

제222호

2012년10월

위험관리정보

목 차

- 방재정보
 - ✓ 도쿄스카이트리(Tokyo Sky Tree)의 방재계획 / 1
 - ✓ 위협받고 있는 철도역사 안전 / 9

- KFPA 화재안전 우수건물 인정제도 / 14

- 신착자료 목록 / 18

- 안 내
 - ✓ KFPA, e-뉴스레터 서비스 실시 및 블로그 개설 / 20
 - ✓ 판매도서 안내 / 21

도쿄스카이트리(Tokyo Sky Tree)의 방재계획

1. 서론

도쿄스카이트리는 높이 634m의 자립식 전파탑으로서 세계 제일이며, 건축물로서도 두바이에 세워진 높이 828m의 부르즈 칼리파에 이어 2위이다. 일본 내에서도 가장 높으며 다음으로 높은 전파탑으로는 333m의 도쿄타워이고, 296m의 초고층건물인 랜드마크타워와는 약 2배 높이며, 건물화재안전에서도 심도 깊은 검토가 이뤄졌다. 여기서는 도쿄스카이트리의 방재계획에 대해 소개한다.

2. 타워 건축의 법적 사항

2.1 건축물과 공작물

도쿄스카이트리를 중심으로 한 도쿄스카이트리 타운은 전파탑과 사무소건물, 점포, 프라네타리움(천상의, 천문대), 수족관 등으로 이루어진 230,000㎡의 복합건축물이다. 이 중 타워부분은 전파탑에 방송시설과 전망시설이 있는데 법적사항은 명확하지 않다. 건축확인과 관련하여 도쿄도와 협의를 한 결과 타워 구조체는 공작물이며, 방송시설과 전망시설, 이것들을 지상과 연결하는 엘리베이터와 계단을 포함한 샤프트부분은 건축물로 정리되었다. 이것은 도쿄타워 등에도 동일하게 적용된다.

2.2 건축확인의 단위

이 건물은 거대한 복합건축물이지만, 건물로서는 1개 동으로 소방법상으로도 하나의 방화대상물이다. 그러나, 전체를 3부분의 가로로 분할하여 각각의 부분으로 피난과 화재에 관한 독립성을 확보함으로써 안전성을 높이고 있다. 분할부분은 이중으로 방화구획 되어 진다.

2.3 특별한 검토

이 건물은 전술한 바와 같이 지금까지 경험하지 못한 높이의 건물이며, 공작물 내의 건축물이라는 특수한 위치이기 때문에, 인허가에 관한 사항은 도

교도와 협의했다. 일본건축센터에 특별위원회를 설치하는 방안도 있었지만, 최종적으로는 일본건축센터의 기존 제도를 활용하고 공작물을 포함한 내화 성능에 대해서는 내화성능검정(루트 C)¹⁾을 적용하기로 했다. 내화성능검정에 대해서는 건물전체가 적용되지만, 타워 부분 이외는 사양규정을 충족하는 건설성대신의 검정을 적용하기로 했다.

3. 전망대의 피난계획

3.1 전망대의 특징

전망대는 350m의 높이인 도쿄스카이트리 하늘전망데크와 450m의 도쿄스카이트리 하늘전망회랑이 있다. 전망대는 4대의 승용엘리베이터와 2대의 비상용엘리베이터, 2개소의 특별피난계단으로 이루어진 샤프트로 지상층과 연결된다. 초고층건물과 다르게 지상과 도쿄스카이트리 하늘전망데크, 도쿄스카이트리 하늘전망데크와 도쿄스카이트리 하늘전망회랑 사이에는 샤프트 이외의 거실은 없다. 따라서, 길고긴 샤프트를 이동하는 중에 비상사태 등을 대비하는 것이 통상의 건물에는 없는 하나의 포인트이다. 또한, 건축공간이 공중에 독립해서 존재하므로 건물의 다른 장소에서의 화재영향을 받기 어려운 이점도 있으며, 이것이 피난계획을 고려한 하나의 포인트이다.

