

PIE 시설의 건물 구조진단 및 유지보수 관리 방안

황용화*, 정상희, 김도식

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*hyh@kaeri.re.kr

1. 서론

PIEF(Post Irradiation examination Facility, 조사후시험시설) 건물의 효율적 수명관리 및 안전성 확보를 위해, 시험시설에 대한 구조진단을 실시하여 열화이력을 Data Base화하고 그 결과를 바탕으로 구조물의 건전성 평가와 보수·보강대책을 수립하고자 하였다.

2. 구조물의 강도 및 중성화 측정

2.1 콘크리트 구조물의 균열점검 및 강도 측정

콘크리트의 균열은 현장여건에 적합한 검사 장비로 시·종점의 좌표로 정하였으며, 관측한 균열의 형상은 시작점, 변곡점 및 끝점을 연결한 직선으로 표기하였다. 균열 폭은 1개의 균열 내에서 균열을 대표할 수 있는 위치에서 측정하고 균열 폭이 변화하거나 1개의 균열에서 2개 이상의 균열로 갈라진 경우에는 각각의 균열폭 위치와 그 크기를 측정하였다. 측정 대상 콘크리트 면을 선정, 연마석 등으로 평탄하게 연마하여 요철이나 부착물, 분말 등을 제거한 후 타격점의 상호간 거리를 2.5 cm 이상으로 하여 반발경도 측정기로 20회를 타격하여 측정값을 얻었다. 측정값 중 타격 시 반향음이 이상하거나 타격점이 움푹 들어가는 경우의 값과 20개 측정값의 표준편차 $\pm 20\%$ 이상의 값은 제외시켰다. 본 검사에 사용된 반발경도 측정기는 일본 Kamekura사의 슈미트햄머 NR Type을 사용하였다. 강도의 추정은 다음 3가지 방법의 평균값을 취하였다.

- ① $F=13R_o-184(\text{kg}/\text{cm}^2)$ (일본 재료학회식)
- ② $F=10R_o-110(\text{kg}/\text{cm}^2)$ (일본 동경도 시험소식)
- ③ $F=14.66R_o-225(\text{kg}/\text{cm}^2)$ (스위스 연방재료학회식)

콘크리트 비파괴 압축강도는 평균 약 30.8MPa 정도로 조사되었고, 초기 설계기준의 자료가 미비하여 인접 시험건물의 콘크리트 설계압축 강도인 28.0 MPa와 비교하였을 때 양호한 수준으로 판단되었다.

2.2 콘크리트 비파괴 품질평가

콘크리트 비파괴 품질평가는 구조물의 두께를 실

측한 후 직접법(관통법)으로 측정하는 것이 바람직하나, 현장 구조물 여건상 직접법으로는 측정이 곤란하여, 반직접법(간접법)으로 측정값을 구하였다. 측정값은 동일위치에 대하여 3회 측정된 값의 평균값으로 하였으며, 본 검사에 사용된 초음파 측정기는 “스위스 PROCEQ社”의 “TICO”이다.

2.3 철근 피복두께 및 중성화 깊이 측정

콘크리트 부재의 중성화 정도를 측정하는 방법으로는 페놀프탈레인 법이 가장 일반적으로 사용되고 있다. 페놀프탈레인 용액은 pH 지시약의 일종으로서, 95% 에틸알콜에 증류수 및 1% 페놀프탈레인 용액으로 만들어지며, 이 지시약을 대상 부재에 분사하면 원 콘크리트의 특성을 보유한 pH 8.2~10.0 이상의 콘크리트에서는 붉은색으로 발색되고, 콘크리트가 중성화된 면에서는 무색으로 변화가 없다. 페놀프탈레인을 이용하여 콘크리트 중성화 심도를 측정할 때, 분진 및 기타 오염물질이 없는 상태에서 측정하여야 높은 정도의 결과를 얻을 수 있었다. 일반적으로 측정 부위의 선정 및 절취는 측정의 오차를 최소화하기 위하여 상태가 비교적 양호한 단면을 선정하여 코어 보링 또는 다이아몬드 Cutter로 천공 및 절단하여 성형하고 있다. 대상구조물에 대한 콘크리트 중성화 측정은 대상 부재의 단면결손을 최소화하기 위하여 드릴로 측정부위를 천공하였다. 천공된 부위를 증류수로 충분히 세척한 후, 시약을 분무하여 콘크리트의 원 표면으로부터 발색 면까지의 수직 길이를 버어니어 캘리퍼스 로 콘크리트의 중성화 심도를 측정하였다.

