

KINS/GT-N035

가동원전 스트레스테스트 검증지침서

(개정 1)

2017.10.31



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

(공백)

목 차

목 차

총 칙	1
- 목적	3
- 근거	3
- 적용범위	3
- 검증조직	3
- 검증절차	4
- 정보공개 등에 관한 절차	7
제 1 장 설계기준 초과 극한 자연재해의 특성	9
1.1 지진	11
1.2 홍수	15
1.3 기타 자연재해	19
제 2 장 극한 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성	23
2.1 지진에 대한 구조물·계통·기기 건전성	25
2.2 지진에 의한 내부홍수에 대한 구조물·계통·기기 건전성	31
2.3 지진에 의한 내부화재에 대한 구조물·계통·기기 건전성	35
2.4 홍수에 대한 구조물·계통·기기 건전성	39
2.5 강풍에 대한 구조물·계통·기기 건전성	44
제 3 장 전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력	49
3.1 안전기능 유지 및 복구를 위한 설비	51
3.2 전력상실, 최종열제거원 상실 시 원전 대응능력	57
3.3 극한자연재해에 따른 안전기능 상실을 고려한 원전 대응능력	61
제 4 장 중대사고 관리능력	65
4.1 노심냉각기능 확보 방안	67
4.2 격납건물 건전성 확보 방안	67

4.3	사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안	67
4.4	중대사고 관리방안 이행을 위한 설비	67
4.5	극한자연재해를 고려한 중대사고 완화조치 저해요소 평가	67
제 5 장	방재 및 비상대응능력	73
5.1	비상대응능력	75
5.2	의사결정 적절성	79
5.3	비상대응시설 거주성	83
제 6 장	운영기술 능력	87
6.1	사고대응전략 수립의 적절성	89
6.2	주요 운전원조치의 적절성	93
6.3	주요 자원의 적절성	97
6.4	인간공학 유효성 평가	103
6.5	다수호기 동시사고 시 대응능력 평가	107

안전규제지침 제·개정 이력카드

제 목 : 가동원전 스트레스테스트 검증지침서

5						
4						
3						
2						
1	‘17.10.31	의견수렴내용 반영	해당실	이현우	황태석	
제정	‘17.6.30		해당실	이현우	황태석	
제/개정번호	일 자	개정내용	작성자	검토자	승인자	
개정번호						
검토부서	0	1	2	3	4	5
총괄(스트레스테스트PM)	○	○				
중대사고리스크평가실	○	○				
기계·재료평가실	○	○				
계측·전기평가실	○	○				
계통평가실	○	○				
구조·부지평가실	○	○				
방사선·폐기물평가실	○	○				
품질평가실	○	○				
운영분석실	○	○				
원자력비상대책실	○	○				

* 참고사항

(공백)

총 칙

(공백)



가동원전 스트레스테스트 검증지침서

한국원자력안전기술원 (Korea Institute of Nuclear Safety)

총 칙

I. 목적

이 지침서의 목적은 스트레스테스트 검증에 참여하는 규제기술전문가(이하 검증단)에게 객관적이고 일관된 검증 지침을 제공하는데 있다.

II. 근거

1. 제45회 원자력안전위원회(2015.9.24.)
의결안건 제1호 “가동원전 스트레스테스트 추진현황 및 계획(안)”
2. 제60회 원자력안전위원회(2016.10.27.)
보고안건 제1호 “가동원전 스트레스테스트 세부 시행계획”

III. 적용범위

이 지침서는 검증단이 사업자의 가동원전 스트레스테스트 자체평가보고서의 적합성을 검토하는데 있어서 기준이 되는 허용기준, 검토절차, 검토결과의 작성 등에 관한 지침을 제공한다.

IV. 검증조직

검증단은 한국원자력안전기술원의 사업총괄부서 및 전문실에 소속된 규제전문가로 구성되며, 검증단의 구성, 임무 및 조직에 관한 사항은 다음과 같다(표 1).

1. 스트레스테스트 검증단장은 스트레스테스트 검증 과정과 결과에 대한 책임자이며, 검증 및 검증사업 운영 전반에 관한 사항을 지휘·감독한다.
2. 검증총괄은 스트레스테스트 검증 및 검증사업 운영 전반에 관한 사항을 총괄하며, 검증과정과 결과에 관한 정보공개 등 검증과 관련된 대내외 대응을 담당한다.

3. 실무간사는 스트레스테스트 검증 및 검증사업 실무를 담당한다.
4. 분야별 총괄은 담당 분야의 검증단을 대표하며, 평가분야의 검증, 검증보고서 작성, 기술현안에 대한 대내외 대응 지원 등 분야 제반 사항을 총괄한다.
5. 검증참여자는 세부 평가분야별 업무분장에 따른 검증, 세부 평가분야에 대한 결과보고서 작성 및 분야총괄에 대한 기술적 지원을 제공한다.
6. 검증단은 분야별로 기술자문을 위하여 외부전문가를 활용할 수 있으며, 전문가 활용에 관한 세부 절차는 한국원자력안전기술원의 내규에 따른다.

표 1. KINS 스트레스테스트 검증단 조직표



V. 검증절차

검증단은 사업자가 제출하는 스트레스테스트 수행결과에 대하여 원자력안전위원회의 기술검토의뢰에 따라 서류적합성검토, 본검증 및 안전개선사항에 대한 후속검증을 수행한다.

1. 서류적합성검토

검토대상 서류는 스트레스테스트 수행보고서와 선행 안전개선조치 반영여부 점검표이며 다음의 내용이 제출되었는지를 검토한다.

가. 스트레스테스트 수행보고서

1) 일반사항

- 원전 일반현황
- 설계특성(주요 설비 및 계통 포함)

- 부지고유특성
 - 자체평가 조직, 활동, 방법, 결과물 등에 대한 품질관리
 - 기타 스트레스테스트 자체평가 수행에 관한 사항
- 2) 분야별 자체평가결과
- 설계기준 초과 극한자연재해의 특성(분야 1)
 - 극한자연재해에 대한 구조물계통기기 건전성(분야 2)
 - 전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력(분야 3)
 - 중대사고 관리능력(분야 4)
 - 방재 및 비상대응능력(분야 5)
 - 운영기술 능력(분야 6)

나. 선행 안전개선조치 반영여부 점검표

- 1) 후쿠시마후속조치 반영실적
- 2) 선행 스트레스테스트 검증결과 및 안전개선사항 반영실적
- 3) 사업자 자체평가를 통한 안전개선조치 반영실적
- 4) 원전 내진성능 정밀평가¹⁾의 이행약속사항 반영실적 등

검증단은 사업자가 제출한 수행보고서에 대하여 이 지침과 스트레스테스트 수행지침 등에서 요구된 내용과 추가적으로 검증에 필요한 근거자료가 빠짐없이 제시되었는지를 검토하고, 질의 및 질의에 대한 답변 검토 등을 통하여 사업자에게 미흡한 사항의 보완을 요구한다. 또한 검증단은 사업자가 제출한 점검표를 참조하여 후쿠시마후속조치와 선행된 스트레스테스트의 수행경험 및 검증결과가 수행보고서에 반영되었는지에 대해 검토한다.

검증단은 서류적합성검토가 마무리되면 검증계획서를 원자력안전위원회에 제출하고 본검증을 개시 한다.

2. 본검증

검증단은 사업자가 서류적합성검토결과를 반영하여 제출하는 스트레스테스트 수행결과보고서에 대하여 원자력안전위원회의 기술검토의뢰에 따라 본 검증지침서, 스트레스테스트 수행지침서, 사업자 스트레스테스트 수행계획서 등을 기준으로 기술내용의 적합성을 검증한다.

가. 사업자 수행보고서의 검토

- 1) 검증단은 스트레스테스트 수행지침에 따라 평가 과정, 방법, 결론, 기술적 근거의 타당성을 검토한다.

1) 대형지진에 대비한 원자력시설 안전 개선대책(안) 2-2 가동원전 핵심설비 내진능력 정밀평가(제63회 원자력안전위원회 보고안건 1호, '16.12.22.)

- 2) 검증단은 사업자가 스트레스테스트 평가팀에 평가대상 원전의 운영·관리자, 경험이 풍부한 분야별 전문가, 설계자가 적절히 포함되었는지를 검토한다.
- 3) 검증단은 사업자가 스트레스테스트 자체평가에 공신력 있는 최근의 자료와 검증된 최적의 방법을 사용하였는지를 검토한다.
- 4) 검증단은 사업자의 수행보고서에 부지고유의 특성을 기술하고, 원전의 안전에 영향을 줄 수 있는 부지고유의 극한자연재해 및 원전고유의 사고가 항목별로 빠짐없이 평가되었으며, 평가에서 제외된 항목에 대해서는 명확한 근거가 제시되었는지 검토한다.
- 5) 검증단은 사업자의 수행보고서에 후쿠시마후속조치 이행결과, 자체평가 결과에 따른 안전성증진 실적, 선행된 스트레스테스트의 수행경험 및 검증결과(자체 개선사항, 검증과정에서의 질의답변, 안전개선사항 등)의 반영결과 등이 적절히 기술되었는지를 검토한다.
- 6) 검증단은 평가결과의 신뢰성에 영향을 줄 수 있는 자체평가 조직, 활동, 방법, 결과물 등에 대해 수행보고서의 검토, 현장점검, 면담 등을 통하여 품질 관리가 적절히 이루어졌는지를 검토한다.
- 7) 검증단은 비상대응 시나리오가 계약·위탁 피고용자, 소외 자원·인력·조직 등을 포함하는 경우, 비상시 임무 수행을 충분히 담보할 수 있는 적절한 조치가 포함되어 있는지를 검토한다.

나. 검증활동에 관한 사항

- 1) 본검증의 기간은 사업자의 수행보고서 제출 후 6개월 이내를 원칙으로 하며, 추가적인 검증기간이 필요한 경우 기한 만료 전에 원자력안전위원회에 개정된 검증계획서를 제출하고 승인을 받는다.
- 2) 사업자의 수행보고서에 대한 질의 횟수는 종합질의 1회와 보충질의 2회 이내를 원칙으로 하며, 질의·답변 초안에 대하여 설명회 또는 실무회의를 통하여 취지를 명확히 한다.
- 3) 검증단은 전체 검검분야에 대한 종합현장검증을 통하여 현장과 수행보고서와의 일치성, 시설물 등의 현장 보존 상태, 비상대응시나리오의 실현가능성 시연 등을 현장 확인하고, 필요 시 추가적으로 분야별 현장검증을 수행한다.
- 4) 검증단은 평가기준을 만족시키지 못하여 보완이 필요한 사항에 대해서 대응한계를 정리하고, 입증자료 미제출, 높은 불확실성 등의 사유로 검증기간 내에 평가기준 만족 여부를 확인할 수 없는 사항을 포함하여 보완이 필요한 사항들을 안전개선사항(적용대상과 이행시기 명시)으로 도출하여 검증보고서(안)을 작성하고 검증을 마무리한다.
- 5) 검증 과정 및 결과에 관한 보고와 심의는 한국원자력안전기술원의 내규에 따른다.

3. 후속검증

검증단은 원자력안전위원회의 기술검토의뢰에 따라 안전개선사항에 대한 사업자의 이행계획, 이행실적 및 이행결과의 적절성을 검토하며, 안전개선사항의 이행이 완료되어 종결되는 시점까지 사업자 이행의 적절성을 확인하고 관련 정보를 유지, 관리한다.

VI. 정보공개 등에 관한 지침

검증과정에서 발생한 주요 정보, 문서 등의 투명한 공개와 의견청취에 관한 지침은 다음과 같다.

1. 검증단은 스트레스테스트 검증에 관한 정보공개는 원자력안전위원회의 위임을 받아 이행하며 사업자가 생성한 정보나 문서의 경우는 사업자로부터 공개본을 제출받아 사용한다.
2. 검증단은 검증과 관련한 공식 문서와 주요 회의의 결과를 14일 이내에 관련 홈페이지에 공개한다. 다만, 지연사유 발생 시 사유가 소멸되는 시점에 해당 사유와 함께 공개한다.
3. 검증단은 원자력안전협의회, 주민설명회 등을 통하여 검증과정, 결과 등을 설명하고 의견을 청취할 수 있다.
4. 검증에 참여한 자 또는 검증단의 의견수렴 과정 등에서 검증에 관련된 정보를 취득한 자는 검증단의 승인을 득하지 아니하고는 취득한 정보를 외부에 유포할 수 없으며, 유포할 경우 그에 따른 모든 책임은 유포자에 있다.
5. 기타 정보공개에 관한 세부사항은 한국원자력안전기술원의 내규에 따른다.

(공백)

제 1 장

설계기준 초과 극한 자연재해의 특성

(공백)



제 1 장 설계기준 초과 극한 자연재해의 특성

제 1.1 절 지진

검토주관: 구조부지평가실

I. 검토분야

1. 부지고유의 지진 특성 및 평가대상의 선정
2. 설계기준지진의 수준 및 평가
3. 설계기준초과지진에 따른 원전 안전성 영향
4. 지진과 수반되는 지반변형 가능성

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 1 “설계기준 초과 극한자연재해의 특성” (1-1) “지진”

검증지침 허용기준

해당사항 없음

부지/노형을 고려한 허용기준

2. 지진에 의한 대형사면 붕괴 시 안전관련 구조물 또는 이동형발전차 이동로 등에 영향을 줄 것으로 검토된 부지의 경우 지진에 의한 사면의 안정성을 검토하여야 한다.