3.2 피난시설

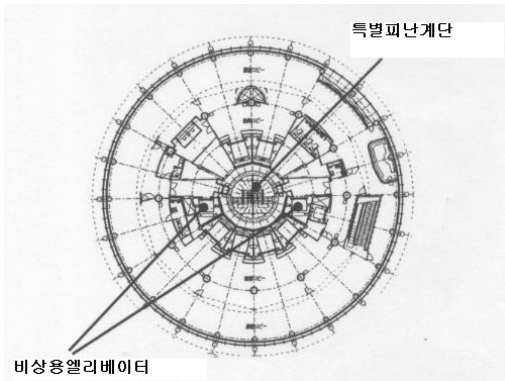
타워에서는 피난의 다변성을 고려하여 2개소의 특별피난계단을 설치했다. 또한 비상용엘리베이터도 2대를 설치했다. 이것은 전망대의 면적과 높이뿐만 아니라 건축기준법의 규정을 만족시키기 위해서도 필요한 것이지만 이러한 다변성이 확보된 것은 기존의 타워에서는 보기 힘든 것이다.

1) 내화성능검정이란 루트 B(건축기준법 시행령 제108조의 3 제2항, 건설성고시 제1433호에 따른 「계산서를 건축확인 또는 계획통지에 첨부)와 루트 C(건축기준법 시행령 제108조의 3 제1항 제2호 「성능평가기관의 성능평가를 받거나 대신검정을 취득하는 방법」로 구분되며, 루트 B의 경우는 다음과 같다.

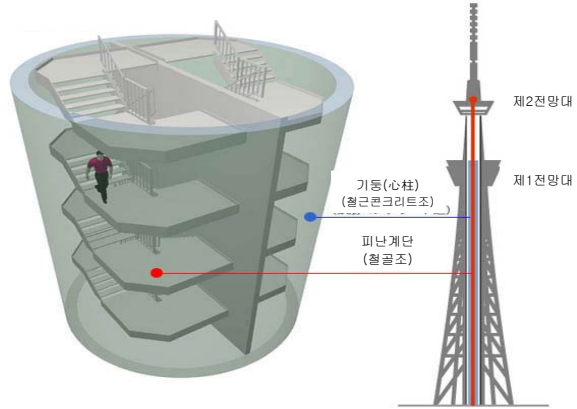
- 각 실에서 상정된 화재(옥내화재계속시간 t_f)를 계산한다(용도(가연물량), 실의 크기, 개구부의 크기, 내장재료 등에 의함)
- 각 실의 주요구조부가 가지는 「옥내화재보유내화시간(t_{fr})」을 계산(피복두께, 부재의 열용량, 구조계산결과, 재료의 내화성능(검정된 내화시간) 등에 의함)
- $t_f \leq t_{fr}$ 이면 양호. 그렇지 않으면 성립되도록 계산을 변경
- 외벽의 경우 옥외화재에 대해서도 검정. 이 경우 옥외화재계속시간은 「연소의 우려가 있는 부분은 60분, 그 밖의 부분은 30분」으로 전항과 동일하게 판단

루트 C의 경우는 원칙적으로 루트 B와 같지만, 이외에 각 부재의 구체적인 내화성능(비손상성, 차열성, 차염성)을 증명하는 방법임.

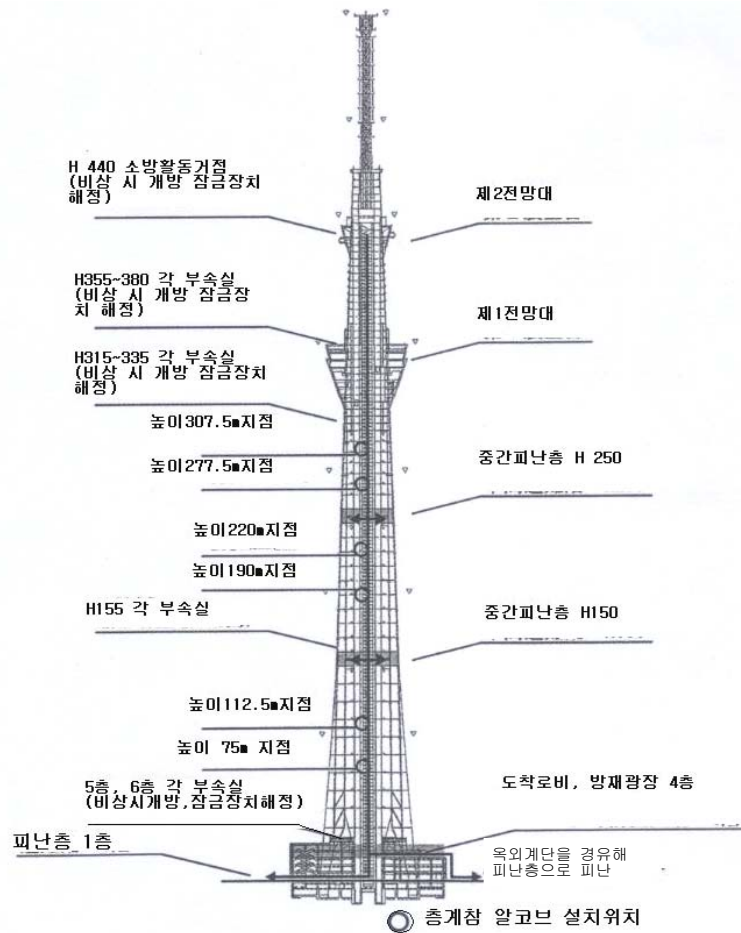
피난은 기본적으로 특별피난계단을 사용하지만 휠체어이용자와 고령자 등의 피난약자는 비상용엘리베이터를 이용한 구조를 상정했다. 비상용엘리베이터의 평상 시 속도는 240m/min이지만, 비상운전 시에는 540m/min로 운전이 가능하고, 지상에서 1분 이내에 도쿄스카이트리 하늘전망회랑까지 도달할 수 있다.



