

# 내화충전구조 화재시험

- Cable 배선의 방화  
구획 관통부 -

김 연구  
(방재시험소 연구원)

## 1. 머리말

최근 건축물이 고층·대규모화 되고, 복합용도화 됨에 따라 건물내에 설치되는 전력용 및 통신용 케이블의 양이 증가하고 있으며, 이들 케이블을 다발로 묶은 그룹케이블(Group Cable)이 방화구획을 관통하는 경우가 많이 발생하고 있다.

케이블은 일반적으로 자체 난연성능이 있는 것으로 인식되고 있으나 다발로 뭉쳐진 케이블에 일단 불이 붙게 되면 소화하기가 어려우며 장시간에 걸쳐 연소가 계속된다. 이 때문에 케이블이 방화구획을 관통하는 관통부는 관통부분의 구조체와 동등한 내화성능을 갖도록 요구하고 있다.

여기에 소개하는 시험은 방재시험소가 우수방화제품의 품질인증을 위해 제정한 시험기준중 건축물의 방화구획을 구성하는 벽 또는 바닥을 관통하는 케이블용 개구부에 설치한 방화조치 공법이 내화성능이 있느냐를 판단하기 위하여, 시험한 사례 중의 하나를 정리한 것이다.

## 2. 방화구획관통부의 방화조치 공법과 요구성능

방화구획을 관통하는 급·배수관, 배전관 등의 설비 개구부는 불연재료로 충전하도록 정해져 있다. (건축법 시행령 제30조 제5항)

케이블 배선시 배전관을 사용치 않고 케이블레크(Cable rack)등을 사용한 경우에는 피복재가 연소(燃燒)하여 연소(延燒)를 이룰 수 있으며, 특히 다발로 묶여진 케이블에 있어서는 그 위험성이 대단히 크다. 그래서 이러한 케이블의 방화구획 관통부에는 간편하고 내열성있는 재료를 충전하여 양측에 불연성의 댐(Damming)재를 설치하는 방화조치 공법 등이 건물의 설계·시공의 상세(detail)에 따라 치수, 재료, 시공방법을 달리하며 여러가지의 형태로 개발되고 있다.

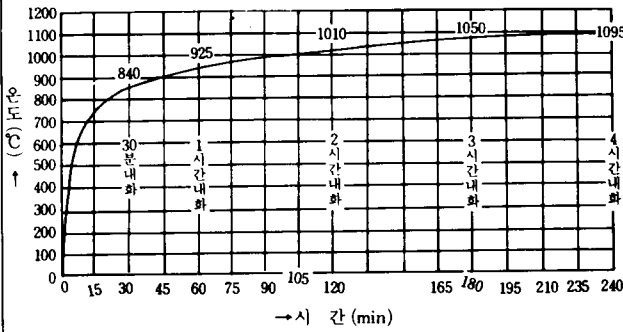
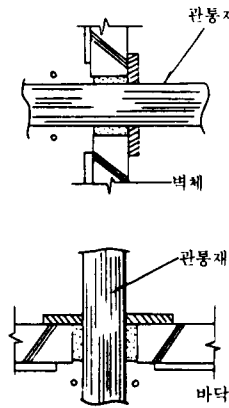
이들 방화조치 공법은 케이블이 관통하는 벽 또는 바닥구조체에 적용되는 내화구조의 건축부위별 성능기준(건설부고시 제528호)에서 정한 내화시간 이상의 내화성능이 요구된다.

3. 시험장비

이 시험방법은 방재시험소의 품질인증 기준 FS 012 「내화충전구조의 시험방법」에 의하였다(표 1, 시험방법 개요 참조).