3. 안전관련 구조물이 연약지반이나 암질이 균일하지 않은 부지에 위치한 경우, 지진에 의한 지반안정성 영향을 검토하여야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 지진과 관련된 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 부지고유의 지진 특성 및 평가대상의 선정

검토자는 부지 및 부지 인근의 지진학적 특성을 고려하여 지진지체구조구 설정, 부지 인근 활동성단층, 최대지반가속도 등이 적절하게 선정되었는지 검토한다.

2. 설계기준지진의 타당성 및 평가

검토자는 설계기준지진 평가 방법이 관련 절차에 따라 적절하게 이행되었으며, 설계기준지진의 수준이 관련 요건에 부합됨을 확인하여야 한다. 만일, 설계기준지진 수준이 변경되었다면 변경이력과 변경사유를 확인하여야 하고, 재현주기, 평가 시 사용된 데이터의 유효성 입증결과를 확인하여야 한다. 검토자는 동일본 대지진을 포함한 지진 발생사례, 최근의 연구결과 등을 토대로 현행 설계기준지진의 타당성을 자체 평가한 결과를 확인하여야 한다.

3. 설계기준초과지진에 따른 원전 안전성 영향

검토자는 원전의 설계기준지진 평가내용과 동일하게 원전의 안전성에 영향을 줄 수 있는 수준(최소 0.3g 이상) 또는 재현주기 10,000년 수준까지 평가한 결과를 확인하여야 한다.

4. 지진과 수반되는 지반변형 가능성

검토자는 지진과 수반되는 지표단층작용, 침하, 사면붕괴 등의 지반변형 가능성 평가결과와 원전의 안전성 및 사고 대응시나리오에의 영향을 고려한 결과를 확인하여야 한다.

부지/노형에 대한 고려사항

5. 지진에 의한 대형사면 붕괴 시 안전관련 구조물 또는 이동형발전차 이동로 등에 영향을 줄 것으로 검토된 부지의 경우 지진에 의한 사면의 안정성을 검토하여야 한다.
6. 연약지반이나, 암질이 균질하지 않은 부지에 대해서는 부등침하 등 지반안정성 측면에서 평가가 되었는지를 확인하여야 한다.

Ⅳ. 평가결과

검토자는 허용기준에 따른 내용(설계기준지진의 수준 및 평가방법, 타당성 및 평가 결과와 지진과 수반되는 지반변형 가능성)이 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 보고서에는 이 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항이 “II. 허용 기준”에 따른 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 지진지체구조구 설정, 부지 인근 활동성단층, 최대지반가속도 등 설계기준지진의 수준과 선정사유가 적합함을 확인하였다. 만일 설계기준지진 수준이 변경되었다면 변경이력과 변경사유가 적합함을 확인하였고, 재현주기, 평가 시 사용된 데이터의 유효성 입증결과가 적합함을 확인하였다. 동일본 대지진을 포함한 지진 발생사례, 최근의 연구결과 등을 토대로 현행 설계기준지진의 타당성을 자체 평가한 결과가 타당함을 확인하였다.
3. 원전의 설계기준지진 평가내용과 동일하게 원전의 안전성에 영향을 줄 수 있는 수준(최소 0.3g 이상) 또는 재현주기 10,000년 수준까지 평가한 결과가 타당함을 확인하였다.
4. 지진과 수반되는 지표단층작용, 침하, 사면붕괴 등의 지반변형 가능성 평가결과와 원전의 안전성 및 사고 대응시나리오에의 영향을 고려한 결과가 적합함을 확인하였다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항을 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제4조“지질 및 지진”
2. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
3. 원자력안전위원회고시, 제2014-10호“원자로서설의 위치에 관한 기술기준”
4. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”제4조 “설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위”제1호 “지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해”
5. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
6. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”,

KINS/AR-1059

7. EU, 2011, "EU Stress Tests Specifications"
8. ENSREG, 2012, "Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants"

(공백)



가동원전 스트레스테스트 검증지침서

한국원자력안전기술원 (Korea Institute of Nuclear Safety)

제 1 장 설계기준 초과 극한 자연재해의 특성

제 1.2 절 홍수

검토주관: 구조부지평가실

I. 검토분야

1. 부지고유의 홍수(지진해일, 폭풍해일, 강수 등) 특성 및 평가대상의 선정
2. 설계기준홍수의 수준 및 평가방법
3. 설계기준초과홍수에 따른 원전 안전성 영향

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 1 “설계기준 초과 극한자연재해의 특성” (1-2) “홍수 및 기타 자연재해”

검증지침 허용기준

해당사항 없음

부지/노형을 고려한 허용기준

2. CANDU 형 원전 부지의 경우 원자로 건물 등이 위치하는 표고를 고려하여 설계기준초과홍수위를 부지고+1.0m로 평가하여야 한다.
3. 고리 3,4호기와 울진 1,2호기와 같이 기기냉각해수취수구조물이 원자로 건물이 위치하는 부지고와 다른 경우는 위치 표고를 고려하여 평가하여야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 홍수와 관련된 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 부지고유의 홍수(지진해일, 폭풍해일, 강수 등) 특성 및 평가대상의 선정

검토자는 부지 및 부지 인근의 역사 자료 및 주변의 수문학적 특성 등을 고려하여 부지고유의 홍수 특성 및 평가 대상이 적절하게 선정되었는지를 검토한다. 평가 대상의 선정과 관련하여 발생빈도, 위험성 등을 고려하여 원전의 안전성에 영향을 줄 수 있는 항목인지에 대한 검토가 적절하게 수행되었는지를 확인하여야 한다.

2. 설계기준홍수의 수준 및 평가

검토자는 설계기준홍수 평가방법이 관련 절차에 따라 적절하게 이행되었으며, 설계기준홍수의 수준이 관련 요건에 부합됨을 확인하여야 한다. 설계기준홍수의 수준이 변경된 경우, 변경이력과 사유, 재현주기, 평가 시 사용된 자료의 유효성 입증결과 등을 검토하여 설계기준홍수의 수준 및 평가방법의 타당성을 확인하여야 한다.

검토자는 후쿠시마원전 사고의 교훈, 운전경험, 부지 및 인근 건물 배치 변화 등을 고려하여 사업자의 설계기준홍수 평가결과의 적절성을 확인하여야 한다.

3. 설계기준초과홍수에 따른 원전 안전성 영향

검토자는 원전의 안전성에 영향을 줄 수 있는 수준 또는 재현주기 10,000년 수준까지 설계기준초과홍수 평가(국지강우, 하천 및 강의 범람에 따른 홍수위는 설계기준의 1.5배 적용 가능)가 적절하게 수행되었는지를 확인하여야 한다.

검토자는 설계기준초과홍수에 의해 수반될 수 있는 도로 유실 및 차단, 전원 및 냉각수 연결부 손상 등이 사고 대응시나리오에 미치는 영향이 사고관리 측면에서 적절하게 반영되었는지를 확인하여야 한다.

부지/노형에 대한 고려사항

5. CANDU 형 원전 부지의 경우 원자로 건물 등이 위치하는 표고(EL.+12m)를 고려하여 설계기준초과홍수위를 부지고+1.0m로 고려하여 평가하였는지를 확인하여야 한다.

6. 고리 3,4호기와 울진 1,2호기의 기기냉각해수취수구조물의 위치 표고를 적절하게 고려하여 평가하였는지를 확인하여야 한다.

7. 검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가결과가 검증보고서에 적절하게 기술되었는지를 확인하여야 한다.

IV. 평가결과

검토자는 허용기준에 따른 내용이 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 충분한 검토와 현장점검을 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 부지고유의 홍수 특성 및 평가대상의 선정과 관련하여 부지 및 부지 인근의 역사 자료 및 주변의 수문학적 특성 등이 적절하게 확인되었으며, 발생빈도, 위험성 등을 고려하여 원전의 안전성에 영향을 줄 수 있는 항목이 적절하게 도출되었다.
3. 설계기준홍수의 수준 및 평가방법과 관련하여 사업자는 홍수평가와 관련된 적절한 절차를 수립하여 이행하고 있으며, 설계기준홍수의 수준이 관련 요건에 부합하게 제시되었다. 설계기준홍수의 수준 변화와 관련하여 변경이력과 사유, 재현주기, 평가 시 사용된 자료의 유효성 입증결과 등이 적절하게 제시되었다. 따라서 검증보고서에 제시된 설계기준홍수의 수준 및 평가방법은 타당하다.
4. 후쿠시마원전 사고의 교훈, 운전경험, 부지 및 인근 건물 배치 변화 등이 설계기준홍수 평가를 위해 적절하게 고려되었으며, 평가결과는 적절하게 제시되었다.
5. 설계기준초과홍수에 따른 원전 안전성 영향과 관련하여 원전의 안전성에 영향을 줄 수 있는 수준 또는 재현주기 10,000년 수준까지 설계기준초과홍수 평가가 적절하게 수행되었으며, 설계기준초과홍수에 의해 수반될 수 있는 도로 유실, 차단, 전원 및 냉각수 연결부 손상 등이 사고 대응시나리오에 미치는 영향이 사고관리 측면에서 적절하게 반영되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 사업자가 도출한 안전개선사항의 적절성에 대한 검토결과를 기술하며, 하며, 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항을 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제7조“수문 및 해양”
2. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
3. 원자력안전위원회고시 제2014-26호“원자로시설 부지의 수문 및 해양특성에 관한 조사·평가 기준”
4. 원자력안전위원회고시 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”제4조 “설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위”제1호 “지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해”
5. 원자력안전위원회고시 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
6. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
7. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
8. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”,
9. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
10. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
11. IAEA, 2012, A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards
12. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
13. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”



제 1 장 설계기준 초과 극한 자연재해의 특성

제 1.3 절 기타 자연재해

검토주관: 구조부지평가실(주관), 방사선폐기물평가실

I. 검토분야

1. 부지고유의 기타 자연재해(지진, 홍수 제외) 특성 및 평가대상의 선정
2. 기타 자연재해의 수준 및 평가
3. 설계기준초과 기타 자연재해에 따른 원전 안전성 영향

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 1 “설계기준 초과 극한자연재해의 특성” (1-2) “홍수 및 기타 자연재해”

검증지침 허용기준

해당사항 없음

부지/노형을 고려한 허용기준

2. 강풍(태풍, 토네이도 등), 폭설, 황사, 저수위, 수온상승, 산불, 해양생물/개펄 유입 등 원전의 안전성과 비상대응능력의 실효성에 영향을 줄 수 있는 기타 자연현상에 대하여 부지별 특성이 충분히 고려되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 부지고유의 기타 자연재해에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 부지고유의 기타 자연재해(지진, 홍수 제외) 특성 및 평가대상의 선정

검토자는 사업자가 부지고유의 기타 자연재해(지진과 홍수를 제외한 강풍(태풍, 토네이도 등), 폭설, 황사, 저수위, 수온상승, 산불, 해양생물/개펄 유입 등)의 특성을 적절히 제시하였는지 확인한다. 또한, 기타 자연재해의 발생빈도, 위험성 등을 고려하여 원전의 안전에 영향을 줄 수 있는 항목을 평가대상으로 결정하였는지 확인하여야 한다.

2. 기타 자연재해의 수준 및 평가방법

검토자는 사업자가 평가한 기타 자연재해의 수준 및 선정사유를 확인하여야 한다. 기타 자연재해의 수준이 변경되었다면 변경이력과 변경사유를 확인하여야 하고, 재현주기, 평가 시 사용된 데이터의 유효성 입증결과를 확인하여야 한다.

검토자는 후쿠시마원전 사고의 교훈을 고려하여, 현행 기타 자연재해의 타당성을 자체 평가한 결과를 확인하여야 한다.

3. 설계기준초과 기타 자연재해에 따른 원전 안전성 영향

검토자는 설계기준 초과 기타 자연재해가 사고 대응시나리오에 미치는 영향을 확인하여야 한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지별로 상대적으로 취약한 자연재해평가에 지역별 고유특성이 충분히 고려되었고, 원전의 비상대응능력 평가 시 이와 같은 부지별 특성이 충분히 반영되었는지를 확인하여야 한다.

Ⅳ. 평가결과

검토자는 기타 자연재해 특성 및 평가대상의 선정, 기타 자연재해의 수준 및 평가방법, 기타 자연재해의 타당성 및 평가결과, 설계기준초과 기타 자연재해에 따른 원전 안전성 영향에 관한 내용이 허용기준에 따라 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.

2. 부지고유의 기타 자연재해(지진, 홍수 제외) 특성 및 평가대상이 적절히 선정되었으며, 기타 자연재해에 대한 타당성 평가 결과가 충분히 제시되었다.
3. 원전 안전성(구조물·계통·기기의 건전성 등) 영향평가에 필요한 설계기준초과 기타 자연재해 특성 자료를 충분히 제시하였다.

