

「고강도콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준」의 배경 및 해설

1. 머리말

내화구조는 건축법 시행령 제2조에서 ‘화재에 견딜 수 있는 성능을 가진 구조’로 정의하고 있는 것과 같이, 화재가 발생하였을 경우 다른 실로 화재확산을 방지하며 건축물의 붕괴를 막음으로써 피난시간의 확보 및 재산상의 피해를 최소화시키기 위한 것이다.

이와 같은 내화구조의 필요성에 따라 건축법 50조, 51조에서 일정높이 또는 층수 이상의 건축물에 대하여 기둥, 보, 바닥, 벽 등과 같은 주요구조부를 내화구조로 할 것을 의무화하고 있으며, 건축물의 피난·방화구조 등에 관한 규칙에서 벽, 바닥, 보, 기둥, 지붕, 계단 등의 내화구조사양을 정하고, 그 외 시험을 통한 부재에 대한 내화구조인정을 규정하여 운용하고 있다.

그러나 건축물이 고층화 대형화 되어가고 기술이 발달함에 따라, 다양한 재료의 개발 및 성능개선이 이루어지고 있는 반면, 건축법이 여기에 빠르게 대응하지 못하고 있는 것이 사실이다. 그 일례가 대표적인 건설자재인 콘크리트이다.

기존의 콘크리트는 화재에 강한 재료로 인식되어 왔으며, 기둥은 작은 지름이 250mm 이상, 보는 철근콘크리트조로만 이루어지면 모두 내화구조로 인정되었으나, 콘크리트가 고강도화됨에 따라 화재시 콘크리트 내부의 수증기압에 의해 폭열현상이 나타나 콘크리트 부재의 단면손실로 인한 내력저하가 문제되고 있으며, 이에 대한 대책이 요구되어 왔다.

이에 국토해양부에서는 2008년 4월에 [고강도콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준] 제정안을 입법예고 함으로써 화재시 고강도콘크리트의 안전성을 확보하고자 하였다.

본 고에서는 이 제정안의 각 조항이 가지는 의미와 국내의 기술적 현황을 간략히 소개함으로써 법령의 이해에 도움이 되고자 한다.



[그림 1] 폭열현상이 발생한 고강도콘크리트 기둥

2. 관리기준

고강도콘크리트의 내화성능확보를 위해 입법예고된 [고강도콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준]을 각 조별로 제정배경과 간략한 적용방법은 다음과 같다.

제1조(기준의 목적) 이 기준은 건축법시행령 제2조의 내화구조와 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙(이하 '규칙'이라 한다) 제3조의 규정에 의하여 설계기준강도 50MPa 이상의 콘크리트(이하 "관리대상 콘크리트"라 한다)를 사용한 기둥·보의 내화성능 확인기준과 방법 등을 정함을 목적으로 한다.

- ☞ 국내 고강도콘크리트의 정의는 [콘크리트 표준시방서]에서 압축강도 40MPa 이상의 콘크리트를 고강도콘크리트로 정하고 있으며, 일본에서는 60MPa를 초과하는 고강도콘크리트에 대한 내화성능을 검증하도록 하고 있다. 이에 국내에서의 고강도콘크리트 관리기준강도를 설정함에 있어 전반적인 안전을 위해 40MPa를 관리기준강도로 설정해야 한다는 의견과 40MPa로 설정시 관리대상이 지나치게 넓어지며, 일본의 경우 60MPa로 관리하고 있는 점을 들어 60MPa이상을 관리기준강도로 정하여야 한다는 등 많은 논쟁이 있었다. 국토해양부에서 관리기준강도를 50MPa로 정한 것은 국내에서 제작된 시험체를 대상으로 시행된 내화시험 결과를 바탕으로 설정한 것으로 보이며, 일본의 60MPa 보다 낮은 값으로 설정된 것은 국내콘크리트의 골재가 고온에 약한 화강암으로 이루어져 있어 이를 고려한 결정으로 사료된다.