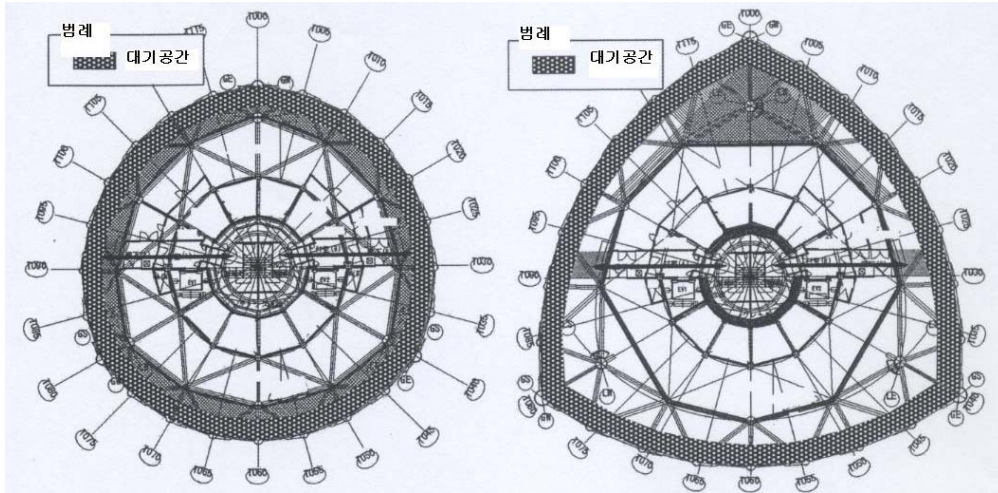
[그림 1] 특별피난계단과 비상용엘리베이터



[그림 2] 특별피난계단의 이미지



[그림 3] 피난관련시설의 단면배치

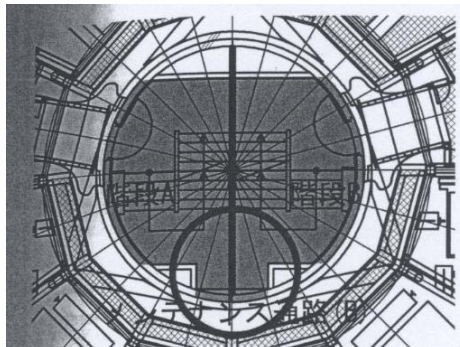


[그림 4] H250 중간피난층

[그림 5] H150 중간피난층

긴 샤프트 경로상에 거실이 존재하지 않기 때문에, 이것을 보완하기 위한 관련 연구가 수반되었다. 엘리베이터와 관련해서는 비상용탈출구를 약 50m마다 설치했으며, 특별피난계단과 관련해서는 중간피난계단을 150m와 250m의 2개소에 설치했다. 중간피난층은 발코니부분의 외기에 노출되어 외부공간에서 피난 중에 이상사태가 발생한 경우 피난자가 계단에서 대기할 수 있는 공간이 된다.