검토자는 부지별 및 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제6조“기상조건”
2. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제7조“수문 및 해양”
3. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
4. 원자력안전위원회고시 제2014-10호“원자로시설의 위치에 관한 기술기준”
5. 원자력안전위원회고시 제2014-25호“원자로시설 부지의 기상조건에 관한 조사·평가 기준”
6. 원자력안전위원회고시 제2014-26호“원자로시설 부지의 수문 및 해양특성에 관한 조사·평가 기준”
7. 원자력안전위원회고시 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”제4조 “설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위”제1호 “지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해”
8. 원자력안전위원회고시 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
9. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스트테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
10. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
11. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”,
12. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
13. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”

14. IAEA, 2012, A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards
15. IAEA, 2015, "The Fukushima Daiichi accident report by director general"
16. OECD/NEA, 2016, "Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt"

제 2 장

극한 자연재해에 대한 구조물 · 계통 · 기기 건전성

(공백)



제 2 장 극한 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성

제 2.1 절 지진에 대한 구조물·계통·기기 건전성

검토주관: 구조부지평가실(주관), 기계재료평가실, 계측전기평가실, 중대사고
 리스크평가실

I. 검토분야

1. 설계기준지진 조건에서의 원전의 보호 조치
2. 지진에 의한 간접영향
3. 주요 안전기능 상실/심각한 핵연료 손상 유발 가능 지진의 심각도 범위
4. 격납건물 건전성을 손상시킬 수 있는 지진심각도 범위

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 2 “극한자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성” (2-1) “지진에 대한 구조물·계통·기기 건전성”

검증지침 허용기준

2. 스트레스테스트 수행지침에 제시된 주요 고려사항에 대한 반영 여부가 확인되어야 한다.
3. 확률론적지진안전성분석(Seismic PSA) 및 내진여유도분석(SMA, Seismic Margin Analysis) 방법 등을 이용하여 주요 안전기능의 상실, 핵연료의 심각한 손상을

유발할 수 있는 수준의 지진동(최소 0.3g 이상)에 대한 평가 결과가 제시되어야 한다. 또는, 재현주기 10,000년 수준의 지진동에 의해 안전기능의 저하와 심각한 핵연료의 손상이 발생하지 않음이 입증되어야 한다.

4. IEEE 344-1975 이전의 기술기준이 적용된 원전의 경우에는 USI A-46의 방법을 이용하여 재현주기 10,000년 수준의 지진동에 대해서 구조물·계통·기기가 내진성능을 확보하고 있는지 평가되어야 한다. IEEE 344-1975 또는 이후의 기술기준이 적용된 원전의 경우에는 안전기능의 저하와 심각한 핵연료의 손상이 발생할 수 있는 지진동의 수준이 평가되어야 하고, 구조물·계통·기기의 내진 검증 수행 결과가 제출되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 노형별 설계 특성이 고려되어 평가 대상 구조물·계통·기기가 선정되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 설계기준 및 설계기준을 초과하는 수준의 지진에 대한 구조물·계통·기기의 건전성 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 설계기준지진 조건에서의 원전의 보호 조치

검토자는 구조물·계통·기기의 내진설계 현황을 확인하여야 한다. 주요 구조물·계통·기기에 대한 현장점검 절차, 방법 및 결과를 검토하고, 지진건전성에 영향을 끼칠 수 있는 변형 또는 상태변화 발생 여부를 확인하여야 한다. 변형 또는 상태변화가 발생하였음이 확인된 경우에는 원래의 상태로 복귀되었는지를 확인하여야 한다. 검토자는 지진 발생 후, 원자로심 및 사용후핵연료의 손상을 방지하기 위해 운영 중인 주요 운전조치를 확인하여야 한다.

2. 지진에 의한 간접영향

검토자는 내진설계가 되지 않은 구조물·계통·기기로 인한 주요 구조물·계통·기기 손상 유발 가능성과 이의 방지를 위해 설계에 고려된 사항을 확인하여야 한다. 검토자는 설계기준지진으로 인해 소외 지원인력 또는 장비의 소내 접근을 방해하거나 지연시킬 수 있는 상황이 있는지를 확인하여야 한다.

3. 주요 안전기능 상실/심각한 핵연료 손상 유발 가능 지진의 심각도 범위

검토자는 확률론적지진안전성분석(S-PSA) 또는 내진여유도분석(PSA based SMA) 방법을 통해서 대상 구조물·계통·기기가 선정되고 안전기능의 상실 및 핵연료의 심각한 손상을 유발시킬 수 있는 지진동의 수준(최소 0.3g 적용)이 평가되었는지를 확인하여야 한다. 노형별 설계 특성이 고려되어 평가 대상 구조물·계통·기기가 선

정되었는지를 검토한다. 구조물·계통·기기에 대한 내진성능 평가에 FA (Fragility Analysis) 방법 또는 CDFM (Conservative Deterministic Failure Margin) 방법이 사용될 수 있다. 평가된 지진동의 수준이 재현주기 10,000년 수준의 지진동보다 작은 경우, 해당 설비가 보강되었는지를 검토한다. 검토자는 재현주기 10,000년 수준의 지진동에 의해 안전기능 저하가 발생하지 않으며 핵연료의 심각한 손상이 유발되지 않음을 확인하여야 한다.

검토자는 기기 내진검증과 관련하여, IEEE 344-1975 기술기준을 적용하지 않은 원전의 경우에는 미국 USNRC에서 발행된 USI (Unresolved Safety Issue) A-46의 해결방법을 토대로 재현주기 10,000년 수준의 지진동에서도 기기의 내진성능이 확보되었는지를 검토한다. USI A-46가 적용되는 원전인 경우, 내진검증사업자협의회(SQUG)의 절차서(Generic Implementation Procedure (GIP) for Seismic Verification of Nuclear Plant Equipment)에 따라 기기에 대한 내진성능이 평가되었는지를 검토한다.

4. 격납건물 건전성을 손상시킬 수 있는 지진심각도 범위

검토자는 FA (Fragility Analysis) 방법 또는 CDFM (Conservative Deterministic Failure Margin) 방법을 이용하여, 격납기능 관련 설비의 건전성 손상을 유발시킬 수 있는 지진동의 수준(최소 0.3g 적용)이 평가되었는지를 확인하여야 한다. 평가된 지진의 규모가 재현주기 10,000년 수준의 지진동 수준보다 작은 경우, 해당 설비가 보강되었는지를 검토한다. 검토자는 재현주기 10,000년 수준의 지진동에 격납기능 관련 설비의 건전성 손상이 발생하지 않음을 확인하여야 한다.

부지/노형에 대한 고려사항

5. 노형별 설계 특성이 고려되어 평가 대상 구조물·계통·기기가 선정되었는지를 확인하여야 한다.

IV. 평가결과

검토자는 설계기준지진 조건에서의 원전의 보호 조치, 지진에 의한 간접영향, 주요 안전기능 상실/심각한 핵연료 손상 유발 가능 지진의 심각도 범위 및 격납건물 건전성을 손상시킬 수 있는 지진심각도 범위에 관한 내용이 허용기준에 따라 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 원전의 안전기능에 영향을 미치는 구조물·계통·기기에 대한 내진설계 현황에 따라 현장점검 수행을 통하여 지진건전성에 영향을 미칠 수 있는 변형과 상태 변화의 발생 여부가 확인되었으며, 이를 보완하기 위한 후속 조치 방안이

적절히 수립되었다.

3. 지진 발생 후에 원자로심 및 사용후핵연료의 손상을 방지하기 위한 운전조치 방안이 적절히 수립되었다.
4. 내진설계가 수행되지 않은 구조물·계통·기기로 인한 주요 내진설계 대상 구조물·계통·기기의 손상 가능성이 평가되었으며, 이를 방지하기 위한 설계 사항이 충분히 제시되었다.
5. 소외 지원 인력 또는 장비의 소내 접근을 방해하거나 지연시킬 수 있는 상황에 대한 평가 결과와 이를 방지하기 위한 설계 사항이 충분히 제시되었다.
6. 확률론적지진안전성분석 또는 내진여유도분석 방법을 사용하여 설계기준 초과 지진에 의한 내진성능평가 결과가 충분히 제시되었다.

검토자는 부지별 및 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제13조“외적요인에 관한 설계기준”
2. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
3. 원자력안전위원회고시 제2014-10호 “원자로시설의 위치에 관한 기술기준”
4. 원자력안전위원회고시 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부 기준에 관한 규정”제4조 “설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위”제1호 “지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해”
5. 원자력안전위원회고시 제2016-3호“사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
6. ASME/ANS PRA Standard RA-Sa-2009, 2009, “Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Application”, Rev.0
7. EPRI Report NP-6041, 1991, “A Methodology for Assessment of Nuclear Power Plant Seismic Margin”, Rev.1
8. SQUG (Seismic Quality Utility Group), 2001, “GIP (Generic Implementation Procedure) for Seismic Verification of Nuclear Power Plant Equipment”,

Rev.3A

9. IEEE-344, 1975, "IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations"

(공백)



제 2 장 극한자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성

제 2.2 절 지진에 의한 내부 홍수에 대한 구조물·계통·기기 건전성

검토주관: 계통평가실, 기계재료평가실, 계측제어평가실, 구조부지평가실

I. 검토분야

1. 설계기준 초과 지진 시 내부홍수 가능성 평가
2. 내부홍수로 인한 안전기능 영향 평가
3. 내부홍수 대응능력 적절성 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 2 “극한자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성” (2-2) “지진에 의한 내부홍수에 대한 구조물·계통·기기 건전성”
2. 경수로형원전 규제지침
 - 가. 규제지침 9.19 “장기 교류전원 상실사고”

검증지침 허용기준

3. 원전의 위치·설계와 주요 설비의 위치를 고려하여, 재현주기 10,000년 수준의 설계기준 초과 지진(최소 0.3g)에 따른 안전계통 및 비안전계통에서의 내부홍수에 의한 주요설비의 침수 발생 가능성을 평가하여야 한다.
4. 필수 대처기능의 상실을 초래할 수 있는 주요설비가 침수될 수 있을 것으로

평가된다면, 이를 대처할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우, 설계기준 초과 지진시 비내진 설계된 전력계통 설비(SDG, 축전지 등)는 상실되므로, 내진 설계된 EPS(비상전력계통)의 침수 가능성을 평가하여야 하고 침수될 수 있을 것으로 평가되는 경우, 이를 대처할 수 있는 대응방안을 제시하여야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 설계기준 초과 지진 발생 시 안전계통 및 비안전계통의 내부홍수에 의해 발생할 수 있는 주요 설비의 침수 가능성 및 대응방안에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 설계기준 초과 지진 시 내부홍수 발생가능성 평가

검토자는 재현주기 10,000년 수준의 지진 발생시 안전기능을 담당하는 시설의 침수를 발생시킬 수 있는 침수원이 평가에 고려되었는지를 검토한다.

가. 본 지침 3.1절 “안전기능 유지 및 복구를 위한 설비”의 평가결과를 참고하여 안전기능을 담당하는 계측제어기기, 전력계통설비 등의 설비 목록과 위치가 평가에 적절히 고려되었는지를 검토한다.

나. 안전기능을 담당하는 시설의 위치별, 안전기능 상실을 유발할 수 있는 침수원이 평가에 적절히 고려되었는지를 검토한다.

2. 내부홍수로 인한 안전기능 영향 평가

지진에 의한 내부홍수 발생 시, 안전정지, 정지상태 유지 및 사용후핵연료 냉각 등의 필수대처기능 확보에 필요한 주요 기기 및 계측기 등 관련 설비(전력설비 포함)의 위치 등을 고려하여 안전기능 영향을 아래와 같이 검토한다.

가. 격납건물의 내부홍수 평가에서는 대형 냉각재상실사고 등과 같은 가장 심각한 침수를 고려하고, 비상디젤발전기건물, 보조건물 등 보조건물복합체의 내부홍수 평가에서는 각 지역별 최대 침수사고를 고려하여 홍수위 평가의 적절성을 검토한다.

나. 건물별, 지역별 홍수위 평가 시 침수원의 이동경로에 포함되는 구조물의 위치와 형상이 적절히 고려되었는지를 검토한다.

다. 내부홍수로 인한 각 지역별 홍수위 평가에서, 출입문 등을 통한 지역 간 방출수 유입가능성과 배수배관 및 해당 배관의 역류방지 기능이 적절히 고려되었는지 검토한다.

라. 내부홍수 발생 시 침수원의 격리 수단 및 방법이 홍수위 평가에 적절히 고려

되었는지 검토한다.

마. 평가된 침수위에서 안전관련 기기 및 계측기 등 관련 설비의 침수가능성 및 이에 따라 안전기능에 미치는 영향을 검토하고 이로부터 취약부에 대한 평가가 적절하였는지 검토한다.

3. 내부홍수 대응능력 적절성 평가

지진에 의한 내부홍수로 인해 필수대처기능 상실, 핵연료 손상 또는 격납건물 손상의 가능성이 있는 것으로 평가된다면, 이에 대한 대처방안이 마련되어야 한다. 검토자는 내부홍수 대응능력의 적절성을 아래와 같이 검토한다.

가. 내부홍수로 인해 필수대처기능의 상실 가능성이 있는 취약분야를 대처하기 위한 발전소 고정설비, 소내 이동형설비 및 소외자원이 적절히 제시되었는지 검토한다.

나. 내부홍수 대처설비의 설계등급, 기능, 용량, 성능유지 및 성능확인 방안 등을 검토하여 제시된 내부홍수 대처설비가 적절한 것인지 검토한다.

다. 내부홍수 발생시 주요설비의 침수 등을 인지할 수 있는 방안 및 소요시간, 대처 방안 결정 소요시간, 설비 설치 등 내부홍수 대처방안 이행 소요시간이 적절히 평가되었는지 검토하며, 이러한 평가에서 인적오류와 의사결정오류에 의한 영향이 적절히 고려되었는지 “6장 운영기술 능력분야”와 연계하여 검토한다.

라. 대처방안 이행소요시간 평가결과에 불확실성이 클 경우 고정형 설비를 이용한 대처가 입증되었는지를 검토한다.

마. 다수호기 동시사고를 고려한 경우에도 필수대처기능을 유지 또는 복구하기 위한 내부홍수 대응능력의 평가가 적절한지 검토한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우, 내진 설계된 EPS(비상전력계통)의 침수 가능성 평가결과 및 대응방안에 관한 사업자 평가결과를 검토한다.

IV. 평가결과

검토자는 지진에 의한 내부홍수에 대한 구조물·계통·기기의 건전성 확보 여부를 확인하기 위해 필요한 충분한 자료와 정보가 제출되었는지 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대해 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 재현주기 10,000년 빈도 수준의 설계기준 초과 지진에 따른 안전계통 및 비안전계통에서의 내부홍수에 의한 주요설비 침수 발생가능성 평가 결과가 적절히 제시되었다.

