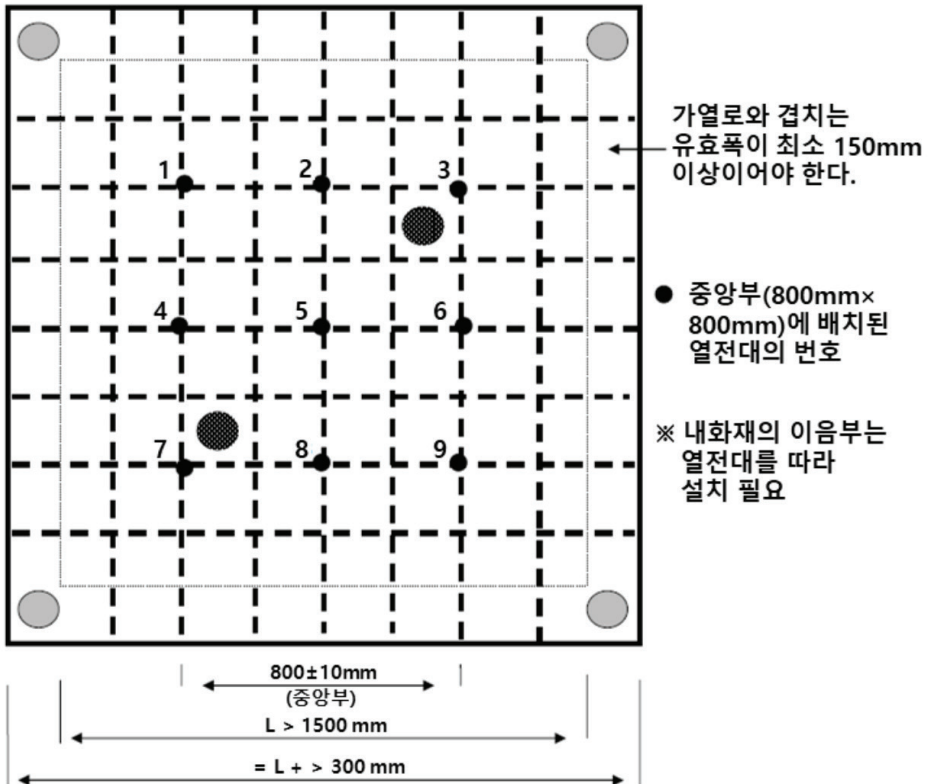
[별표 2] 터널 내화시험 시 열전대 위치(제13조 및 제15조제2항 관련)

1. 표면에 내화재를 부착한 시험체의 온도측점

표면에 내화재를 부착하는 경우 열전대의 위치는 <그림4> 및 <그림5>와 같이, 내화재를 부착한 경계면에 4개의 열전대(2, 4, 6, 8)를 배치하고, 가열표면으로부터 25 ± 2 mm 위치(1, 3, 5, 7, 9)에 5개의 열전대, 철근 밀면 50 ± 2 mm 위치(2, 3, 5, 7, 8)에 5개의 열전대를 고정하며, 75 ± 2 mm 위치(1, 4, 6, 9)에는 4개의 열전대를 배치한다 (필요한 경우, 배면에 3개의 열전대(1, 5, 9)를 배치할 수 있다).

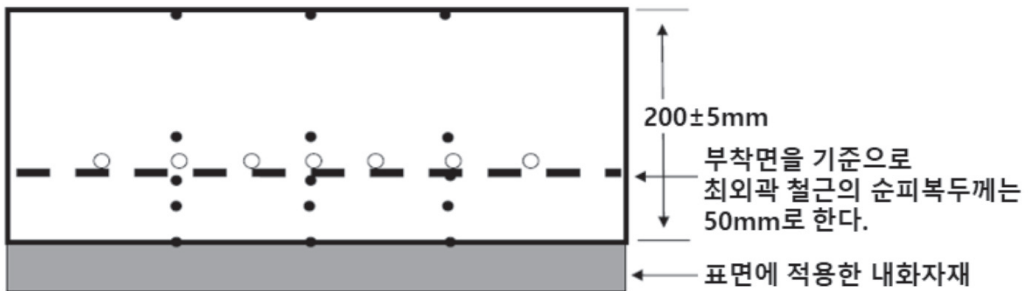
2. 부재 자체내화를 적용한 시험체의 온도측점

자체내화를 적용한 경우 <그림4> 및 <그림6>과 같이, 가열표면으로부터 25 ± 2 mm 위치(2, 4, 6, 8)에 4개의 열전대를 배치하고, 50 ± 2 mm의 위치(1, 3, 7, 9)에 4개의 열전대, 철근 밀면 75 ± 2 mm 위치(2, 4, 5, 6, 8)에 5개의 열전대가 고정되어야 하며, 100 ± 2 mm의 위치(3, 7)에 2개의 열전대를 배치한다 (필요한 경우, 배면에 3개의 열전대(1, 5, 9)를 배치할 수 있다).

