

고리 1 호기 GIP 적용 Application of GIP to Kori #1 Unit

이중보, 김종학
KNHP NETEC, 대전시 유성구 사서함 149, jblee@khnp.co.kr

1. 서론

고리 1,2 호기, 월성 1 호기 같은 USI A-46 해결이 요구되는 원전은 1975 년 내진검증요건이 확립되기 전에 설계 및 건설된 발전소로서, 미국은 해당 발전소가 64 기에 이르며, SQUG 가 개발한 GIP 수행을 통하여 가동원전의 수명연장을 허가 받았다.

GIP 방법은 BS 와 GERS 즉, 1971 년 이후 대형지진 발생시 미국의 발전소 및 산업계의 기기 지진경험 축적자료 및 시험결과 분석자료를 이용하여 USI A-46 해당 발전소의 안전정지지진 발생후 안전정지능력(구조건전성 및 기능성)을 효과적으로 확인하는데 유용하다.

국내 원전 적용은 PSR 법제화 이후 USI A-46 문제가 가시화 되어 기술기준 분석 및 관련 자료 수집, 내진성평가 전문가 교육을 이행하였고, 고리 1,2 및 월성 1 호기 기기내진적합성평가 사업을 이행 중에 있다.

2. 본론

고리1호기에서 수행하는 GIP 내용과 절차는 인허가기관과 협조하 이루어진다.

□ 내진성능평가팀 구성

분야	인원	주요 역할
내진	2	내진성능평가 및 해결안 제시
계통	1	안전정지관련 기기목록 작성
계전기	1	계전기목록 작성 및 성능평가
운전원	1	고리발전소 현장 기술지원

□ 안전정지관련 기기목록 작성 성능이 결정된다.

○ 방법 A : 유효지면 40ft(12m) 이내 있는 기기 (설치 면 기준) 및 기기 최저고유진동수가 8Hz 이상인 경우 적용 - A.1법 : $BS \geq SSE \text{ GRS}$ - A.2법 : $GERS \geq 1.5 \times 1.5 \times SSE \text{ GRS}$
○ 방법 B : 기기 위치와 최저고유진동수 무관 - B.1법 : $1.5 \times BS \geq$ '보수적, 설계' 또는 '실제적, 중앙값' SSE의 IRS - B.2법 : $GERS \geq$ '보수적, 설계' SSE의 IRS - B.3법 : $GERS \geq 1.5 \times$ '실제적, 중앙값' SSE의 IRS

D. GIP-3A 개정(예정)

제어판넬의 최소고유진동수를 11Hz에서 13Hz로 상향 조정하였고, 내진성능 결정 방법A 사용시, 실제적인 중앙값 IRS가 1.5*SSE Spectrum 보다 지나치게 크지않음을 보여야 한다.

2단계 : 제한사항 이용

제한사항은 특정 특성, 사양의 포함여부를 결정하는 것이며, 지진경험자료에 의한 한계 스펙트럼(BS)는 20종의 기기에 적용 가능하다. 포괄기기 내진성능 스펙트럼(GERS)는 모터제어 반, 개폐기, 변압기, 밸브, 배전반, 배터리 및 변환기, 선반계측기에 적용

SSE 지진발생 후 72시간 소외전원 차단 이외 다른 사고(LOCA, HELB등)없이, 원자로 반응제어, 원자로 냉각재 압력제어, 원자로 냉각재 재고량 제어, 붕괴열 제거 4개 부분의 안전정지기능을 발휘할 수 있음을 보증하는 안전정지경로를 선택하며, 고리1호기 예비조사 결과 1,000여개 기계/ 전기기기와 탱크류 40여개 5,000여개의 계전기가 있는 것으로 파악 되었다.

□ 선별검증 및 현장확인조사

기계/전기 기기 20종, 계전기, 탱크 및 열교환기에 대해서 4단계의 선별평가워크시트지 를 작성하며, 내진평가자의 공학적판단이 중요하게 작용한다.