3. 필수 대처기능의 상실을 초래할 수 있는 주요설비가 침수 가능한 것으로 평가된 경우에 대한 대처 방안이 적절히 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
2. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
3. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
4. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
5. IAEA, 2012, A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards
6. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
7. IAEA, 2017, “A Methodology to Assess the Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants against Site Specific Extreme Natural Hazards”
8. Nuclear Energy Institute, 2015, Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide
9. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
10. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
11. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”



제 2 장 극한 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성

제 2.3 절 지진에 의한 내부 화재에 대한 구조물·계통·기기의 건전성

검토주관: 계통평가실

I. 검토분야

1. 설계기준 초과 지진 시 내부 광역화재 발생 가능성 평가
2. 내부 광역화재로 인한 필수대처기능 영향 평가
3. 내부 화재 대응능력 확보방안 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 2 “극한자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성” (2-3) “지진에 의한 내부 화재에 대한 구조물·계통·기기의 건전성”

검증지침 허용기준

2. 극한 자연재해 시 원자로 안전정지에 필요한 필수대처기능이 선정되어야 한다.
3. 설계기준 초과 지진에 따른 내부 광역화재로 인한 필수대처기능 상실 가능성을 평가하여야 한다.
4. 필수 대처기능의 상실을 초래할 수 있는 내부 화재가 발생할 수 있을 것으로 평가된다면, 이를 대처할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 설계초과 지진에 따른 광역화재 대응전략 수립 시 해당 노형의 화재방호계통 설계특성 및 지진 취약 요소를 고려하여야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 설계기준 초과 지진에 따른 내부 광역 화재 발생 가능성과 그에 따른 대응 방안에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 설계기준 초과 지진 시 내부 광역화재 발생 및 필수대처기능 상실 가능성 평가
가. 설계기준 초과 지진에 따른 화재 발생 가능성이 있는 지역을 평가하였는지 검토한다.
나. 극한 자연재해 시 원자로의 안전정지, 정지상태 유지 및 사용후핵연료저장조 냉각 유지 등에 필요한 필수대처설비에 따라 필수대처기능이 적절하게 선정 되었으며, 설계기준 초과 지진에 따른 화재로 인하여 필수대처기능 상실을 유발할 수 있는 지역이 취약분야로 선정되었는지 검토한다.
2. 내부화재 대응능력 적절성 평가
가. 필수대처기능 상실이 가능한 것으로 선정된 지역에서 설계기준 초과 지진에 따른 화재를 조기에 감지하고, 진압하는 대응능력 확보방안이 수립되었는지 확인한다.
나. 가능한 고정설비를 이용하여 대응능력 확보방안을 수립하였는지 검토하고, 고정설비 설치 및 이용불가 시 소내 이동형설비 및 소외 자원을 활용하였는지 확인한다.
다. 극한 자연재해를 가정한 시나리오별로 화재발생 시 요구시간 내에 필수대처기능의 유지 또는 복구를 위한 운전원의 대응조치를 보증하기 위해 다음과 같은 방안이 수립되었는지 확인한다.
 - 1) 운전원 대응조치를 위한 방화지역으로의 접근로 및 우회로 확보
 - 2) 운전원 대응조치가 필요한 방화지역과 해당 방화지역으로의 접근로 및 우회로에서의 운전원 시야 확보
 - 3) 화재진압을 위한 초동소방대의 조속한 출동방안 및 초동소방대와 주제어실 간 통신수단 확보라. 내부화재 발생을 인지할 수 있는 방안 및 소요시간, 대처방안 결정 소요시간, 설비 설치 등 내부화재 대처방안 이행 소요시간이 적절히 평가되었는지 검토하며, 이러한 평가에서 인적오류와 의사결정오류에 의한 영향이 적절히 고려되었는지 “6장 운영기술 능력분야”와 연계하여 검토한다.
마. 극한 자연재해를 가정한 시나리오별로 내부 화재 발생을 가정하여도 요구시간 내에 필수대처기능의 유지 또는 복구가 달성될 수 있는지 검토한다.

부지/노형에 대한 고려사항

3. 설계초과 지진에 따른 광역화재 대응전략 및 시나리오의 평가 시, 해당 노형의 화재방호계통 설계특성과 함께 지진 취약 요소(예, 현장 작업자의 이동경로, 사건 현장 접근성 등)를 고려하여 평가하였는지 검토한다.

IV. 평가결과

검토자는 설계기준 초과 지진에 따른 내부 광역 화재 등의 조건에서 원전의 대응능력을 확인하기 위해 필요한 충분한 자료와 정보가 제출되었는지 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대해 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 설계기준 초과 지진에 의한 내부 광역화재 발생 가능성과 이러한 내부 광역화재로 인한 필수대처기능 상실 가능성 및 영향에 대한 평가가 적합하게 제시되었다.
3. 내부화재에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항이 평가되고, 이를 대처하기 위한 방안이 적합하게 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자력안전위원회고시, 제2015-11호 “화재위험도분석에 관한 기술기준”
2. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
3. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
4. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
5. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”

(공백)



제 2 장 극한 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성

제 2.4 절 홍수에 대한 구조물·계통·기기의 건전성

검토주관: 구조부지평가실

I. 검토분야

1. 설계기준 홍수의 특성 및 원전의 홍수방호상태 확인
2. 설계기준초과 홍수에 대한 홍수방호구조물의 저항성능 평가
3. 설계기준초과 홍수 대응전략 및 사고완화방안 확인

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 2 “극한자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성” (2-4) “홍수 및 기타 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성”

검증지침 허용기준

2. 설계에서 고려된 원전의 홍수방호성능이 확인되어야 한다.
3. 원전의 운영과정에서 변경된 설비를 확인하기 위한 현장점검이 수행되어야 하며, 원전의 최종적인 홍수방호성능이 확인되어야 한다. 설계기준 홍수를 견디지 못하는 설비가 안전에 미치는 영향이 평가되어야 한다.
4. 홍수에 대비한 방안이 제시되어야 하며, 홍수를 견디지 못하는 설비가 안전에 영향을 미치는 경우 이를 경감할 수 있는 방안이 제시되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 1.2절(홍수)에서 제시된 부지의 특성이 설계입력변수로 고려되어야 하며 홍수의 재현빈도에 따라 정상운전 또는 사고조건의 영향 및 외부의 인위적 사건과의 동시발생 확률을 고려한 사건이 설계하중으로 반영되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 사업자의 홍수에 대한 구조물·계통·기기의 건전성 평가결과의 적절성과 홍수대응방안 및 홍수에 의한 피해 경감조치의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류 검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 설계기준 홍수의 특성 및 원전의 홍수방호상태 확인

검토자는 외부 원인에 의한 홍수나 지하수 유입으로부터 보호되어야 하는 주요 구조물·계통·기기의 목록 및 위치와 홍수방호설계 방법을 확인하여야 한다. 검토자는 주요 구조물·계통·기기에 대한 현장점검을 통해 운영허가 이후에 신설되거나 변경된 홍수방호설비 내용을 검토하여야 한다. 운영허가 이후에 신설되거나 변경된 홍수방호설비가 목적한 기능을 수행하지 못하는 경우에는 운영허가 상태로 복귀시키거나 목적한 기능을 수행하지 못하는 경우에 대한 대응방법의 수립 및 조치결과가 적절한지를 검토한다. 검토자는 주요 구조물·계통·기기에 대한 홍수방호설계의 상태를 확인하기 위한 현장점검 절차 및 방법의 적절성을 검토하여야 한다.

2. 설계기준초과 홍수에 대한 홍수방호구조물의 저항성능 평가

검토자는 설계기준을 초과하는 홍수에 대한 구조물·계통·기기의 안전성 평가 내용을 확인하여야 한다. 검토자는 설계기준을 초과하는 홍수가 홍수방호체에 미치는 동적·정적 영향을 검토하고 이러한 영향을 유효하중으로 변환시키기 위해 이용되는 분석절차를 검토한다. 정수력 수두가 홍수방호체 주변의 배수계통이나 양수계통을 이용하여 경감되지 않는다면 그 수두의 영향은 구조하중으로 고려되어야 하며, 구조물의 들림 또는 유동현상을 고려하는 경우 부력 및 파동효과의 영향이 검토되어야 한다. 홍수방호체에 작용하는 홍수의 영향은 사고시나리오를 기반으로 한 설계기준홍수를 기준값으로 하여, 단계적으로 홍수의 심각도를 상승시켜 평가된 대응능력(Cliff Edge 확인 포함)을 검토한다. 지진해일의 경우, 지진과 해일의 조합이 고려되었는지를 검토한다.

3. 설계기준초과 홍수 대응전략 및 사고완화방안 확인

홍수 대응절차 및 사고완화방안의 적절성은 본 지침의 중대사고 관리능력 및 운영기술 능력에 관한 장에서 다루어지지만, 검토자는 홍수에 대비하기 위한 대응절차나 홍수에 의한 사고를 완화하기 위한 방안이 수립되었는지 여부를

확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지의 홍수 특성을 고려하여 국지강우에 의한 홍수는 동수력 하중과 부유물 등의 충격하중을 고려하지 않아도 되나 해일 및 하천범람 등의 홍수의 경우에는 동수력 하중 및 부유물 등의 충격하중이 적절히 고려되어야 한다.

IV. 평가결과

검토자는 설계기준 홍수 및 설계기준 초과 홍수 조건에 대한 홍수방호구조물의 저항성능을 평가한 결과 및 홍수에 대비하기 위한 대응절차나 강풍에 의한 사고완화 전략에 관한 내용이 허용기준에 따라 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 1.2절(홍수)에서 제시된 부지의 특성이 설계입력변수로서 적절히 고려되었다.
3. 운영허가 이후 변경된 원전의 상태가 현장점검 및 서류검토를 통하여 확인되었으며 이를 통하여 홍수로부터 보호되어야 하는 구조물·계통·기기가 식별되었다.
4. 설계기준 홍수 및 설계기준초과 홍수에 대한 저항성능이 확보되지 않은 구조물·계통·기기의 파괴가 원전의 안전기능에 영향을 미치는 구조물·계통·기기에 손상을 주지 않음이 확인되었다.
5. 원전의 안전기능에 영향을 미치는 구조물·계통·기기는 설계기준 홍수로부터 적절히 보호받고 있으며 설계기준초과 홍수에 대한 저항성능이 적절히 평가되었다.
6. 원전의 주요 구조물·계통·기기에 영향을 줄 수 있는 홍수가 발생하는 경우에 대한 대비방안 및 설계기준초과 홍수에 대한 저항성능이 확보되지 않은 구조물·계통·기기의 손상 발생에 대한 대응전략이 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제7조“수문 및 해양”
2. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제13조“외적요인에 관한 설계기준”
3. “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”제85조의19 “사고관리범위”제1항제3호
4. 원자력안전위원회고시 제2014-26호“원자로시설 부지의 수문 및 해양특성에 관한 조사·평가 기준”
5. 원자력안전위원회고시 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”제4조 “설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위”제1호 “지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해”
6. 원자력안전위원회고시 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
7. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
8. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
9. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
10. IAEA, 2012, A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards
11. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
12. IAEA, 2017, “A Methodology to Assess the Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants against Site Specific Extreme Natural Hazards”
13. Nuclear Energy Institute, 2015, Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide
14. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
15. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
16. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”



가동원전 스트레스테스트 검증지침서

한국원자력안전기술원 (Korea Institute of Nuclear Safety)

제 2 장 극한 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성

제 2.5 절 강풍에 대한 구조물·계통·기기의 건전성

검토주관: 구조부지평가실

I. 검토분야

1. 설계기준 강풍의 특성 확인
2. 설계기준초과 강풍에 대한 강풍방호구조물의 저항성능 평가
3. 설계기준초과 강풍 대응전략 및 사고완화방안 확인

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 2 “극한자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성” (2-4) “홍수 및 기타 자연재해에 대한 구조물·계통·기기 건전성”

검증지침 허용기준

2. 설계에서 고려된 원전의 강풍방호성능이 확인되어야 한다.
3. 원전의 운영과정에서 변경된 설비를 확인하기 위한 현장점검이 수행되어야 하며, 발전소의 최종적인 강풍방호성능이 확인되어야 한다. 설계기준 강풍을 견디지 못하는 설비가 안전에 미치는 영향이 평가되어야 한다.
4. 강풍에 대비하기 위한 방안이 제시되어야 하며, 강풍을 견디지 못하는 설비가 안전에 영향을 미치는 경우 이를 경감할 수 있는 방안이 제시되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 1.3절(기타 자연재해)에서 제시된 부지의 강풍 특성이 설계입력변수로 고려되어야 하며 강풍의 재현빈도에 따라 정상운전 또는 사고조건에 의한 영향 및 외부의 인위적 사건과의 동시발생 확률을 고려한 사건이 설계하중으로 반영되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 사업자의 강풍에 대한 구조물·계통·기기의 건전성 평가결과의 적절성과 강풍대응방안 및 강풍에 의한 피해 경감방안의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류 검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 설계기준 강풍의 특성 확인

검토자는 태풍 및 토네이도 등의 설계기준 강풍의 수준과 선정사유를 확인하여야 한다. 강풍 및 강풍에 의한 비산물로부터 보호되어야 하는 주요 구조물·계통·기기의 목록 및 위치와 강풍방호설계 방법을 확인하여야 한다. 검토자는 운영허가 이후에 신설되거나 변경된 강풍방호설비의 내용을 확인한 결과를 검토하여야 한다.