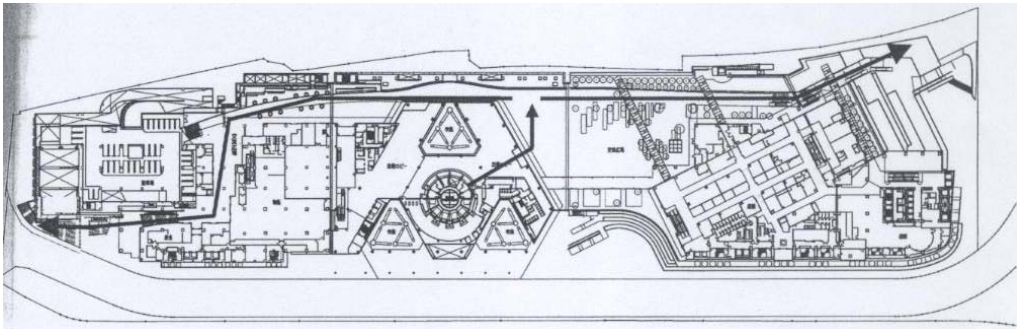
상층부에서 피난한 경우, 이 중간피난층을 인지하기 쉽도록 해당층의 계단을 구분하는 형태로 문을 설계했다. 이 문은 특별피난계단의 드래프트를 방지하고 연기가 침투하여도 상층부로 연기가 상승하는 것을 방지할 수 있다. 또한, [그림 6]에서 보듯이 계단의 층계참에 피난 시 일시적으로 대기할 수 있는 공간인 알코브를 설치함으로써 일거에 피난층까지 피난할 수 없는 고령자, 유아 등이 피난 중에 대기할 수 있어 피난흐름을 저해하지 않을 수 있다. 아울러, 층계참 부분의 미끄럼방지턱에는 축광재료를 사용하여 층계참의 존재를 쉽게 알 수 있도록 했다.



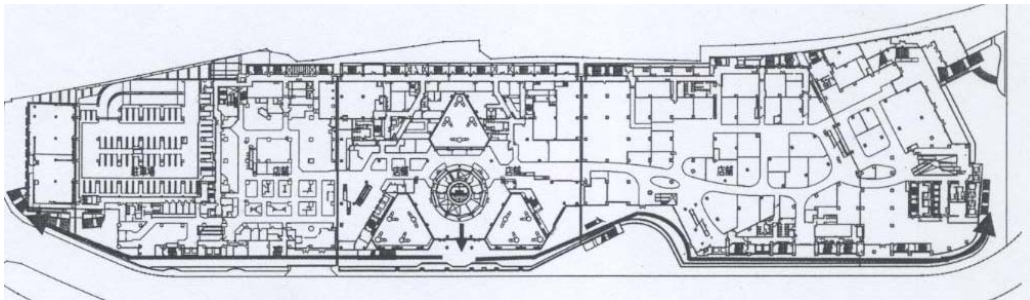
[그림 6] 특별피난계단 층계참의 알코브

3.3 피난경로의 다변성

전망대에서 피난해 온 사람이 안전하게 옥외로 피난할 수 있도록 지상부분에 여러 개의 피난경로를 확보하고 있다. 1층까지의 계단으로 피난하는 통상의 피난경로 외에 4층에는 저층부 옥상에 설치된 광장을 경유하여 동쪽과 서쪽의 2방향으로 옥외계단에서 지상으로 피난할 수 있는 경로를 확보하고 있다. 또한, 2층의 남측에는 발코니가 있어, 발코니를 경유하여 동쪽과 서쪽의 2방향으로 옥외계단을 통해 지상으로 피난할 수 있다.



[그림 7] 4층의 대체피난경로



[그림 8] 2층의 대체피난경로

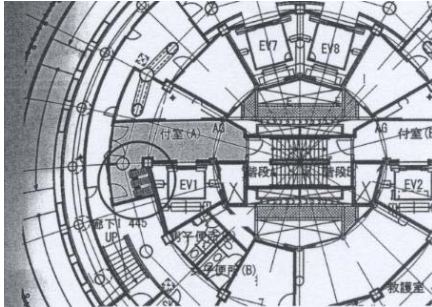
3.4 전망대의 정원

전망대의 정원은 피난안전검정법에 따른 계산을 참고하여, 화재 시 안전하게 피난할 수 있는 범위로 설정했다. 도쿄스카이트리의 하늘전망데크는 약 2,000명, 도쿄스카이트리의 하늘전망회랑은 약 900명이 정원이다. 이는 전망로비의 면적 대비 약 1제곱미터당 1명의 채실밀도가 된다. 정원은 입장정문과 출구의 카운터에서 체재인원을 산정하여 관리한다.