2.4 염화물 함유량 측정

염화물 함유량 측정을 위한 공시체는 별도의 코어 공시체를 채취하지 않고, 전문기관인 ‘한국건설품질시험원’에 의뢰하여 분석하였으며, 콘크리트 중의 전 염화물 이온량을 평가기준과 비교·검토 하였다. 1996년 제정된 콘크리트표준시방서에서는 콘크리트 중의 전 염화물 이온량을 원칙적으로 $0.3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 이하로 제한하고 있다.

2.5 부등침하 측정

부등침하 측정을 위하여 구조물 모서리 기둥에 강재 스테드(stud)를 고정.부착시켜 측정 기준점으로 이용하였으며, 부등침하 여부는 기준점 간의 고저 차에 의하여 평가하였다. 측정값은 레벨 측량기를 이용하여 측정한 값의 평균값을 취하였으며, mm단위로 기록하였다. 총 10개소에 대해 측정하여 상대적 고저차를 비교 한 결과, 최대 ± 0.1 mm의 허용치 이내로서, 부등침하의 영향은 없는 것으로 나타났다.

2.6 철골구조물의 도막두께

건물의 비관리구역의 철골 구조물 및 관리구역의 Crane Girder에 대해 측정위치 선정 후 부재의 Flange 및 Web 부위의 도막두께를 측정하여 평균값을 채택하였다. 철골 부재에 대한 도막두께 기준은 초기 설계의 관련 자료가 부재하여 비교·검토가 곤란하였다. 그래서 인근시설 구조물의 철골부재에 대한 도막두께 범위인 152.4~254.0 μm와 비교한 결과 허용범위 이내로 양호한 상태로 조사되었다.

3. 구조 안전성 검토

3.1 구조물의 열화현상

외부 구조물의 경우, 드라이비트 마감균열 및 들뜸, 도장박리, 백태, 배수관 및 기타 부대시설의 부식, 지붕 방수층 균열 및 손상 등이며, 내부의 경우, 지하층 관리구역의 내력벽체 콘크리트 탈락, 도장박리, 비관리 구역의 조적벽체 균열 등 과도한 외력이나 부등침하의 영향에 의한 손상은 발견되지 않았다.

3.2 구조물의 구조안전성

구조안전성은 하중조건, 지반조건 등에 적용하고 현장조사 Data 및 설계 도서를 기초자료로 검토하였다. 소요 휨모멘트에 대한 철근량 및 단면내력을 Table1과 같이 확보하고 있는 것으로 나타났으며 관리 및 내구성 확보차원에서 구조물에 대한 주기적 점검과 적절한 보수로 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있을 것으로 판단되었다.

Table1. review of structural stability

구분	위치	휨모멘트에 대한 철근량		전단강도	
		소요 철근량 (cm ²)	사용 철근량 (cm ²)	작용 전단력 (tf)	전단강도 (tf)
측정	상단 수직근	1.05	19.1	2.64	17.45

1 지점	하단 수직근	7.88	19.1	9.37	17.45
	좌우단 수평근	4.57	10.4	6.55	17.45
측정 2 지점	상단 수직근	7.88	28.7	9.14	17.45
	하단 수직근	13.01	28.7	14.65	17.45
	좌우단 수평근	11.20	13.8	12.37	17.45

4. 보수·보강 및 유지관리

시설물의 안전성 및 사용성을 확보하여 설계목적에 부합하도록 그 기능을 지속적으로 유지관리가 요구되었다.

- 1) 손상 및 결함을 조기에 발견하고 향후 발생될 제반 문제 등을 예견한다.
- 2) 구조물의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록, 관리한다.
- 3) 축적된 점검 결과의 분석을 통해 향후 효율적인 유지관리를 시행한다.
- 4) 보수, 보강 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- 5) 합리적이고 효율적인 유지관리 계획 수립을 통해 향후 소요될 유지관리 비용을 최소화시킨다.

5. 결론

PIE건물구조물의 경사균열에 대해서는 균열의 재 발생 및 추가적인 진전여부 등에 주기적인 점검이 요구되었다, 콘크리트 구조물의 열화현상, 염해 및 부등침하에 대해서는 원전 안전성 관련 점검절차서와 제시된 판정기준을 따르고자 하였으며, 구조물에 대한 외력이나 구조적인 손상과 열화현상 등이 발견되지 않았음을 확인하였다.