가. 시험방법

〈표 1〉 시험방법 개요

|   |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| 1. 시험 명 칭   | 방화구획 관통부의 내화충전구조 화재시험.  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 2. 시험 목적  | 화재시의 연소방지 성능확인  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 3. 시험 체   | (1) 내화충전구조 :<br>(2) 관통재 종류 :<br>(3) 시험체 치수 및 수량 :                     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 4. 시험 방법  | 개 요   | 표준시간-온도가열 곡선으로 가열하여 비가열측의 온도 및 케이블 표면온도를 측정   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|   | 적용규격  | FS 012 내화충전구조의 화재시험 방법  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|   | 시험장치  | 가열시험로, 온도계측장치   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|   | 온도측정  | KS 1062에서 정한 0.75급 이상의 성능이 있는 CA열전대 사용.   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|   | 가열온도  | (1) 표준온도-시간곡선 범위내에서 온도를 제어하여 가열<br>(2) 가열온도 측정위치  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| <p style="text-align: center;">표준시간-온도 곡선</p>  <table border="1" data-bbox="295 1303 974 1453"> <tr> <td>경과시간(분)</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>40</td> <td>45</td> <td>50</td> <td>55</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>가열온도(°C)</td> <td>540</td> <td>705</td> <td>760</td> <td>795</td> <td>820</td> <td>840</td> <td>860</td> <td>880</td> <td>895</td> <td>905</td> <td>915</td> <td>925</td> </tr> <tr> <td>경과시간(분)</td> <td>65</td> <td>70</td> <td>75</td> <td>80</td> <td>85</td> <td>90</td> <td>95</td> <td>100</td> <td>110</td> <td>120</td> <td>130</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>가열온도(°C)</td> <td>935</td> <td>945</td> <td>955</td> <td>965</td> <td>975</td> <td>980</td> <td>985</td> <td>990</td> <td>1000</td> <td>1010</td> <td>1015</td> <td>1025</td> </tr> <tr> <td>경과시간(분)</td> <td>150</td> <td>160</td> <td>170</td> <td>180</td> <td>190</td> <td>200</td> <td>210</td> <td>220</td> <td>230</td> <td>240</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>가열온도(°C)</td> <td>1030</td> <td>1040</td> <td>1045</td> <td>1050</td> <td>1060</td> <td>1065</td> <td>1070</td> <td>1080</td> <td>1085</td> <td>1095</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> |   | 경과시간(분)   | 5    | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55 | 60 | 가열온도(°C) | 540 | 705 | 760 | 795 | 820 | 840 | 860 | 880 | 895 | 905 | 915 | 925 | 경과시간(분) | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 가열온도(°C) | 935 | 945 | 955 | 965 | 975 | 980 | 985 | 990 | 1000 | 1010 | 1015 | 1025 | 경과시간(분) | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 |  |  | 가열온도(°C) | 1030 | 1040 | 1045 | 1050 | 1060 | 1065 | 1070 | 1080 | 1085 | 1095 |  |  |  <p>○ 표는 가열온도 측정 위치</p> |
| 경과시간(분)   | 5   | 10  | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 가열온도(°C)  | 540   | 705   | 760  | 795  | 820  | 840  | 860  | 880  | 895  | 905  | 915  | 925  |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 경과시간(분)   | 65  | 70  | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   | 100  | 110  | 120  | 130  | 140  |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 가열온도(°C)  | 935   | 945   | 955  | 965  | 975  | 980  | 985  | 990  | 1000 | 1010 | 1015 | 1025 |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 경과시간(분)   | 150   | 160   | 170  | 180  | 190  | 200  | 210  | 220  | 230  | 240  |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 가열온도(°C)  | 1030  | 1040  | 1045 | 1050 | 1060 | 1065 | 1070 | 1080 | 1085 | 1095 |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 주수시험  | 가열등급의 1/2시간 가열한 후 1.40kg/cm <sup>2</sup> 의 압력으로 2분간 주수(注水)            |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 5. 판정기준   | F급  | (1) 가열등급 기간동안 화염이 개구부를 관통하지 않아야 하며, 비가열면에서 어떤 종류의 화염도 발생되지 않을 것.<br>(2) 주수시험시 비가열면에 구멍이 생기지 않을 것. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|   | T급  | (1), (2) F급과 동일함<br>(3) 비가열면 및 관통재의 온도가 시험시작시 온도보다 163°C를 초과하여 상승하지 않을 것.                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 6. 결과표시   | 각부 온도 측정결과, 내화상 중요한 관찰사항 등  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 비 고   | (1) 시험체의 구조, 치수, 관통재 등은 의뢰자의 시공사양에 의한다.<br>(2) 내화등급(내화시간)은 의뢰자가 지정한다. |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |         |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |          |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |

**나. 시험체**

**치 수**

(1) 케이블을 관통하는 구조체(시험부재)는 가로·세로 각 1,000mm, 두께 150mm의 경량기포콘크리트로 하였다.