2. 설계기준초과 강풍에 대한 강풍방호구조물의 저항성능 평가

검토자는 설계기준을 초과하는 태풍 및 토네이도 등을 포함한 강풍의 재현주기를 10,000년 수준까지 단계적으로 상승시켜 발전소의 대응능력을 평가한 결과를 검토해야 한다. 설계기준초과 강풍의 설계변수인 설계풍속 및 재현기간, 높이에 따른 속도변화, 돌풍인자, 압력차이 등을 구조검토를 위한 풍하중 입력변수 관점에서 검토하며, 강풍방호체의 기하학적 형태 및 물리적 특성을 고려하여 강풍을 강풍방호체에 작용하는 하중으로 변환하는 절차의 적절성을 검토한다. 강풍과 강풍에 의한 비산물, 기압강하에 의한 영향과 더불어 강풍과 동시에 발생 가능한 정상운전 또는 사고조건 등의 영향이 적절히 평가되었는지를 검토한다. 또한 강풍에 견디도록 설계되지 않은 구조물 및 기기의 붕괴나 구조적 파손이 안전관련 구조물·계통·기기에 주는 영향을 검토한다.

3. 설계기준초과 강풍 대응전략 및 사고완화방안 확인

강풍 대응절차 및 사고완화방안의 적절성은 본 지침의 중대사고 관리능력 및 운영기술 능력에 관한 장에서 다루어지지만, 검토자는 강풍에 대비하기 위한 대응절차나 강풍에 의한 사고를 완화하기 방안이 수립되었는지 여부를 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지의 토네이도 발생확률을 고려하여 비산물 방호 설계가 되어 있지 않은 원전의 경우 비산물 발생에 의한 피해 대응조치가 적절히 수립되어 있는지 확인한다.

IV. 평가결과

검토자는 설계기준 강풍 및 설계기준초과 강풍에 대한 강풍방호구조물의 저항성능을 평가한 결과 및 강풍에 대비하기 위한 대응절차나 강풍에 의한 사고완화전략이 허용기준에 따라 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 1.3절(기타 자연재해)에서 제시된 부지의 강풍 특성이 설계입력변수로서 적절히 고려되었다.
3. 운영허가 이후 변경된 원전의 상태가 현장점검 및 서류검토를 통하여 확인되었으며 이를 통하여 강풍으로부터 보호되어야 하는 구조물·계통·기기가 식별되었다.
4. 설계기준 강풍 및 설계기준초과 강풍에 대한 저항성능이 확보되지 않은 구조물·계통·기기의 파괴가 원전의 안전기능에 영향을 미치는 구조물·계통·기기에 손상을 주지 않음이 확인되었다.
5. 원전의 안전기능에 영향을 미치는 구조물·계통·기기는 설계기준 강풍으로부터 적절히 보호받고 있으며 설계기준초과 강풍에 대한 저항성능이 적절히 평가되었다.
6. 원전의 주요 구조물·계통·기기에 영향을 줄 수 있는 강풍이 발생하는 경우에 대한 대비방안 및 설계기준초과 강풍에 대한 저항성능이 확보되지 않은 구조물·계통·기기의 손상 발생에 대한 대응전략이 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙”제13조“외적요인에 관한 설계기준”
2. 경수로형 원전 안전심사지침
 - 제3.3.1절 풍하중
 - 제3.3.2절 토네이도 하중
 - 제3.5.1.4절 자연현상으로 인한 비산물
 - 제3.5.2절 소외비산물로부터 보호되어야 할 구조물, 계통 및 기기

제3.5.3절 방호체 설계절차

3. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
4. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
5. NUREG-1407, 1991, “Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities”
6. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
7. IAEA, 2012, A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards
8. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
9. IAEA, 2017, “A Methodology to Assess the Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants against Site Specific Extreme Natural Hazards”
10. Nuclear Energy Institute, 2015, Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide
11. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
12. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
13. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”

(공백)

제 3 장

전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력

(공백)



가동원전 스트레스테스트 검증지침서

한국원자력안전기술원 (Korea Institute of Nuclear Safety)

제 3 장 전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력

제 3.1 절 안전기능 유지 및 복구를 위한 설비

검토주관: 계측전기평가실(주관), 계통평가실

I. 검토분야

1. 필수대처설비인 직류·교류전원 설비 평가
2. 필수대처기능 평가
3. 모선별 전원상실에 따른 필수대처기능 영향 평가
4. 필수대처기능별 주요 설비 및 보조설비 평가
5. 소외전력 상실 대처설비의 적절성 평가
6. 최종열제거원 상실 대처설비의 적절성 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 3 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력” (3-1) “안전기능 유지 및 복구를 위한 설비”

검증지침 허용기준

2. 필수대처설비로서의 직류·교류전원 설비가 적합한지 평가하여야 한다.
3. 고정설비, 소내 이동형설비 및 소외자원을 모두 고려하여, 필수대처기능별로 해당 기능 유지에 필요한 설비들을 도출하여야 한다.

4. 도출된 설비의 기능 유지에 필요한 보조설비를 평가하여야 한다.
5. 전력계통 모선별 부하목록이 제시되고, 모선 정전시의 해당부하 상실에 따른 계통 및 필수대처기능과 원전에 대한 영향을 평가하여야 한다.
6. 도출된 설비 및 보조설비의 물리적 위치(설치된 룸의 위치, 룸 내의 설치 높이)를 확인하여 제시하고, 안전·품질·전기·내진등급(High Confidence of Low Probability of Failure(HCLPF) 포함) 등을 제시하여야 한다.
7. 소외전원상실 시 대처를 위해 설계된 소내 예비전력공급원 및 설계 시 고려된 내용을 제시하여야 한다.
8. 최종열제거원 상실 시 대처를 위해 설계된 사항(위치가 다른 취수원, 대체 최종열제거원 등)을 제시하여야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

9. 안전기능 유지 및 복구를 위한 설비 평가 시, 노형별 필수대처기능 및 필수대처설비의 설계 차이와 함께 극한 자연재해에 대한 취약 요소의 차이를 고려하여야 한다.
10. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우 비내진 설계된 직류설비가 극한 자연재해 상황에서 이용불능인 경우를 고려하여 대처설비가 고려되었는지 평가되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 안전기능 유지 및 복구에 필요한 설비에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 필수대처설비인 직류·교류전원 설비 평가

- 가. 극한 자연재해 상황에서 비상전원 또는 소외전원 복구시점과 최종교류전원(고정형 또는 이동형)의 가용시점이 불확실할 경우, 최소 8시간 이상의 축전지에 의한 전원공급능력이 확보되었는지 확인하여야 한다.
- 나. 축전지의 용량증대는 사고대응전략에 요구되는 필수적인 정보와 제어기능을 운전원에게 제공하기 위한 것으로서 필수 계측, 감시, 조명, 제어 등 관련 부하에 대한 용량이 고려되었는지 확인하여야 한다.
- 다. 최종 교류전원(고정형 또는 이동형) 설비에 대해서는 극한 자연재해에 의해 다수호기가 동시에 교류전원상실이 발생하는 사고조건을 고려하여 충분한 수량(최소 호기별 1조씩)의 설비와 인력이 확보되었는지 확인하여야 한다.
- 라. 최종 교류전원은 사고대응전략 이행에 요구되는 임무수행시간(Mission Time) 동안 필수대처기기를 고려하여 충분한 용량과 성능을 갖추었는지 확인하고 연

- 속운전 능력과 성능을 근거로 전원 한계시간이 결정되었는지 확인하여야 한다.
- 마. 최종 교류전원은 사고대응전략 이행에서 요구되는 기능을 충분히 수행할 수 있도록 설계되고, 규제지침(9.13 발전소 정전사고)의 품질요건을 만족하도록 제작되었는지 확인하여야 한다.
 - 바. 최종 교류전원은 설비의 고유기능을 충분히 수행할 수 있도록 극한 자연재해로부터 영향을 받지 않는 장소에 위치하였는지 확인하여야 한다.
 - 사. 최종 교류전원은 규제지침(9.13 발전소 정전사고)에서 명시된 신뢰도 목표값과 동등한 수준으로 목표신뢰도(대체교류 디젤발전기와 동등한 수준으로서 0.95 이상)가 설정되고 주기적인 정비와 시험을 통해서 목표 신뢰도를 유지 및 관리에 관한 절차가 수립되었는지 확인하여야 한다.
 - 아. 이동형 교류전원 설비가 확보되는 경우, 케이블 접속과 연료 연결 및 사용에서 원전의 최소인원으로도 가장 용이한 방법으로 이용이 가능하도록 설비가 갖추어졌는지 확인하고, 소내에서 추가적으로 케이블 연결함이 설치된 경우에는 절체 스위치 등에 의한 체결 방식으로 조치가 되었는지 확인하여야 한다.
 - 자. 이동형 교류전원 설비의 사고대응전략 이행에 관한 훈련 및 실증시험은 각 호기별로 최대 5년을 초과하지 않는 시험주기로 수행하는 계획이 수립되었는지 확인하여야 한다.

2. 필수대처기능 평가

발전소 비상운전절차서(EOP) 및 중대사고관리지침서(SAMG)에서 고려하고 있는 안전관련 기능을 근거로, 각 발전소의 필수대처기능이 적절하게 제시되었는지 검토한다. 예를 들어 중수로 원전 EOP에서는 과냉각여유도, 냉각재 재고량, 증기발생기 압력·수위, 원자력건물 압력·방사능, 2차 급수계통 방사능, 기기냉각수계통 방사능 등을 필수안전변수로 정의하며, 경수로 원전 EOP에서는 반응도 제어, 필수보조기능 유지, 1차 냉각재계통 재고량 제어, 1차 냉각재계통 압력제어, 노심 및 1차 냉각재계통 열제거, 격납용기 격리, 격납용기 온도 및 압력제어, 격납용기 가연성기체 제어 등을 필수안전기능으로 정의하고 있다.

3. 모선별 전원 상실에 따른 필수대처기능 영향 평가

- 가. 발전소 설계에 근거한 전력계통 모선별 부하목록이 적절히 제시되었는지 검토한다.
- 나. 소외전원상실, 소내정전 및 비상전원공급계통 상실을 포함한 소내정전 발생시 계통, 필수대처기능 및 원전에 대한 영향 평가결과가 적절한지 검토한다.

4. 필수대처 주요 설비 및 보조설비 평가

- 가. 정의된 필수대처기능을 근거로 해당 기능의 발휘 또는 유지에 필요한 필수대처설비가 적절히 제시되었는지 검토한다.
- 나. 필수대처설비들이 발전소 고정형설비, 소내 이동형설비 및 소외자원으로 적절히 분류되었는지 검토한다.

다. 필수대처설비들의 구동원(전력, 압축공기 등), 계측기 및 계측기의 구동원, 제어기 및 제어기의 구동원, 수원, 기타 보조설비들이 적절히 제시되었는지 검토한다.

라. 필수대처설비 및 보조설비들의 물리적 위치, 안전·품질·전기·내진등급이 적절히 제시되었는지 검토한다.

마. 각 설비들의 물리적 위치 및 설계등급을 고려하여 침수 또는 지진에 따른 이용가능성을 적절히 평가하였는지 검토한다.

5. 소외전력상실 대처설비의 적절성 평가

가. 소외전력상실 대처설비로서 소내 예비전력공급원의 설계여부를 검토하고, 해당 대처설비의 운전조건, 용량, 설계등급, 설치위치, 성능유지 및 성능확인 방안 등을 검토하여 제시된 소외전력상실 대처설비가 적절한 것인지 검토한다.

나. 소내 예비전력공급원의 사용을 위한 발전소 절차서는 적절하게 제시되었는지 검토한다.

다. 극한 자연재해 상황에서 비상전원 또는 소외전원 복구시점과 최종교류전원(고정형 또는 이동형)의 가용시점이 불확실할 경우, 최소 8시간 이상의 축전지에 의한 전원공급능력이 확보되었는지 검토한다.

라. 소내 예비전력 공급원(고정형 또는 이동형) 설비에 대해서는 극한 자연재해에 의해 다수호기가 동시에 교류전원상실이 발생하는 사고조건을 고려하여 충분한 수량(최소 호기별 1조씩)의 설비와 인력이 확보되었는지 검토한다.

6. 최종열제거원상실 대처설비의 적절성 평가

가. 최종열제거원상실 대처설비로서 소내·외 열제거원기능을 수행하는 대처설비의 설계여부를 검토하고, 해당설비의 운전조건, 용량, 설계등급, 성능유지 및 성능확인 방안 등을 검토하여 제시된 최종열제거원상실 대처설비가 적절한 것인지 검토한다.

나. 최종열제거원상실 대처설비의 사용을 위한 발전소 절차서는 적절하게 제시되었는지 검토한다.

부지/노형에 대한 고려사항

7. 안전기능 유지 및 복구를 위한 설비 평가에서 노형별 필수대처기능 및 필수대처설비의 설계 차이와 함께 극한 자연재해에 대한 취약 요소의 차이가 고려되었는지 검토한다.

8. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기 경우 비내진 설계된 직류설비가 극한 자연재해 상황에서 이용불능인 경우를 고려하여 대처설비가 고려되었는지 검토한다.