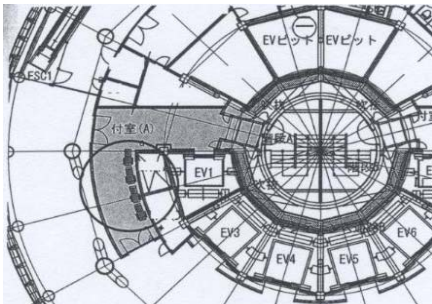
3.5 피난시나리오와 피난계획

전망대의 피난은 10개소의 출화점을 상정하여 각각의 케이스별로 피난시나리오를 고려했다. 이 건물은 1개 동의 건축물이지만 전망대는 지상 350m

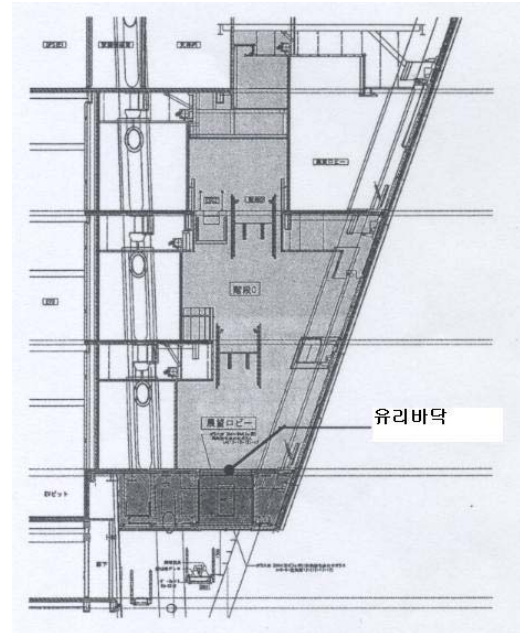
와 450m에 독립하여 존재하기 때문에, 지상의 다른 장소에서의 화재영향을 받기 어렵다. 그렇기 때문에 전망대 이외의 출화장소에서는 즉시 피난을 개시하지 않고 대기하는 시나리오이다. 화재의 진전을 보고 초기 소화에 실패하여 화재가 확대된 경우에만 피난을 개시하는 계획이다.



[그림 9] 도쿄스카이트리의 하늘전망회랑 휠체어이용자 대피장소



[그림 10] 도쿄스카이트리의 하늘전망데크 휠체어이용자 대피장소



[그림 11] 유리바닥의 단면배치도

3.6 피난약자의 피난

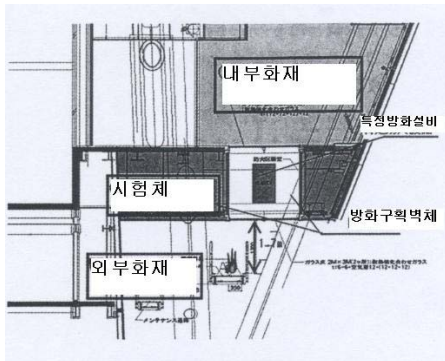
휠체어이용자와 고령자 등 계단으로 피난할 수 없는 피난약자는 재해발생 시 직원의 유도에 따라, 각 전망대의 최하층 특별피난계단의 부속실 내에 설치된 대기공간으로 우선 유도된다. 그리고 직원과 소방대의 유도에 따라 비상용엘리베이터를 사용해서 지상으로 피난한다.

4. 유리바닥의 내화성능

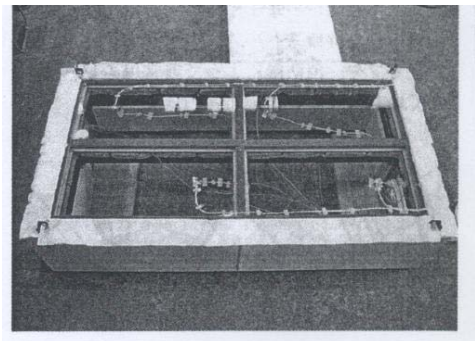
도쿄스카이트리 공간연출의 하나로 유리바닥이 있다. 관람자는 유리바닥 위에 서서 발 아래의 풍경을 들여다 볼 수 있다. 유리바닥은 사람이 그 위에서 문제가 없을 정도의 강도를 유지하는 것이 당연하며, 더욱이 내화성능 검증에서는 내화건축물의 바닥으로서 필요한 내화성능을 갖도록 요구하고

있다. 요구되는 성능으로는 실내화재에 대한 비손상성과 차열성, 실외화재에 대한 차열성이다.