(2) 시험체의 관통 개구부 크기는 0.18㎡(300mm×600mm)로 하였다.

**수량**

시험체의 단면구조가 좌우 비대칭이었으므로 가열용으로 2개, 주수시험용으로 1개를 제작하였다.

**시험체 제작**

(1) 시험체는 건축물의 벽체 케이블 관통부에서 시공하는 방법과 동일한 시공 순서에 의해 만들었다.

(2) 시험에 사용한 케이블은 7~15φmm 정도의 일반 전력용 케이블로 하였으며 케이블 단면적 합계는 시험체 면적의 5% 정도로 하였다.

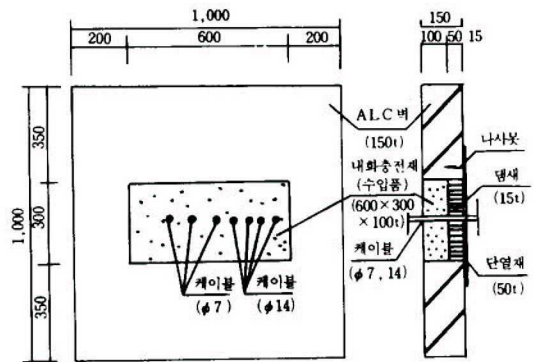
(3) 설치한 케이블의 길이는 가열면에서 300mm,

비가열면에서 900mm 정도가 되도록 하고, 말단 부분은 절단상태로 하여 분산 배치하였다.

(4) 비가열면의 케이블은 건축물에서와 동일한 구조로 지지하였다.

(5) 제작된 시험체를 통풍이 양호한 실내에서 기건(氣乾) 상태가 될 때까지 건조시켰다.

(6) 시험체의 주요 구성은 아래와 같다.



입 면 도

수직단면도



**다. 온도측정**

**로내(爐內)온도**

온도측정에 사용한 열전대(熱電對)는 KSC1602에서 규정한 0.75급 이상의 성능이 있는 직경 1mm의 CA열전대이며, 열측정위치는 시험체로부터 3cm 이격되게 하였다.

**시험체온도**

(1) 이면열전대는 KSC1602에서 규정한 0.75급 이상의 성능이 있는 직경 0.65mm의 CA 열전대를 사용하였다.

(2) 열접점은 주위의 기류 등이 온도 측정에 영향을 미치지 않도록 세라믹울 등으로 피복하여 보호조치를 취하였다.

(3) 각부의 온도측정은 가열 종료시까지 5분 이내 간격으로 행하였다.

(4) 시험체 이면(비가열면)은 7개소, 관통재(케이블)는 2개소에서 온도를 측정하였으며 측정온도의 평균값 및 최대값은 <표2>와 같다.

〈표 2〉 온도측정 결과

| 시험체온도        |                |                | 케이블온도        |                |                |
|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| TIME<br>mins | AVERAGE<br>deg | MAXIMUM<br>deg | TIME<br>mins | AVERAGE<br>deg | MAXIMUM<br>deg |
| 0.00         | 0              | 0              | 0.00         | 0              | 0              |
| 5.00         | 0              | 0              | 5.00         | 1              | 1              |
| 10.00        | 0              | 0              | 10.00        | 6              | 7              |
| 15.00        | 0              | 1              | 15.00        | 16             | 20             |
| 20.00        | 1              | 3              | 20.00        | 25             | 34             |
| 25.00        | 2              | 6              | 25.00        | 33             | 48             |
| 30.00        | 3              | 9              | 30.00        | 39             | 56             |
| 35.00        | 4              | 13             | 35.00        | 45             | 65             |
| 40.00        | 5              | 18             | 40.00        | 50             | 73             |
| 45.00        | 6              | 21             | 45.00        | 54             | 79             |
| 50.00        | 7              | 25             | 50.00        | 59             | 87             |
| 55.00        | 8              | 29             | 55.00        | 64             | 94             |
| 60.00        | 9              | 33             | 60.00        | 67             | 97             |