제2조(대상부재) 이 기준은 관리대상 콘크리트를 사용한 기둥 및 보를 대상으로 하며 내화성능 확인을 위한 시험체는 현장과 동일한 재료, 공법, 철근배근 및 피복두께 등을 반영한 기둥형 시험체로 제작·시험한다.

- ☞ 콘크리트가 사용되는 부재는 기둥, 보, 벽, 바닥 등이 있으나, 관리대상부재를 기둥과 보로 한정하고 시험체는 기둥형 시험체로 설정하였다. 이는 화재시 노출되는 면의 수와 면적 및 고강도콘크리트의 사용빈도 등을 고려한 결정으로 사료된다.

관리대상이 보와 기둥임에도 불구하고 시험체를 기둥으로 제한한 것은 폭열현상이 주로 압축력을 받는 기둥에서 주로 발생되며, 국내 시험기관이 수용할 수 있는 장비현황과 시험시 안전을 고려한 것이다.

기둥형으로 제작되는 시험체는 사용재료, 콘크리트 배합, 철근의 간격, 피복두께, 폭열방지를 위해 사용된 재료(섬유 등)를 현장에서 시공될 콘크리트 부재와 동일하게 제작하여야 한다.

제3조(시험체의 구성) 관리대상 콘크리트 내화성능 시험체는 콘크리트와 철근, 철골 등으로 구성되며 기둥 또는 보에 내화성능 확보를 위한 재료 및 공법을 포함한 것으로 한다. 다만 수시로 변경 가능한 최종 마감재는 제외한다.

- ☞ 고강도콘크리트의 폭열현상을 방지하기 위한 일반적인 방법은 섬유와 같은 폭열방지 재료를 콘크리트 내부에 혼입하는 방법과 콘크리트 부재 외측을 내화피복재(도료, 뿔칠재, 보드류 등)로 감싸는 2가지 경우가 대표적이다. 이때, 후자의 경우에 대하여 시험체의 구성범위를 설정한 것으로 내화성능 향상을 위한 피복은 성능확인시 시험체의 구성에 포함되며, 건축물내에서 미관을 위한 마감 또는 수시로 변경될 수 있는 최종 마감재는 제외한 후 시험체를 제작하는 것을 말한다.

제4조(내화성능기준) 관리대상 콘크리트 기둥·보의 내화성능은 KS F 2257-1(건축부재의 내화시험방법 일반요구사항)에서 제시하는 표준시간-가열온도곡선에 의하여 별표2의 규정에 의한 시험을 실시한 결과, 시험체 모두 내화구조 성능기준(국토해양부 고시 제2005-122호)에서 규정한 시간까지 주철근의 온도가 평균 538℃, 최고 649℃ 이하이어야 한다.

- ☞ ISO에서는 콘크리트부재의 내화성능은 재하가열시험에 의해 평가하고 있으며, 일본의 고강도콘크리트 관리기준에서는 재하가열시험과 비재하가열시험에 의한 방법 2가지를 모두 운영하고 있다. 국제적으로 공통된 평가방법은 재하가열시험방법이나 재하가열시험을 수행하기 위한 시험장비의 경우 기둥가열로의 재하량이 1,000톤 이상의 용량을 지니고 있어야 하나, 국내 기둥가열로의 재하량은 최대 300톤으로 재하가열시험의 수행은 불가능한 실정이다. 따라서, 일본의 비재하가열시험에 의한 온도판정방법을 도입한 것이다.

비재하가열시 온도판정기준은 일본의 경우 500℃ 이하로 정하고 있으나, 일본은 지진의 피해를 고려하여 온도판정기준이 낮은 온도로 설정된 것으로 국내에서는 새로운 온도기준을 설정치 않고 기존에 철골부재의 온도판정에 사용되는 기준인 평균 538℃, 최고 649℃ 이하를 그대로 적용토록 하였다.

제5조(시험체의 제작 및 시험의뢰) 관리대상 콘크리트를 사용한 기둥형 시험체는 다음 각 호의 규정에 따라 제작한다.