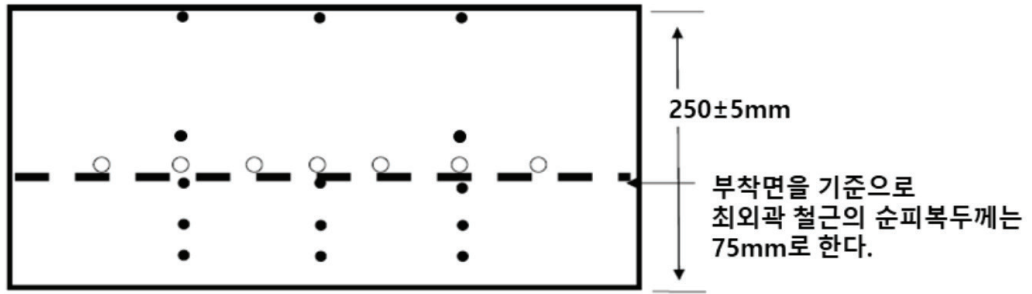


● Φ50mm×전체깊이 (화재시험 후 코어 채취) ● Φ50mm×75mm (화재시험 전 코어 채취)

〈 그림4 시험체 평면도 〉



〈 그림5 표면에 내화재를 부착한 시험체 단면도 〉



〈 그림6 자체내화를 적용한 시험체 단면도 〉

참고 문헌

- (1) 도로법(법률 제16954호, 2020.2.4.).
- (2) 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침(국토교통부예규 제308호, 2020.8.31.)
- (3) 한국건설기술연구원. (2020). 대심도 복층터널 설계 및 시공기술 개발. R&D/19SCIP-B089409-06.
- (4) 한국도로공사. (2018). 차량화재에 대한 터널「교량의 내화방안 및 내폭특성 연구. 연구원-2018-53-534.960.
- (5) AS 1530.4 (1997). Methods for Fire Tests on Building Materials, Components and Structures. Australian Standard.
- (6) BS 476-20. (1987). Fire Tests on Building Materials and Structures. Method for Determination of the Fire Resistance of Elements of Construction (General Principles). British Standards.
- (7) DIN 4102.2. (1997). Fire Behaviour of Building Materials and Building Components; Building Components; Definitions, Requirements and Tests. Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN).
- (8) ISO 834. (1980). Fire Resistance Tests, Elements of Building Construction. International Standards Organization.
- (9) International Tunnelling Association (ITA). (2004). Guidelines for Structural Fire Resistance for Road Tunnels. International Tunnelling Association (ITA).
- (10) International Tunnelling Association (ITA). (2017). Structural Fire Protection For Road Tunnels. International Tunnelling Association (ITA).

참고 문헌

- (11) KCS 14 20 22. (2016). 섬유보강 콘크리트. 구조재료공사 표준시방서.
- (12) KCS 41 43 02. (2016). 내화피복공사. 건축공사 표준시방서.
- (13) KCS 41 48 01. (2018). 타일공사. 건축공사 표준시방서.
- (14) KDS 27 40 05. (2016). 현장타설 라이닝. 터널 설계기준.
- (15) KS C 1602. (2019). 열전대. 한국산업표준.
- (16) KS F 2257-1. (2019). 건축 부재의 내화 시험방법 - 일반 요구사항. 한국산업 표준.
- (17) KS F 2271. (2019). 건축물 마감재료의 가스유해성 시험 방법. 한국산업표준.
- (18) KS F 2403. (2019). 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법. 한국산업표준.
- (19) KS F 2422. (2017). 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법. 한국 산업표준.
- (20) KS F 2456. (2018). 급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법. 한국 산업표준.
- (21) KS F 2762. (2016). 콘크리트 보수·보호재의 접착 강도 시험 방법. 한국산업 표준.
- (22) World Road Association (PIARC). (1999) & (2007). Fire and Smoke Control in Road Tunnels. World Road Association (PIARC).
- (23) World Road Association (PIARC). (2002). PIARC Proposal on the Design Criteria for Re-sistance to Fire for Road Tunnel Structures. World Road Association (PIARC).

참여진

■ 국토교통부

주 현 중 국토교통부 도로국장
이 정 기 국토교통부 도로건설과 과장
김 갑 중 국토교통부 도로건설과 사무관
노 영 수 국토교통부 도로건설과 주무관

■ 집필진

조 남 훈 한국도로공사 R&D 본부장
박 양 흥 한국도로공사 도로교통연구원장
심 재 원 한국도로공사 도로교통연구원 실장
이 지 영 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원
이 상 래 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원
박 건 태 한국도로공사 기술심사처장
김 낙 영 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구위원
이 강 현 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원
도 종 남 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원

■ 자문위원

김 창 용 한국건설기술연구원 센터장
김 흥 열 한국건설기술연구원 센터장
문 경 선 (주)하경엔지니어링 전무이사
박 정 준 한국철도기술연구원 선임연구원
박 철 우 강원대학교 교수
여 인 환 한국건설기술연구원 소장
원 종 필 건국대학교 교수
유 용 호 한국건설기술연구원 연구위원
이 사 익 한국도로공사 설계처 차장
이 용 주 서울과학기술대학교 교수
조 계 춘 한국과학기술원 교수
고 성 일 (주)서하기술단 대표이사
김 기 환 (주)삼보기술단 이사
김 상 철 (주)삼안 이사
김 선 홍 (주)성진이엔씨 대표이사
김 재 관 (주)이제이텍 부사장
박 민 수 (주)단우기술단 상무이사
박 종 국 (주)삼안 이사
이 상 돈 한국도로공사 연구위원
추 진 호 국토안전관리원 부장
황 제 돈 (주)에스코컨설팅트 사장

도로터널 내화 지침

- 간행물 등록번호 : 11-1613000-002969-14
- 발행일 : 2021. 4.
- 발행처 : 국토교통부

도로터널 내화 지침



국토교통부

Ministry of Land,
Infrastructure and Transport