| 시험체온도        |                |                | 케이블온도        |                |                |
|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| TIME<br>mins | AVERAGE<br>deg | MAXIMUM<br>deg | TIME<br>mins | AVERAGE<br>deg | MAXIMUM<br>deg |
| 0.00         | 0              | 0              | 0.00         | 0              | 0              |
| 5.00         | 0              | 0              | 5.00         | 1              | 1              |
| 10.00        | 0              | 0              | 10.00        | 4              | 6              |
| 15.00        | 0              | 0              | 15.00        | 12             | 16             |
| 20.00        | 1              | 1              | 20.00        | 25             | 33             |
| 25.00        | 3              | 3              | 25.00        | 47             | 58             |
| 30.00        | 5              | 6              | 30.00        | 53             | 60             |
| 35.00        | 7              | 8              | 35.00        | 60             | 61             |
| 40.00        | 8              | 10             | 40.00        | 62             | 64             |
| 45.00        | 11             | 13             | 45.00        | 64             | 70             |
| 50.00        | 12             | 16             | 50.00        | 69             | 80             |
| 55.00        | 13             | 19             | 55.00        | 73             | 90             |
| 60.00        | 17             | 22             | 60.00        | 77             | 98             |

라. 가열 및 주수(注水)

가열로

시험에 사용한 가열로는 내부치수 1,000mm×1,000mm의 소형가열로를 사용하였다.

가열등급

가열온도는 〈표1〉의 시험방법에 의한 표준 시간-온도 가열온도곡선에 맞도록 제어하였으며, 가열등급은 1시간 가열로 하였다.

주 수

가열후 30분 후에 직경 12.7mm 노즐을 사용하여 5m거리에서 1.40kg/cm<sup>2</sup>의 수압으로 2분간 방사하였다.

마. 관측사항 및 판정

주요관측 사항

(1) 가열중 시험체 이면에 있어서 변형, 파괴, 균열이 발생되지 않았으며 발연(發煙)도 없었다.

(2) 시험체 이면의 케이블에 용융, 탄화, 착화 등이 발생하지 않았다.

(3) 주수시 시험체 이면에 균열 등 변형이 발생하지 않았다.

판 정

본 내화충전구조는 1시간 가열한 결과, 시험체 및 케이블의 이면 최고 상승온도가 163℃에 훨씬 미달하고, 내화상 유해한 변형이 발생하지 않아 1시간 내화등급의 T급에 합격하였다.

4. 맺는 말

이상의 시험실시 예에서 본 바와 같이 화학제품을 이용한 방화조치공법은 시공의 간편성과 방화성능의 우수성 때문에 각국에서 수급 종류가 개발되었으며, 근래에는 우리나라에서도 대형·고층건물, 원자력발전소 등을 중심으로 수입 화학제품을 사용한 내화충전구조가 다양하게 시공되고 있다.

본 시험소에서는 이들 화학제품을 이용한 방화조치 공법에 대하여 여러차례의 가열시험을 행하였으며, 이들 시험데이터를 분석해본 결과 일정 시간 동안의 내화등급에서는 내화성능이 우수하나 가열시간이 증가함에 따라 급격한 변형을 이르고, 또한 시험체(내화충전구조) 자체의 연소에 의해 화재 하중을 가중시키는 경향을 나타내었다. 따라서 건축물에 내화성능이 확인되지 않은 방화조치 공법을 시공할 경우에는 권위있는 시험기관으로 부터 충분한 테스트를 받아 건물구조체의 내화등급에 상응한 공법이 적용되어야 할 것이다.

그리고 이들 방화조치공법은 동일한 전문시공업체에서도 유사한 공법이 다수 있으며, 동일한 재료를 사용하여 시공하더라도 시공순서나 방법에 따라 방화성능에는 차이를 나타내므로 보다 높은 방화상의 안전성을 확보하기 위하여서는 세심한 주의와 철저한 시공관리가 필요할 것으로 판단된다.