IV. 평가결과

검토자는 안전기능 유지 및 복구를 위한 설비의 적합성을 확인하기 위해 필요한 충분한 자료와 정보가 제출되었는지 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대해 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 대처설비로서의 직류·교류전원 설비가 필수대처기능 유지를 위한 적합한 성능을 갖추고 있다.
3. 제출된 스트레스테스트 수행보고서는 비상운전절차서(EOP) 및 중대사고관리지침서(SAMG)에서 고려하고 있는 안전관련 기능을 근거로 각 발전소의 필수대처기능이 적절하게 제시되었다.
4. 발전소 설계에 근거한 전력계통 모션별 부하목록이 제시되고 모션별 전원상실에 따른 필수대처기능 영향 평가결과가 적절하게 제시되었다.
5. 정의된 필수대처기능을 근거로 필수대처기능별 주요 설비 및 보조설비가 적절히 제시되고 평가되었다.
6. 소외전력 상실 대처설비로서 소내 예비전력공급원과 이를 운영하기 위한 절차서가 적절하게 제시되고, 다수호기 동시 교류전원상실 조건이 고려되어 평가되었다.
7. 최종열제거원 상실을 대처하기 위한 설비가 적절하게 설계되고 이를 운용하기 위한 절차서가 적절하게 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
2. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059,
3. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
4. ENSREG, 2012, “Peer Review Report: Stress Tests Performed on European Nuclear Power Plants”

5. NEI, 2015, "Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide (Rev.1)"
6. Regulatory Guide 1.226, 2016, "Flexible Mitigation Strategies for Beyond-Design-Basis Events"
7. NUREG-1407, 1991, "Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities"
8. IAEA, 2015, "The Fukushima Daiichi Accident Report by Director General"
9. IAEA, 2017, "A methodology to Assess The Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants Against Site Specific Extreme Natural Hazards"
10. OECD/NEA, 2016, "Five Years After The Fukushima Daiichi Accident : Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt"



제 3 장 전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력

제 3.2 절 전력상실, 최종열제거원상실 시 발전소 대응능력

검토주관: 계측전기평가실(주관), 계통평가실

I. 검토분야

1. 전력 상실 조건에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항 평가
2. 최종열제거원 상실 조건에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 3 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력” (3-2) “전력상실, 최종열제거원 상실 등의 조건에서 원전의 대응능력”

검증지침 허용기준

2. 소외전원 상실 조건을 고려하여 사고 시나리오를 평가하고, 대응능력의 한계사항과 한계사항을 대처할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.
3. 소내정전(소내정전, 소내정전 및 소내정전 대처 교류전력 동반 상실) 조건을 고려하여 사고 시나리오를 평가하고, 대응능력의 한계사항과 한계사항을 대처할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.
4. 최종열제거원 상실(최종열제거원 상실, 최종열제거원 및 대체최종열제거원의 동반 상실) 조건을 고려하여 사고 시나리오를 평가하고, 대응능력의 한계사항과 한계사항을 대처할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.
5. 소내정전(소내정전 및 소내정전 대처 교류전력 동반 상실) 및 최종열제거원 동

반 상실 조건을 고려하여 사고 시나리오를 평가하고, 대응능력의 한계사항과 한계사항을 대처할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.

6. 자동작동 조건, 단계별 설비(고정형 설비의 수동작동, 고정형 설비의 이용가능성 증진, 소내 이동형설비, 소외설비)를 이용한 운전원 조치를 구분할 수 있도록 사고시나리오를 평가하여야 한다.
7. 고정형설비, 소내 이동형설비, 소외설비를 이용하여 필수안전기능이 유지될 수 있는 방안을 제시하여야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

8. 전력 및 최종열제거원 상실 조건에서의 발전소 대응능력 평가 시, 노형별 필수 대처기능 및 필수대처설비의 설계 차이에 따른 특성을 고려하여야 한다.
9. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우 비내진 설계된 직류설비의 설계특성을 반영하여 사고시나리오를 기술하고 평가하여야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 전력상실, 최종열제거원상실 등의 시나리오에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 전력상실 조건에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항 평가
 - 가. 전력상실 조건으로 소외전원 상실 조건, 소내정전 조건, 소내정전 대처 교류 전력(비상전원공급계통 등) 상실을 포함한 소내정전 조건이 구분되어 사고 시나리오로서 평가되었는지 검토한다.
 - 나. 원자로 미임계 유지, 노심냉각 및 재고량 유지, 격납건물 건전성 유지 등의 필수대처기능이 각 노형에 따라 적절히 정의되었으며, 해당 필수대처기능의 유지 여부가 각각의 사고 시나리오별로 적절히 평가되었는지 검토한다.
 - 다. 각각의 사고 시나리오 평가 시, 해당 노형에 대해 기술적으로 검증된 방법론 및 전산코드가 사용되었으며, 계산모델, 초기조건 및 경계조건 등 해석에 고려된 가정 사항들이 적절히 고려되었는지 검토한다.
 - 라. 각 사고 시나리오 평가 시, 이용 가능한 설비 목록과 설비의 고장 시 이를 대처할 수 있는 소내·외 설비 또는 방안 등이 제시되었으며, 해당 설비들이 해석에 적절히 고려되었는지 검토한다.
 - 마. 사고 시나리오 평가 시 각각의 사고 별로 사고완화를 위한 자동 및 수동 작동요건이 적절히 제시되어 있는지 검토한다.
 - 바. 단계별 설비(고정형설비의 수동작동, 고정형 설비의 이용가능성 증진, 소내 이동형설비, 소외설비)를 이용한 운전원 조치를 구분할 수 있도록 사고 시나

- 리오가 평가되었는지 검토한다.
- 사. 운전원 조치 등을 위한 이동경로, 이동형설비 이용을 위한 최소 필요인력 및 조치요구사항 등이 제시되었으며, 사고 시나리오 평가에서 적절히 고려되었는지 검토한다.
- 아. 발전소 안정화를 위한 주요 조치, 한계시간 및 필수대처기능 유지 방안이 적절히 고려되었는지 검토한다.
2. 최종열제거원상실 조건에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항 평가
- 가. 최종열제거원 상실 조건으로 최종열제거원 상실 조건, 최종열제거원 및 대체 열제거원 동반 상실 조건, 소내정전 대처 교류전력 상실을 포함한 소내정전 및 최종열제거원 동반 상실 조건이 구분되어 사고 시나리오로서 평가되었는지 검토한다.
- 나. 상기 사고 시나리오 평가를 수행함에 있어 III. 검토절차 1.나~아. 항에서 기술된 사항들이 적절히 고려되었는지 검토한다.

부지/노형에 대한 고려사항

3. 전력 및 최종열제거원 상실 조건에서의 발전소 대응능력 평가 시, 노형에 따른 필수대처기능 및 필수대처설비의 설계 차이가 고려되었는지 검토한다.
4. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우 비내진 설계된 직류설비가 사고시나리오의 평가방법에 설계특성이 적절히 반영되었음을 검토한다.

IV. 평가결과

검토자는 전력상실, 최종열제거원 상실 등의 조건에서 원전의 대응능력을 확인하기 위해 필요한 충분한 자료와 정보가 제출되었는지 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대해 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 전력 상실 조건 시나리오가 적합하게 작성되어 시나리오별로 발전소 대응능력 및 한계사항이 평가되고 대처할 수 있는 방안이 적합하게 제시되었다.
3. 최종열제거원 상실 조건 시나리오 적합하게 작성되어 시나리오별로 발전소 대응능력 및 한계사항이 평가되고 대처할 수 있는 방안이 적합하게 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 한국원자력안전기술원, 경수로형 원전 규제지침, 9.1.3 “발전소 정전사고”, 9.19 “장기 교류전원 상실사고”
2. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
3. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
4. ENSREG, 2012, “Peer Review Report: Stress Tests Performed on European Nuclear Power Plants”
5. NEI, 2015, “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide (Rev.1)”
6. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible Mitigation Strategies for Beyond-Design- Basis Events”
7. IAEA, 2017, “A methodology to Assess The Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants Against Site Specific Extreme Natural Hazards”
8. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi Accident Report by Director General”
9. OECD/NEA, 2016, “Five Years After The Fukushima Daiichi Accident : Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt”



가동원전 스트레스테스트 검증지침서

한국원자력안전기술원 (Korea Institute of Nuclear Safety)

제 3 장 전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력

제 3.3 절 극한 자연재해에 따른 안전기능 상실을 고려한 원전의 대응능력

검토주관: 계측전기평가실(주관), 계통평가실

I. 검토분야

1. 극한 자연재해 조건을 고려한 전력 상실 및 최종열제거원 상실 조건에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항 평가
2. 다수 호기 동시사고 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 3 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력” (3-3) “극한자연재해에 따른 안전기능 상실을 고려한 원전의 대응능력”
2. 경수로형원전 규제지침
 - 가. 규제지침 9.13 “발전소 정전사고”
 - 나. 규제지침 9.19 “장기 교류전원 상실사고”

검증지침 허용기준

3. 극한 자연재해를 동반하는 소내정전 및 최종열제거원 상실 사고에서도 원전의 필수 안전기능을 유지하기 위한 대응능력 확보 방안을 제시하여야 한다.

4. 동일 부지 내 모든 원전이 극한 자연재해 영향을 동시에 받는다는 가정을 포함하여 평가하여야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 안전기능 상실을 고려한 대응능력 평가 시, 노형별 필수대처기능 및 필수대처설비의 설계 차이와 함께 극한 자연재해에 대한 취약 요소의 차이를 고려하여야 한다.
6. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우 비내진 설계된 직류설비가 극한 자연재해 상황에서 비가용할 경우를 고려하여 대처설비가 제시되었는지가 평가되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 극한 자연재해 조건 하에서의 전력상실, 최종열제거원상실 등의 시나리오에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장 점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 극한 자연재해 조건을 고려한 전력상실 및 최종열제거원상실 조건에 대한 발전소 대응능력 및 한계사항 평가
 - 가. 소내정전 대처 교류전력 상실을 포함한 소내정전 및 최종열제거원 상실 조건을 동반하는 지진해일, 해일 및 강우, 설계기준 초과 지진 등의 극한 자연재해 사고에 대하여 각 사고별 시나리오가 적절히 제시되었는지 검토한다.
 - 나. 원자로 미입계 유지, 노심냉각 및 재고량 유지, 격납건물 건전성 유지 등의 필수대처기능이 각 노형에 따라 적절히 정의되었으며, 해당 필수대처기능의 유지 여부가 각각의 사고 시나리오별로 적절히 평가되었는지 검토한다.
 - 다. 각각의 사고 시나리오 평가 시, 해당 노형에 대해 기술적으로 검증된 방법론 및 전산코드가 사용되었으며, 계산모델, 초기조건 및 경계조건 등 해석에 고려된 가정 사항들이 적절히 고려되었는지 검토한다.
 - 라. 극한 자연재해를 포함한 사고 시나리오 평가 시, 이용 가능한 설비 목록과 설비의 고장 시 이를 대처할 수 있는 소내·외 설비 또는 방안 등이 제시되었으며, 해당 설비들이 해석에 적절히 고려되었는지 검토한다.
 - 마. 극한 자연재해를 포함한 사고 시나리오 평가 시, 각각의 사고 별로 사고완화를 위한 자동 및 수동 작동요건이 적절히 제시되어 있는지 검토한다.
 - 바. 단계별 설비(고정형설비의 수동작동, 고정형 설비의 이용가능성 증진, 소내 이동형설비, 소외설비)를 이용한 운전원 조치를 구분할 수 있도록 극한 자연재해 포함 사고 시나리오가 평가되었는지 검토한다.
 - 사. 운전원 조치 등을 위한 이동경로, 이동형설비 이용을 위한 최소 필요인력 및

조치요구사항 등이 제시되었으며, 극한 자연재해 포함 사고 시나리오 평가에서 적절히 고려되었는지 검토한다.

아. 극한 자연재해를 포함한 사고 시나리오에 대해 발전소 안정화를 위한 주요 조치와 한계시간이 적절히 제시되었는지 검토한다.

2. 동일 부지 내 다수호기 동시사고 영향 평가

가. 상기의 극한 자연재해를 포함한 사고 시나리오의 평가 시, 동일 부지 내에 있는 모든 원전이 극한 자연재해의 영향을 동시에 같이 받는다는 가정을 포함하여 평가하였는지 검토한다.

나. 다수호기 동시사고 대처설비 목록이 제시되어 있으며, 극한 자연재해를 포함하는 각각의 사고 시나리오에 적절히 고려되어 있는지 검토한다.

부지/노형에 대한 고려사항

3. 안전기능 상실을 고려한 대응능력 평가에서 노형별 필수대처기능 및 필수대처설비의 설계 차이와 함께 극한 자연재해에 대한 취약 요소의 차이가 고려되었는지 검토한다.

4. 중수로형 원전인 월성 1,2,3,4호기의 경우 비내진 설계된 직류설비가 극한 자연재해 상황에서 비가용할 경우를 고려한 대처방안이 적합한지 검토한다.

IV. 평가결과

검토자는 극한자연재해에 따른 안전기능 상실을 고려한 원전의 대응능력을 확인하기 위해 필요한 충분한 자료와 정보가 제출되었는지 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대해 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.

2. 극한 자연재해 조건을 고려한 전력상실 및 최종열제거원상실 조건에 대한 시나리오가 적합하게 작성되어 시나리오별로 발전소 대응능력 및 한계사항이 평가되고 대처할 수 있는 방안이 적합하게 제시되었다.