1단계 : 내진성능 결정

A. 고리1호기의 인허가기반(GRS, IRS)

- 설계기준지진
 - MHE(SSE): 수평(0.2g), 수직(0.14g)
 - DBE(OBE): 수평(0.1g), 수직(0.07g)
- GRS 형태 : Housner형
- Based on the El Centro, 1940
- SSI 고려 : 지반 임피던스 사용
- 해석모델 작성 : 집중질량-보요소 모델
- 구조물 감쇠값 : 고리 1호기 FSAR 3.7
- IRS 작성

- Biggs법, SRSS 조합하여 최종증폭율을 산정

B. 고리1호기 유효지반고(Effective Grade)

실제 지반고는 +20ft 이나, 바닥 층고 -34ft 부터 시작되는 계단식 기초와 수평방향 지반스프링 강성값을 고려하여 EL. +12ft로 결정하였다.

C. 내진성능(Demand/Capacity) 결정

방법 A, B의 5가지 중 한가지 통과하면 내진

가능하다.

3단계 : 정착부 입증

확장형앵커, Cast-in Place 볼트 및 Headed스터드, Cast-in Place J-볼트, Grouted-in Place볼트, 강철용접 이외는 Outlier 처리 한다.

기기정착부는 도면검토, 육안검사 후 정착성능 상세해석(EBAC코드, ANCHOR코드 허용), 초음파 탐상장비를 이용한 계측, 토크시험 등을 실시하여 안전성능을 평가한다.

4단계 : 지진 상호작용

지진시 기기가 근접하여 충돌하거나, 상부나 측면에 다른 기기의 손상 가능성, 기기 연결 라인/전선의 유연성을 평가한다.

□ 예외기기(Outlier) 확인 및 해결책 제시

선별입증 과정에서 예외기기로 판정되면 예외 기기내진평가시트를 작성하여야 한다.

예외기기는 보다 엄밀한 평가, 보강, 시험 등 방법으로 해결책을 제시할 수 있다.

기기	파손 주요인(SQUG자료)
케비넷	높은 키, 좁은 폭, 비지지, 앵커볼트 결함으로 인한 떨림 및 전도
계측기판넬	비지지 랙(6Hz)/지지 랙(14Hz)
бат데리랙	수직브레이싱 강성 부족
계전기	수동형, 접지떨림 현상
탱크	벽체 좌굴, 유체슬러싱으로 오계측
모터,펌프	진동격리 스키드시 수평지지 약함
압축기	확장형앵커 설치

⑤ 최종 보고서 작성

인허가기관에 제출해야 할 문서는 안전정지관련 기기목록 보고서, 계전기평가 보고서, 내진평가 보고서이다.

3. 결론

GIP 수행은 가동원전운영의 경제성과 안전성을 동시에 추구하는 방안이며, USI A-46(노후원전

내진검증 문제), USI A-40(내진설계 기준변경 문제), USI A-17(공간간섭 문제)를 동시에 해결하는 것이며, NARE 업무 수행에 필요하다.

그러나 국내 최초 GIP를 적용하는 고리1호기는 기초 자료인 기기별 내진검증자료, 지진 시험 자료 확보와 인허가기반 구축에 어려움이 많다.

GIP 적용사항과 고리1호기 예외기기 도출시 해결방안으로는 미국의 키와니원전 같은 고리 1호기 유사원전의 기기내진검증 자료 확보나 해외전문업체와 긴밀한 협조하에 선행 경험 자료를 조사/분석하는 노력이 요구되고 있다.

* GIP(Generic Implementation Procedure)

* BS(Bounding Spectrum)

* GERS(Generic Equipment Ruggedness Spectra)

참고문헌

1. 고리1호기 주기적안전성평가 보고서 (2002, KOPEC, KEPRI)
2. 원전 내진안전성 재평가 방법론 개발(2003, KINS)
3. Walkdown Screening and Seismic Evaluation Training Course(2001, EPRI)