조사재시험시설 건물 구조안전진단 및 보수설계

백상열, 송웅섭, 백승제, 유병옥, 김길수, 안상복, 주용선
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989 번길 111
sybaek1@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원 부지 내에 위치한 IMEF (Irradiated Materials Examination Facility : 조사재시험시설)는 지하 1층, 지상 3층(연면적 : 4,000㎡)의 철근콘크리트 라멘(건물) 및 전단벽 식(핫셀) 건축물로서, 내진 1등급, 품질등급 Q이다.

건물의 효율적 수명관리 및 안전성 확보를 위하여, 구조물에 대한 안전진단을 실시하여 열화이력을 D/B화하고 진단결과를 바탕으로 구조물의 건전성 평가 및 보수·보강 및 유지관리 방안을 수립하였다.

2. 본론

2.1 업무수행 범위 및 방법

업무 수행 범위는 구조물 내·외부 외관 검사, 정밀검사, 구조 안전성 평가, 보수방안 및 유지관리 대책 수립 등이다. 수행 방법은 아래와 같다

- 외관검사

구조물의 외부를 정면, 우측면, 좌측면으로 구분하여 전 구간에 대한 외관 육안검사를 실시하였으며, 균열폭, 균열위치, 균열형상 및 기타 열화현상에 대한 근접 육안검사를 실시하여 열화위치 및 범위를 기록하였다. 내부는 각 층별로 각각의 고유번호를 부여하여 검사구역도를 작성하여 가능한 모든 면을 검사하였다.

- 정밀검사

정밀검사로는 콘크리트 균열 깊이, 비파괴 강도 및 품질평가 측정, 철근 피복두께 및 중성화 깊이 측정, 염화물 함유량 측정, 부등침하 측정, 강재 도막두께 측정 등이다. 균열깊이는 초음파 측정기로, 강도는 반발경도 측정기로, 품질평가는 간접법으로 측정값을 구하였다. 중성화 정도를 측정하는 방법으로는 페놀프탈레인 법이 이용되었다. 염화물 함유량 측정은 한국건설품질시험원에 의뢰하여 콘크리트 중의 전염화물 이온양을 평가기준과 비교, 검토하였다. 부등침하 측정은 외부 모서리 기둥에 강재 스터드를 설치하고 레벨 측량기를 이용하여 측정하였다. 철골구조물에 대한 도막측정은 8회를 실시하여 평균값을 채택하였다.

- 구조 안전성 검사

구조 안전성 검토는 하중이 가장 크게 작용하는 3층 기계실, 문서고 바닥 및 1층 슬레이브에 대하여 하였으며, 기준은 "극한강도 설계법"에 의해 검토하였다.

2.2 수행 결과

2.2.1 외관검사

- 외부 기둥면에 균열 폭 약 0.1~0.2 mm의 미장면 균열이 다수 발생하였으며 철물이 다수 노출되어 부식됨.

- 외부의 배수관은 대부분 부식되거나 노후화 된 상태이며, 배수구 연결부위 구간에 몰탈 파손 현상, 구조물과 바닥 접합부 일부 구간의 이격 현상이 발생됨.

- 파라펫 외부에 균열 폭 약 0.1~0.3 mm의 수직균열이 다수 발생되었으며, 철근과 긴결재 노출 및 부식 현상이 다수 발생됨.

- 외벽도장 마감의 경우 미장면 균열, 긴결재 부식, 들뜸에 의해 전반적으로 노후화 된 상태임.

- 구조물 내부 관리구역 철근콘크리트 내력벽에 관리를 요구하는 균열이 다수 발생되었으며, 지상3층 비관리구역에 위치한 전단벽에 균열 폭 0.3 mm 이상의 수직균열이 다수 발생된 상태임.

- 지붕 층 및 옥탑 층의 경우, 바닥 몰탈 마감층이 다수 들뜸 및 파손에 의한 노후화가 비교적 심한 상태이며, 문틀 부식, 배수관 부식, 조적 균열 및 파손 등의 현상이 다수 발생됨.

2.2.2 정밀검사

- 균열깊이 측정: 총 3개소에 대해 측정한 결과, 54.8~86.2 mm 정도로 측정됨. 철근탐사에서 나타난 평균 피복두께가 41.1 mm이며, 벽두께가 300 mm 이므로 관통균열은 아닌 것으로 판단됨.

- 콘크리트 비파괴 강도 측정: 평균 약 37.2 MPa 정도로, 원설계기준강도(28.0 MPa)와 비교시 양호한 수준으로 판단됨.

- 콘크리트 품질평가 측정: 평균 약 3.49 km/sec로, 콘크리트 품질은 보통으로 나타남.

- 철근탐사: 16개소에 대해 실시하였으며, 배근

간격, 피복두께는 양호한 수준으로 판단됨.