3. 극한 자연재해 조건을 고려한 전력상실 및 최종열제거원상실 조건에 대한 시나리오 평가시 동일 부지내 다수호기 동시사고를 가정하여 발전소 대응능력 및 한계사항이 평가되고 대처할 수 있는 방안이 적합하게 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
2. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
3. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
4. ENSREG, 2012, “Peer Review Report: Stress Tests Performed on European Nuclear Power Plants”
5. NEI, 2015, “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide (Rev.1)”
6. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible Mitigation Strategies for Beyond-Design-Basis Events”
7. IAEA, 2017, “A methodology to Assess The Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants Against Site Specific Extreme Natural Hazards”
8. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi Accident Report by Director General”
9. OECD/NEA, 2016, “Five Years After The Fukushima Daiichi Accident : Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt”

제 4 장

중대사고 관리능력

(공백)



제 4 장 중대사고 관리능력

제 4.1 절 노심냉각기능 확보 방안

제 4.2 절 격납건물 건전성 확보 방안

제 4.3 절 사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안

제 4.4 절 중대사고 관리방안 이행을 위한 설비

제 4.5 절 극한 자연재해를 고려한 중대사고 완화조치 저해요소 평가

검토주관: 중대사고리스크평가실(주관), 계통평가실

I. 검토분야

1. 극한 자연재해 발생 시 노심냉각기능 확보 방안
2. 극한 자연재해 발생 시 격납건물 건전성 확보 방안
3. 극한 자연재해 발생 시 사용후핵연료저장조 냉각기능 확보 방안

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 4 “중대사고 관리능력” (4-1) “노심냉각기능 확보 방안”
 - 나. 분야 4 “중대사고 관리능력” (4-2) “격납건물 건전성 확보 방안”
 - 다. 분야 4 “중대사고 관리능력” (4-3) “사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안”
 - 라. 분야 4 “중대사고 관리능력” (4-4) “중대사고 관리방안 이행을 위한 설비”

마. 분야 4 “중대사고 관리능력” (4-5) “극한 자연재해를 고려한 중대사고 완화조치 저해요소 평가 ”

부지/노형을 고려한 허용기준

2. 극한 자연재해로 인한 중대사고 발생 시 노형별 중대사고 대처설비의 특성을 고려하여 중대사고 관리능력을 평가하여야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 중대사고 관리능력에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다. 아래에 기술된 절차는 극한 자연재해로 인한 중대사고 발생 시 중대사고 관리능력의 검토에 대한 절차를 제공한다. 검토자는 특정 경우에 대해 본 검토절차에 기술된 절차의 일부를 선택하여 중점적으로 적용할 수 있으며, 중대사고 관리능력에 대한 일반적인 근거에 따라 수행하거나, 동일한 설계에 대한 이전의 검토 결과를 적용하는 방식으로 수행할 수 있다.

1. 노심냉각기능 확보 방안

가. 검토자는 다음의 조건별로 신청자가 제시한 노심냉각기능 확보방안이 타당한지 검토하고, 기술·조직·운영(능력 습득 및 유지를 위한 교육훈련 포함) 측면에서 노심냉각기능 확보를 위한 사고관리계획(비상운전절차, 중대사고 관리지침 등)이 적절히 수립되었는지 확인한다.

- 1) 원자로 압력용기/압력관 내 핵연료손상 발생 전
- 2) 원자로 압력용기/압력관 내 핵연료손상 발생 후
- 3) 원자로 압력용기/칼란드리아탱크 손상 이후

나. 검토자는 ‘가’에서 제시된 노심냉각기능 확보 방안의 이행에 필요한 설비들이 적절히 도출되었는지 검토하고, 스트레스테스트 검증지침서 제3장 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력”을 참조하여 극한 자연재해 및 장기 소내정전사고에서 설비들의 이용가능성을 판단하되 중대사고 특성이 적절히 고려되었는지 확인한다.

다. 검토자는 극한 상황에서의 부지 및 건물 내에 주어지는 제한적 상황으로 인해 노심냉각기능 확보방안의 이행을 저해할 수 있는 요소²⁾에 대해 검토하고, 사고 관리 시나리오 상의 복구조치 수행을 방해할 수 있는 상황과 수행하기 어려운 조치 및 한계상황에 대한 대처방안이 타당한지 확인한다.

2) 부지접근성, 원전 내 건물 접근성, 통신·조명 등의 기반시설 이용가능성, 소내 작업과 외부에서의 지원을 방해할 수 있는 방사선 영향, 주요 거점시설(주제어실, 원격정지제어실, 제2제어실 등)의 거주성 및 이용가능성 등

2. 격납건물 건전성 확보 방안

가. 검토자는 신청자가 제시한 격납건물 건전성 확보방안이 타당한지 검토하고, 기술·조직·운영(능력 습득 및 유지)을 위한 교육훈련 포함) 측면에서 격납건물 건전성 확보를 위한 사고관리계획이 적절히 수립되었는지 확인한다.

- 1) 격납건물 격리기능 확보 및 우회 방지
- 2) 수소 폭발 방지 (불활성화, 재결합기, 점화기, 배기, 국부적 수소 축적으로 인한 폭발 가능성 및 대안)
- 3) 격납건물 과압 방지
- 4) 재임계 방지
- 5) 격납건물 바닥 용융관통 방지

나. 검토자는 ‘가’에서 제시된 격납건물 건전성 확보 방안의 이행에 필요한 설비들이 적절히 도출되었는지 검토하고, 스트레스테스트 검증지침서 제3장 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력”을 참조하여 극한 자연재해 및 장기 소내정전사고에서 설비들의 이용가능성을 판단하되 중대사고 특성이 적절히 고려되었는지 확인한다.

다. 검토자는 극한 상황에서의 부지 및 건물 내에 주어지는 제한적 상황으로 인해 격납건물 건전성 확보 방안의 이행을 저해할 수 있는 요소¹⁾에 대해 검토하고, 사고 관리 시나리오 상의 복구조치 수행을 방해할 수 있는 상황과 수행하기 어려운 조치 및 한계상황에 대한 대처방안이 타당한지 확인한다.

3. 사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안

가. 검토자는 다음의 조건별로 신청자가 제시한 사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안이 타당한지 검토하고, 기술·조직·운영(능력 습득 및 유지)을 위한 교육훈련 포함) 측면에서 사용후핵연료의 건전성 확보를 위한 사고관리계획이 적절히 수립되었는지 확인한다.

- 1) 사용후핵연료저장조 수위 감소에 따른 방사선 차폐기능 상실 전·후
- 2) 사용후핵연료저장조 내의 핵연료 상부 노출 발생 전·후
- 3) 사용후핵연료 손상 전·후(수소축적 방지, 임계 방지 포함)

나. 검토자는 ‘가’에서 제시된 사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안 이행에 필요한 설비들이 적절히 도출되었는지 검토하고, 스트레스테스트 검증지침서 제3장 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력”을 참조하여 극한 자연재해 및 장기 소내정전사고에서 설비들의 이용가능성을 판단하되 중대사고 특성이 적절히 고려되었는지 확인한다.

다. 검토자는 극한 상황에서의 부지 및 건물 내에 주어지는 제한적 상황으로 인해 상기 사용후핵연료저장조 냉각기능 상실에서의 관리방안 이행을 저해할 수 있는 요소¹⁾에 대해 검토하고, 사고 관리 시나리오 상의 복구조치 수행을 방해할 수 있는 상황과 수행하기 어려운 조치 및 한계상황에 대한 대처방안

이 타당한지 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

극한 자연재해로 인한 중대사고 발생 시 노형별 중대사고 대처설비의 특성을 고려하여 노심냉각기능 확보 방안, 격납건물 건전성 확보 방안, 사용후핵연료저장조 냉각기능 확보방안이 수립되었는지 확인한다.

IV. 평가결과

검토자는 허용기준에 따른 내용이 스트레스테스트 수행보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있는 충분한 검토가 이루어졌는지를 확인한 후 스트레스테스트 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 극한 자연재해로 인한 중대사고 발생 시 노심냉각기능 확보 방안을 검토한 결과, 압력용기/압력관 내의 연료손상 전·후 및 압력용기/칼란드리아탱크 손상 이후 노심냉각기능 확보를 위한 방안이 적절하게 수립되었으며, 전략 수행을 위한 설비 및 전략 수행 저해 요소가 적합하게 평가 된 것으로 판단한다.
3. 극한 자연재해로 인한 중대사고 발생 시 격납건물 건전성 확보 방안을 검토한 결과, 격납건물 격리기능 및 우회 방지, 수소 폭발 방지, 격납건물 과압 방지, 재임계 방지, 격납건물 바닥 용융관통 방지를 위한 방안이 적절하게 수립되었으며 전략 수행을 위한 설비 및 전략 수행 저해 요소가 적합하게 평가 된 것으로 판단한다.
4. 극한 자연재해로 인한 중대사고 발생 시 사용후핵연료저장조 냉각기능 확보 방안의 적절성을 검토한다. 이를 위하여 사용후핵연료저장조 수위 감소에 따른 방사선 차폐기능 상실 전·후, 사용후핵연료저장조 내의 핵연료 상부 노출 발생 전·후, 핵연료 손상 전·후에 대하여 각각 사용후핵연료저장조 냉각기능 확보 전략 수행을 위한 설비 및 전략 수행 저해 요소가 스트레스테스트 수행지침에 맞게 적절하게 수립되고 평가되었는지 확인한다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
3. SECY-90-016, 1990, "Evolutionary Light Water Reactor Certification Issues and Their Relationship to Current Regulatory Requirements", U.S. NRC
4. SECY-93-087, 1993, "Policy, Technical, and Licensing Issues Pertaining to Evolutionary and Advanced LWR Designs", U.S. NRC
5. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
6. NUREG-1407, 1991, “Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities”
7. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
8. IAEA, 2012, A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards
9. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
10. IAEA, 2017, “A Methodology to Assess the Safety Vulnerabilities of Nuclear Power Plants against Site Specific Extreme Natural Hazards”
11. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
12. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
13. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”

(공백)

제 5 장

방재 및 비상대응능력

(공백)



제 5 장 방재 및 비상대응 능력

제 5.1 절 비상대응능력

검토주관: 원자력비상대책실

I. 검토분야

1. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고 대처 능력에 관한 사항
2. 극한 자연재해에 의한 사용후핵연료저장조 내 핵연료 손상 대처 능력에 관한 사항
3. 장기 소내정전 사고 시 통신, 원전정보전송 시스템 건전성 유지에 관한 사항
4. 극한 자연재해에 의한 중대사고시 환경방사선/능 감시능력에 관한 사항

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 5 “방재 및 비상대응능력” (5-1) “비상대응 능력”

검증지침 허용기준

2. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고에 대응하기 위한 비상계획 및 비상대응능력(주민예상피폭선량평가 프로그램의 적절성 및 프로그램 운용요원의 전문성, 내·외부 방호조직 및 장비지원 등)의 적절성이 평가되어야 한다.
3. 극한 자연재해에 의한 사용후핵연료 저장조 내 핵연료 손상시 대응하기 위한 비상계획 및 비상대응능력의 적절성이 평가되어야 한다.
4. 장기 소내정전 사고 시 통신, 원전정보전송 시스템 건전성 유지와 복구계획, 방사선 비상발령 기준의 적절성 등을 위한 비상계획 및 비상대응능력의 적절

성이 평가되어야 한다.

5. 극한 자연재해에 의한 중대사고시 환경방사선/능 감시 시스템 및 감시능력에 관한 비상계획 및 비상대응능력의 적절성이 평가되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

6. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고에 대비하기 위하여 부지/노형 및 지리적 특성을 고려한 주민예상피폭선량평가(선원항 및 확산 예측 중심) 체계가 중점적으로 평가되어야 한다.
7. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고에 대비하기 위하여 부지/노형 및 지리적 특성을 고려한 외부의 인력 및 장비 지원 계획 등이 중점적으로 평가되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 다음 비상대응능력에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 원전 방사선비상시에 “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙” 13조 “방사선비상계획의 세부수립 기준”에 따른 별표3, 원자력안전위원회고시 제2014-82호(원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정)에서 규정하고 있는 기술기준에 적합하게 방재 및 비상대응능력이 유지되는지 기술되어 있는가를 확인한다. 또한 스트레스테스트 수행지침[개정 1] “비상대응 능력”에 적합하게 기술되어 있는가를 확인한다.
2. 다수호기 동시에 동일한 사고 또는 서로 다른 사고가 발생할 수 있다는 가정하에 평가결과가 적절하게 제시되어 있는가를 확인한다.
3. 최근의 중대사고 선원항 평가 또는 규제기관에 의하여 인정된 중대사고 선원항 및 대기확산 모델을 사용하여 주민보호조치에 필요한 주민예상피폭선량평가를 할 수 있는 능력에 대한 평가결과가 적절히 제시하고 있는지를 확인한다.
4. 비상대응에 필요한 내·외부 인력의 방호조치 능력을 평가하고, 필요시 대처방안이 제시되어 있는지를 확인하고, 방호조치에 필요한 장비들은 자연재해에 견딜 수 있는지 여부의 평가결과가 적절히 제시되어 있는지를 확인한다.
5. 다수호기 동시사고 등 복잡한 상황에서는 타부지 등 외부의 인력과 장비를 지원받아야 하는 바, 이의 실효성이 평가되어 제시되어 있는지를 확인한다. 그리고 실효성 평가시에는 분야 3과 4에서 고려한 시나리오를 참조하여 평가결과가 적절히 제시되어 있는지를 확인한다.
6. 현재 국내의 비상발령기준은 발생하는 경보, 운전변수, 분석 및 평가결과, 발령

권자 판단 등을 통해 구분할 수 있도록 설정되어 있으며, 이에 대한 기술 사항을 확인한다. 유의하여야 할 사항은 장기 소내정전이 발생할 경우, 해당 정보를 확인하기 어렵기 때문에 비상발령조건 확인 등 적절한 비상대응이 어려울 수 있음을 상기한다. 이에 따라 1) 경보가 발생하지 않는다고 가정할 때 비상발령기준이 적절하게 설정되어 있는지, 2) 비상발령조건에 해당되는지 여부를 확인할 수 있는지, 3) 비상발령조건 해당여부 확인 후 비상발령권자와의 의사소통이 가능한지 등을 평가한 결과를 제시하고 있는지를 확인한다. 또한, 사용후핵연료저장조의 냉각기능이 상실되었을 경우, 비상발령 필요성 등을 포함하여 비상발령기준의 적절성을 평가한 결과가 적절히 제시되어 있는지를 확인한다.