- ① 관리대상 콘크리트 기둥 및 보의 내화성능을 확인하기 위한 시험체는 별표 1에 따라 기둥형 시험체 2개를 제작하여 시험하여야 한다.
- ② 시험체의 제작 및 시험의뢰는 다음 각호에 해당하는 자가 할 수 있으며 시험체 도면, 재료, 공법, 제작일, 양생온도, 양생기간 및 관련 사항을 별지 서식1호에 따라 작성·기록하여 시험의뢰시 제출하여야 한다.
 - 1. 건설산업기본법 제9조의 규정에 따라 등록된 일반 건설업을 영위하는 자(직영공사인 경우에는 건축주를 말한다)
 - 2. 콘크리트 또는 내화구조를 구성하는 주요재료·제품의 생산 및 제조자
 - 3. 건설현장의 감리자

☞ 내화성능을 확인하기 위한 시험은 [내화구조 인정관리기준]에 2회를 시행토록 하고 있으며, 고강도콘크리트 기둥시험은 시험체 2개를 수평가열로내에서 동시에 시험토록 하였다.

시험의 의뢰자는 시험체를 제작 또는 감독하거나 품질관리 할 수 있는 자로써 건설회사, 레미콘제조사, 건설현장의 감리자가 성능확인을 위한 시험체를 제작하여 의뢰할 수 있으며, 인정제도와는 달리 시험기관이 시험체의 제작을 직접 관리, 감독할 수 없으므로 의뢰자가 시험체 제작에 대한 제반사항을 별지 서식 1호에 따라 직접 작성하여 제출토록 하였다.

내화구조인정제도는 해당 제품을 공장에서 직접 샘플링하고 시험기관의 제작장에서 관리, 감독하여 시험체를 제작한 후 내화시험을 실시하고 있으나, 콘크리트의 경우 복합자재로써 인정 및 시험기관의 직접관리의 한계가 있어, 건교부고시 2005-232호 [자동방화셔터 및 방화문의 기준]과 같이 의뢰자가 직접제작한 시험체에 대한 내화성능을 확인 후 건설현장에서 그와 동일한 재료와 방법으로 시공되는 가를 비교하는 방법을 선택한 것으로 사료된다.

제6조(시험방법 및 시험성적서 등) 관리대상 콘크리트 기둥형 시험체의 내화성능을 평가하기 위한 시험방법은 수직부재용 가열로를 이용하는 경우 KS F 2257-7의 시험방법에 의하되 비재하가열시험인 경우 수평부재용 가열로를 이용하며 이 경우 구체적인 시험방법 및 시험성적서 등은 별표 2에 따른다.

☞ 콘크리트 기둥형 시험체는 기둥가열로에서 시험하는 것이 원칙이나 국내의 기둥가열로는 재하량이 부족하고 내용적의 부족으로 인해 시험체 단면 500mm × 500mm 이상의 시험체를 수용할 수 없으므로, 고강도콘크리트를 이용한 큰 단면의 기둥부재를 높이 1.5m로 제작하여 내용적이 큰 수평가열로에서 시험을 실시하는 것으로 하였으며, 이에 대한 세부 방법은 별표 2에 정하였다.

현재 입법예고된 법령이 발효될 경우, 시험기관에서도 세부운영지침이나 시험기관간의 시험성적서 양식 또는 기재사항에 대한 통일이 뒤따를 것으로 보이며, 시험에 대한 자세한 사항은 한국건설기술연구원 또는 방재시험연구원에 문의 후 시험체 제작 등의 절차가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

제7조(전문위원회 운영 등) ① 시험기관은 이 기준의 콘크리트 내화성능 관리를 위하여 콘크리트·재료·구조 등의 전문가로 구성된 전문위원회를 운영할 수 있다.

② 전문위원회에서는 다음 각 호의 사항을 심의·자문할 수 있다.