- 중성화 깊이측정: 5개소에 대한 중성화시험을 실시한 결과 평균 중성화 깊이 1.3 mm 정도로써, 철근탐사 시 조사된 평균 피복두께인 41.1 mm와 비교 시 0.5D 이하인 1등급에 해당됨.

- 염화물 함유량 측정: 2개소에 대해 실시하였으며, 측정결과 환산 염화물 함유량이 0.059 kgf/m^3~0.075 kgf/m^3 정도로 1등급에 해당됨.

- 부등침하 측정: 3개소에 대해 상대적 고저차를 비교한 결과, 최대 ± 0.2 mm 의 허용치 이내로서, 부등침하의 영향은 없는 것으로 나타남.

- 강재 도막두께 측정: 측정 결과, 평균 도막두께가 210.0 ㎛ 정도로, 하나로 구조물의 시방서 상 도막두께 범위인 152.4 ㎛~254.0 ㎛과 비교하여 양호한 상태로 조사됨.

2.2.3 구조 안전성 검사

소요 휨모멘트에 대한 철근량 및 전단력에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

2.3 보수 및 유지관리 방안

2.3.1 보수공법 선정

보수대상 열화현상은 0.2 mm 이상의 구조체 균열, 0.3 mm 이상의 조적균열, 건물접합부 이격, 백태현상, 박리/박락, 철근노출, 재료분리, 건물 옥상 층 상부바닥 파손, 배수관 노후화, 도장 균열 및 들뜸 부위 등이다.

이들 열화현상에 대하여 0.2 mm 이상의 구조체 균열 보수는 주입공법, 0.3 mm 이상의 조적균열은 충전공법, 백태현상 부위는 표면처리공법, 재료분리, 박리/박락 부위는 단면복구공법, 철근노출부위는 철근방청 후 복구공법, 건물 옥상층 상부바닥 파손부위는 방수공법으로 보수한다.

강재면 도장균열 및 도장 들뜸 부위는 강재의 도장 보수공법을 참고하여 해당 부위의 바탕처리 후 재 도장한다.

2.3.2 보수부위 선정

점검결과에 따라 보수가 필요한 열화현상은 균열 폭 0.2 mm 이상 균열, 0.3 mm 이상 조적균열, 콘크리트 박리, 철근노출, 긴결재 노출, 지붕 층 바닥 몰탈 마감, 외부 배수구 주위 몰탈파손, 배수관 부식, 점검사다리 부식 등 콘크리트 구조물과 기타 부대시설에 대한 현황으로 나타났다.

내부 철골구조물의 경우 보수가 필요한 현황은 발견되지 않음. 한편, 구조물 외벽체의 도장박리 및 들뜸, 지붕 층 방수 몰탈은 전체 보수 물량에 추가하였다.

2.3.3 유지 관리 방안

내구성 및 사용성을 확보하기 위하여 아래의 방법에 의해 지속적인 유지관리가 필요함.

- 점검계획에 따라 일상점검 수행.

- 정기점검을 주기적으로 실시하여 구조물의 열화이력을 철저히 파악함은 물론 점검 자료를 Autocad(D/B화)로 관리.

- 정기점검을 통하여 균열 폭 0.2 mm 이상으로 진전된 균열에 대해서는 적기보수.

- 보수부위에 대해서는 구조물의 내구성 확보 및 보수 효과의 확인을 위해 일정기간 관찰하여 기록 유지.

- 구조물에 경사균열이 발생 시 균열에 대한 보수실시 후, 지속적으로 관찰하여 균열의 재 발생 및 진전여부 확인.

- 관리구역 내부 및 지상 3층 전단벽체 손상부위에 대해서는 보수공사 실시 후 지속적인 관찰을 통하여 추가적인 진전 등에 관한 관찰 실시.

- 구조체 균열 중 0.2 mm 이상의 관리가 필요한 균열에 대해서는 관리번호를 부여하고, 보수 후 지속적인 관찰 실시.

3. 결론

구조안전 진단 결과 주된 손상현황은 전단벽체 수직균열, 조적벽체 균열, 도장박리, 지붕 층 마감 몰탈 손상, 외부 배수관 노후화, 철근 및 긴결재 노출에 의한 부식 등으로 나타났으며, 기 발생된 균열의 경우 대부분 초기 건조수축에 의한 균열로서, 외력이나 부등침하에 의한 구조적 손상은 발견되지 않았다.

보수부위에 대한 전반적인 보수 후 구조물 외벽에 대한 전면 재도장 및 지붕 층에 대한 전면 방수공사를 실시하는 것이 구조물의 내구성 확보 차원에서 적절한 것으로 판단됨. 한편, 정밀검사를 실시한 결과 모두 허용 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났으며, 구조 안전성 검토 결과 또한 모두 단면내력을 확보하고 있는 것으로 나타난 바, 대상 구조물의 안전성은 확보되어 있는 것으로 판단된다.

보수 부위에 대한 적절한 보수를 실시 후 정기적인 점검을 실시한다면, 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.