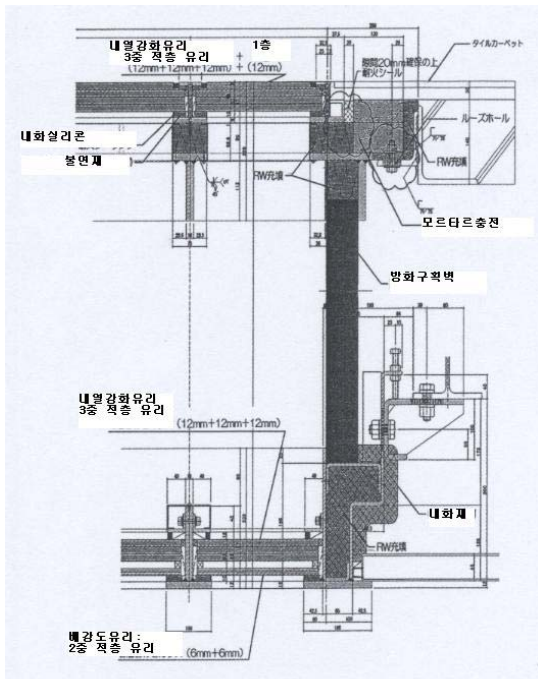
유리바닥의 구조는 [그림 13]과 같이, 상하 2세트의 복수의 유리로 구성되었다. 상부는 12mm의 내열강화유리 3매를 합친 유리에 손상방지유리 1매를 적층한 것이고, 하부유리는 동일한 3중 적층유리의 하부에 6mm + 6mm의 배강도유리²⁾ 1매를 풍압에 견디도록 설치했다.



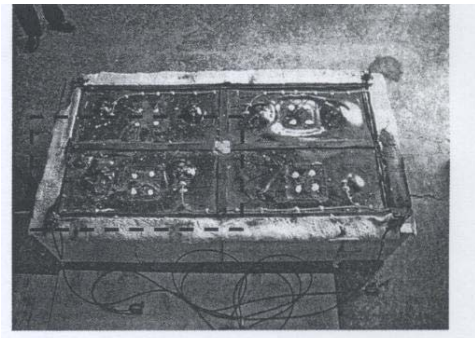
[그림 12] 유리바닥에 영향을 미치는 화재



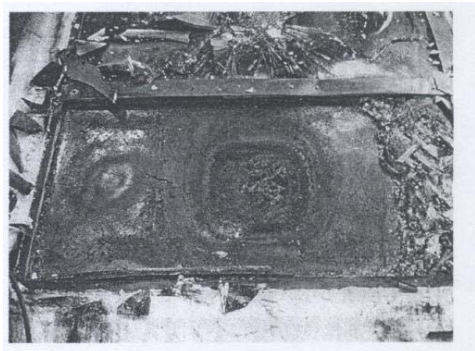
[그림 15] 시험체 가열 전



[그림 13] 유리바닥 상세도



[그림 15] 시험체 가열 후



[그림 16] 시험체 가열 후 부분확대

2) 배강도유리(Strengthened glass : 반강화유리) : 파손 시 파편이 크고 용도는 고층부분에 시공(외벽 유리 커튼월로 사용)

실내화재와 관련, 실제 시험체를 제작하여 내화로에서 가열함으로써 성능을 확인했다. 가열시간은 전망대의 화재계속시간 1시간으로 하여, 가열 후의 상황을 확인했다. 시험체는 최상부의 손상방지유리가 일부 부풀어 올라 파괴된 부분도 있었지만, 하부의 3층유리는 손상이 없어 비손상성이 확인되었다. 차열성은 열전달해석에 의해 하부유리 최하면에서 140℃ 이하가 되는 것을 확인했다.

외부화재와 관련해서는 유리바닥 하부의 야간조명연출용 경량케이블이 연소된 것으로 상정하여 열계산을 하고, 실내 측 유리의 온도가 140℃ 이하가 되는 것을 확인했다.

5. 결 론

도쿄스카이트리는 특수한 형상으로 비슷한 예를 찾아볼 수 없는 높은 건물이며, 방화설계에 있어서도 심도 깊은 검토와 여러 가지 방화대책이 실시되었다. 여기에서 얻어진 기법은 타워건축에 한정되지 않고 다른 고층건물과 대규모건축물의 설계에도 활용될 수 있으리라 생각된다.

출처 : 건축방재 (2012년 7월호)

번역 : 인사회계팀 여한승 과장