1. 관리대상 콘크리트의 표준내화공법
2. 기타 시험기관이 필요하다고 인정하는 사항 등

☞ 시험기관간의 내화성능평가에 대한 정확성 확보 및 특수구조에 대한 시험범위 설정 등 고강도콘크리트 부재의 성능평가에 있어 발생할 수 있는 기술적 문제를 심의, 자문할 수 있는 위원회를 운영할 수 있다.

제8조(내화성능 관리) 관리대상 콘크리트를 사용한 기둥·보에 대한 내화성능은 다음과 같이 관리한다.

① 이 기준에 따라 국가표준기본법 제23조 제2항의 규정에 의하여 인정을 받은 시험기관에서 시험하여 제4조의 내화성능기준에 적합한 경우, 내화성능이 있는 것으로 본다.

다만, 관리대상 콘크리트중 설계기준강도 60MPa이하의 경우 제4조의 규정에 의한 내화성능기준에 적합하도록 구조보강을 하여 구조기술사가 이를 확인·서명한 경우에는 시험을 실시하지 않을 수 있다.

② KS F 2257-7 또는 ISO 834-7의 재하가열시험방법에 의하여 국외의 시험기관에서 성능이 확인된 경우, 해당구조의 내화성능이 있는 것으로 본다.

③ 이 기준에 의하여 관리대상 콘크리트 내화성능시험을 실시하여 내화성능이 있는 것으로 확인한 경우, 그 설계기준강도 이하의 콘크리트를 사용한 기둥 또는 보에 동일한 재료, 공법 등을 적용한 경우에는 별도의 시험을 실시하지 않을 수 있다. 다만, 기둥형 시험체의 단면적보다

작은 경우에는 적용에서 제외한다.

- ④ 관리대상 콘크리트의 내화시험 성적서 유효기간은 3년으로 하고, 동 콘크리트와 동일한 조건의 재료 또는 공법 등을 적용하는 관리대상 콘크리트는 내화시험을 실시하지 아니하고 유효기간 이내의 시험성적서로 갈음할 수 있다.
- ⑤ 감리자는 관리대상 콘크리트 부재의 내화성능 시험성적서 또는 제8조제1항 단서규정에 의한 확인서와 현장의 일치여부 등을 확인하여야 한다.

☞ ① 고강도콘크리트의 내화성능을 관리함에 있어, 60MPa를 초과하는 경우에는 관리기준에 따라 의무적으로 시험을 실시하여야 하나, 60MPa 이하의 고강도콘크리트를 사용할 경우, 구조기술사가 검토하여 안전이 확보되었다고 판단할 경우 사용할 수 있다. 이는 부재의 내화구조설계방법과 연계된 것으로 재료적 방법이 아닌 구조적으로 안전성을 확보할 경우 시험을 면제해 주는 방법이다.

유럽의 내화구조설계에서는 설계시 부재의 온도가 500℃를 초과하지 않도록 하는 콘크리트 부재에 대한 사전 조치사항이 기재되어 있고, 미국의 경우 폭열계수를 사용하여 폭열의 발생으로 인한 내력저하를 구조계산에 고려하는 등 폭열과 관련된 설계방법을 제시하고 있으며* 본 관리기준에서는 구조기술사가 이와 같은 합당한 조치가 있을 경우 60MPa 이하의 고강도콘크리트에 대하여 시험을 면제할 수 있다.

② 관리기준에서는 국내의 시험설비 한계로 인해 온도측정에 의한 성능기준만을 제시한 것으로써 해외 시험기관에서 KS F 2257-7 또는 ISO 834-7의 규정에 따라 재하가열 시험에 의하여 내화성능을 확인 받을 경우, 관리기준에 의해 확인 받은 것과 동등한 성능으로 인정한다.

③ 콘크리트 부재의 내화시험결과 시험체의 크기에 따른 열용량의 차이 등이 발생되며 일반적으로 동일한 콘크리트로 부재를 제작시 단면이 큰 것이 단면이 작은 것보다 내화성능이 우수한 것으로 나타나 관리기준에 의해 성능이 확인된 것보다 단면이 큰 경우 재시험 없이 사용할 수 있다. 반면, 성능이 확인된 것이어도 단면이 감소될 경우는 재시험 대상이 되는 것이다. 따라서, 건설현장에서 고강도콘크리트가 사용되는 가장 작은 단면크기로 관리기준에 따라 성능확인을 하여야 한다. 건설사 또는 레미콘사의 경우, 해당 구조에 대한 평가시 작은 단면으로 관리기준에 통과하는 것이 범용적인 활용측면에서 유리하다.

④ 관리기준에 합격한 구조의 경우 성적서 발급일로부터 3년간은 동일구조로 시공할 경우에 한하여 재평가 없이 활용이 가능하다.

⑤ 콘크리트는 완제품형태로 건설현장에 반입되는 것이 아니므로, 건설현장의 감리자는 관리기준에 합격한 시험성적서에 기재된 사항과 현장에서 시공되는 고강도콘크리트 부재의 사양이 일치하는가를 확인하여야 한다.

* 고강도콘크리트 구조내화설계 지침서(안), 대한건축학회, 2007.11.

※ 제4조에 인용되어 있는 건교부고시 2005-122호는 2008년 5월 16일 국토해양부 고시 2008-154호 [내화구조 인정관리기준]으로 개정되었음.

부 칙

제1조(시행일) 이 기준은 고시한 날로부터 시행한다.

제2조(일반적 경과규정) 이 기준 시행당시 건축허가를 신청중인 경우와 건축허가 및 건축 신고를 받은 건축물의 경우에는 이 기준을 적용하지 아니한다.

☞ 기준은 소급 적용되지 않으며, 기준고시 이후 이루어지는 건축허가 건축물에 적용된다.

3. 맺음말

최근 2~3년간 고강도콘크리트의 내화성능에 관한 논란과 안전성확보에 대한 대책으로 국토해양부에서 [고강도콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준]이 입법예고 되었다.

그간의 수차례의 공청회와 회의, 관련된 고강도콘크리트 내화시험 등을 바탕으로 한 최종산물로 화재시 고강도콘크리트에 대한 내화성능을 확보할 수 있게 되었다는 의미도 있으나, 다른 한편으로 기존의 건축물에 대한 대안 미흡과 국내 화재시험분야의 열악한 시험기자재 현황으로 부족한 부분도 있다 하겠다.

하루속히 국내에서도 고강도콘크리트 부재에 대한 재하가열시험이 가능한 기둥가열로가 구축되어 화재분야의 연구개발과 시험평가가 제대로 이루어지길 기대한다.

- 칙 언 -

[고강도콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준] 제정안에는 [별표1] 관리대상 콘크리트의 내화성능 시험체 제작방법과 [별표2] 관리대상 콘크리트 내화성능시험방법이 포함되어 있다. 이 두가지 내용은 관리기준에서 정하고 있는 콘크리트기둥의 제작방법과 수평가열로에서의 내화성능평가방법을 다루고 있으며, 이는 지나치게 전문적인 내용이 될 수 있고, 향후 관리기준이 시행될 경우 한국건설기술연구원과 방재시험연구원 등 해당 시험기관에서 이에 대한 세부운영방침 및 명확한 해석이 이루어질 것으로 예상되어 본 고에서는 생략함.

관리기준에 따라 고강도콘크리트 부재의 내화성능평가를 받으실 기관이나 개인은 시험체 제작전에 해당 시험기관과 사전에 협의를 하여야만 원활한 진행이 가능할 것으로 판단됨.

참고문헌

- 1) 건설교통부고시 2008-154호, 내화구조의 인정 및 관리기준
- 2) 건설교통부령 523호, 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙
- 3) 고강도콘크리트 구조내화설계 지침서(안), 대한건축학회, 2007.11.
- 4) 고강도콘크리트 기둥·보의 내화성능 관리기준 제정안, 국토해양부, 2008. 4.

작성 : 기술연구부문 방내화팀 김대희 박사