7. 다수호기에서 동시에 사고가 발생하였을 때, 주민보호조치 및 소내작업자 보호조치 등의 비상대응능력 확보를 위한 환경방사선/능 감시능력이 적절히 제시되었는지 확인하고, 이에 따라 일본 후쿠시마 원전 사고의 교훈을 토대로, 현재의 감시능력 적절성을 평가하고, 필요시 대안을 제시하였는지의 여부 등이 적절히 기술되어 있는지를 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

8. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고에 대비하기 위하여 부지/노형 및 지리적 특성을 고려한 주민예상피폭선량평가(선원항 및 확산예측 중심) 체계가 적합하게 구축되어 있는지 확인한다.
9. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고에 대비하기 위하여 부지/노형 및 지리적 특성을 고려한 외부의 인력 및 장비지원 계획 등이 적절히 제시되어 있는지 확인한다.

IV. 평가결과

검토자는 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 중대사고 발생 시 대처능력에 관한 사항 등이 허용기준에 따라 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 극한 자연재해에 의한 다수호기 안전기능 상실 및 중대사고에 대응하기 위한 비상계획 및 비상대응능력(주민예상피폭선량평가 프로그램의 적절성 및 프로그램 운용요원의 전문성, 내·외부 방호조직 및 장비지원 가능성 등)에 관한 사항이 적절히 수립되었다.

3. 극한 자연재해에 의한 사용후핵연료 저장조 내 핵연료 손상시 대응하기 위한 비상계획 및 비상대응능력에 관한 사항이 적절히 수립되었다.
4. 장기 소내정전 사고 시 통신 및 원전정보전송 시스템 건전성 유지와 복구계획, 방사선 비상발령 기준의 적절성 등을 위한 비상계획 및 비상대응능력에 관한 사항이 적절히 수립되었다.
5. 극한 자연재해에 의한 중대사고시 환경방사선/능 감시 시스템 및 감시능력에 관한 비상계획 및 비상대응능력에 대하여 적절히 수립되었다.

검토자는 부지별 및 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항을 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법” 제20조 “ 원자력사업자의 방사선비상계획”
2. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법” 제21조 “원자력사업자의 의무”
3. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법” 제35조 “방사능재난 대응시설 등”
4. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙” 13조 “방사선비상계획의 세부수립 기준”
5. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙” 18조 “방사능재난 대응시설·장비의 기준”
6. 원안위고시 제2014-82호 “원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정”
7. 발전용원자로 방사선비상 발령 기준에 관한 기술지침서(KINS/GT-N021-1)
8. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
9. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
10. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”



제 5 장 비상대응 능력

제 5.2 절 의사결정 적절성

검토주관: 계측전기평가실

I. 검토분야

1. 의사결정권자의 책임 및 임무의 적절성
2. 다수호기사고 시 비상조직 및 의사결정자의 책임 및 임무의 적절성

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 5 “방재 및 비상대응능력” (5-2) “의사결정 적절성”
 - 나. 분야 6 “운영기술능력” (6-2) “주요 운전원조치의 적절성”

검증지침 허용기준

2. 비정상/비상/중대사고 대응 관련 계획서, 절차서 및 지침서의 상호연계성을 고려한 의사결정권자의 책임 및 임무의 적절성이 평가되어야 한다.
3. 다수호기사고 시 비상조직 및 의사결정자의 책임 및 임무의 적절성이 평가되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행

하고 이를 평가결과에 반영한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 비상대응능력 관련 의사결정권자의 책임 및 임무에 대한 사업자 평가결과
의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하
여야 한다. 의사결정의 적절성은 본 스트레스테스트 검증지침서 “제 6장 운영기
술 능력” 과 연계하여 확인한다.

1. 비상조직 및 의사결정권자의 책임 및 임무의 적절성

검토자는 비상발령조건에 따른 비상대응 시 비상조직 및 의사결정권자의 책임
과 임무의 적절성을 확인한다.

- 가. 비상대응 과정에서 필요한 주요 비상조치 및 설비가 적절하게 명시되었는지 확인한다.
- 나. 명시된 주요 비상조치를 수행하기 위한 방사선비상계획서 및 절차서가 적
합하게 수립되었는지 확인한다.
- 다. 비상조치를 수행하기 위한 비정상운전절차서(Abnormal Operating
Procedure), 비상운전절차서(Emergency Operating Procedure), 비상대응계획
서/절차서(Emergency Response Plan/Procedure) 및 중대사고관리지침서
(Severe Accident Management Guideline) 등이 적합하게 수립되었는지 확인
한다.
- 라. 비상대응 관련 계획서, 절차서 및 지침서에 각 조치에 대한 이행전략, 의사
결정권자(의사결정권자의 의사결정을 지원하는 인력을 포함한다), 이용설비,
수행/조작 방법, 수행자/조작자 등이 구체적으로 기술되어있음을 확인한다.
- 마. 계획서, 절차서와 지침서 간 연계 관련 불일치 사항이 없는지 확인한다. 만
약, 계획서-절차서-지침서 간 연계의 불일치 사항이 있다면, 해당 비상조치
에 대한 이행전략과 인지, 평가, 의사결정 방법에 대해 확인하고, 의사결정
에 따른 수행자/조작자, 수행/조작 방법 등에 대한 대응전략이 수립되었는
지를 확인한다.
- 바. 비상대응 관련 일련의 조치에 대한 의사결정이 단일 의사결정권자가 아닌
다수의 의사결정권자에 의하여 이루어지는 경우, 의사결정권자 간의 적절한
의사소통이 보장될 수 있는지 확인한다.

2. 다수호기사고 시 비상조직 및 의사결정자의 책임 및 임무의 적절성

검토자는 다수호기사고를 고려한 비상발령상황 발생 시 비상조직 및 의사결정
자의 책임과 임무의 적절성을 확인한다.

- 가. 다수호기 동시사고 고려 시, 비상대응 전략에 의한 비상조치가 적절하게 수
행될 수 있도록 주요 비상조치 이행에 필요한 조직, 인력 및 장비(도구) 등
에 대한 책임 및 임무가 적절하게 수립되어 있는지 확인한다.
- 나. 다수호기 동시사고와 단일 호기 사고는 구분되어 각 상황을 고려한 조직, 인

력, 책임 및 의무 등이 평가되어야 한다.

- 다. 운전원 및 의사결정권자를 포함한 비상대응조직 구성원의 운영기술능력 유효성 확보를 위한 교육 및 훈련계획이 수립되어 있음을 확인하고, 해당 계획의 적절성을 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

3. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

IV. 평가결과

검토자는 비상조직 및 의사결정권자의 책임 및 임무의 적절성, 다수호기사고 고려시에도 적절함을 평가하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 비상대응 과정에서 필요한 주요 비상조치에 대한 평가결과가 제시되었다.
3. 주요 비상조치를 수행하기 위한 계획서, 절차서, 지침서 등이 적절하게 수립되어 있다.
4. 주요 비상조치에 대한 이행전략, 의사결정권자(연계된 의사결정권자가 복수인 경우, 의사결정권자 간 소통방안을 포함한다), 이용설비 등이 절차서, 지침서 등에 적절히 제시되었다.
5. 계획서, 절차서 및 지침서 간 연계 관련 불일치 사항에 대한 평가결과가 제시되었다.
6. 다수호기 동시사고를 고려하여 비상조치 이행에 필요한 조직, 인력, 장비 등에 대한 책임 및 임무가 적절하게 평가되어 제시되었다.
7. 운전원 및 비상대응조직 구성원의 교육 및 훈련계획이 적합하게 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제45조 “인적요소의 관리”
3. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”
4. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정”
5. 원자력안전위원회고시, 제2014-82호, “원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정”
6. NEI 10-5, 2011, “Assessment of On-Shift Emergency Response Organization Staffing and Capabilities”
7. NEI 12-01, 2012, “Guideline for Assessing Beyond Design Basis Accident Response Staffing and Communications Capabilities”
8. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서” , KINS/AR-1059
9. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
10. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
11. NEI 12-06, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
12. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
13. IAEA, 2011, “A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards”
14. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
15. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”



가동원전 스트레스테스트 검증지침서

한국원자력안전기술원 (Korea Institute of Nuclear Safety)

제 5 장 비상대응 능력

제 5.3 절 비상대응시설 거주성

검토주관: 원자력비상대책실

I. 검토분야

1. 비상대응시설 거주성 상실시 비상대응 능력 유지 및 거주성 회복에 관한 사항

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 5 “방재 및 비상대응능력” (5-3) “비상대응시설 거주성”

검증지침 허용기준

2. 중대사고에 의한 비상대응시설의 거주성 상실시 비상대응 능력 유지 및 거주성 회복 방안에 대한 적절성이 평가되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

3. 중대사고에 의한 비상대응시설의 거주성 상실시 이에 대응하기 위하여 부지/노형 및 지리적/환경적 특성을 고려한 비상대응 능력 유지 및 거주성 회복 방안에 관한 사항이 중점적으로 평가되어야 한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 비상대응시설의 거주성 상실시 비상대응능력 유지에 대한 사업자 평가결과와 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 검토자는 원전 방사선비상시에 “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙” 18조 “방사능재난대응시설·장비의 기준”에 따른 별표6, 원자력안전위원회고시 제2014-82호(원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정) 제8조(방사능재난대응시설 등), 제9조(주제어실) 및 제10조(비상기술지원실)에서 규정하고 있는 기술기준에 적합하게 거주성이 유지되는지 기술되어 있는가를 확인한다. 또한 스트레스테스트 수행지침[개정 1] “비상대응시설 거주성”에 적합하게 기술되어 있는가를 확인한다.
2. 원전의 중대사고에 따른 비상대응시설의 거주성 상실 시에도 비상대응 능력 유지 가능성이 기술되어 있는지 확인하고, 거주성 회복을 위한 방안이 적합하게 기술되어 있는가를 확인한다.
3. 만일 상기에서 거주성 회복을 위한 능력이 없다고 평가될 경우, 비상대응능력 유지를 위한 대처 시설 이용 가능성을 적절하게 제시하고 있는지를 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 중대사고에 의한 비상대응시설의 거주성 상실시 부지/노형 및 지리적/환경적 특성을 고려한 비상대응 능력 유지 및 거주성 회복에 관한 사항이 적합하게 구축되어 있는지 확인한다.

Ⅳ. 평가결과

검토자는 중대사고에 의한 비상대응시설의 거주성 상실시 비상대응 능력 유지 및 거주성 회복에 관한 사항 등이 허용기준에 따라 자체평가보고서에 적합하게 반영되어 있는지를 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 중대사고 시 비상대응시설의 거주성 유지가 가능하며, 비상대응시설의 거주성 상실시 비상대응 능력 유지 및 거주성 회복 방안에 관한 사항이 적절히 기술되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법” 제20조 “ 원자력사업자의 방사선비상계획”
2. 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법” 제21조 “원자력사업자의 의무”
3. 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법” 제35조 “방사능재난 대응시설 등”
4. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙” 13조 “방사선비상계획의 세부수립 기준”
5. “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙” 18조 “방사능재난 대응시설·장비의 기준”
6. 원안위고시 제2014-82호 “원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정”
7. Reg. Guide 1.196 “Control Room Habitability at LWR”
8. Reg. Guide 1.78 “Evaluating the Habitability of a Nuclear Power Plant Control Room During a Postulated Hazardous Chemical Release”
9. Reg. Guide 1.52 “Design, Inspection, and Testing Criteria for Air Filtration and Adsorption Units of Post-Accident Engineered-Safety-Feature Atmosphere Cleanup Systems in Light Water-Cooled Nuclear Power Plants”
10. 10CFR Part50, Appendix A, “GDC 19(Control Room):
11. ASME N509 (1976, 1980, 1989, 2002) “NPP Air-Cleaning Units and Components”
12. ASME N510 (1975, 1989, 2007) “Testing of Nuclear Air Treatment System”
13. ASME N511 (2007) “Testing of Nuclear Air Treatment System”
14. ASME AG-1 (2009) “Code on Nuclear Air and Gas Treatment”
15. ASTM E 741-00 “Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution”

(공백)

제 6 장

운영기술 능력

(공백)



제 6 장 운영기술 능력

제 6.1 절 사고대응전략 수립의 적절성

검토주관: 원자력운영분석실

협조부서: 중대사고리스크평가실, 구조부지평가실, 계측전기평가실, 계통평가실

I. 검토분야

1. 선정된 현장검증 사고 시나리오의 운영기술적 적절성 평가
2. 사고 시나리오 대응 전략의 운영기술적 이행가능성 평가
3. 사고 시나리오의 각 분야 별 연계항목(설비-절차서-조직·인력)의 운영기술적 적절성 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 3 “전력계통 등 안전기능 상실에 대한 대응능력”
 - 나. 분야 4 “중대사고 관리능력”
 - 다. 분야 6 “운영기술능력” (6-1) “사고대응전략 수립의 적절성”

검증지침 허용기준

2. 분야 3 및 분야 4에서 선정한 사고별 시나리오 중, 현장검증을 위한 사고시나리오는 사고대응전략의 적합성을 충분히 확인할 수 있도록 대표성을 가진 사고시나리오로 선정되어야 한다.

3. 현장 검증을 통해 사고대응전략의 운영기술적 이행가능성이 확인되어야 한다.
4. 사고대응전략을 이행하는 과정에서 설비, 절차서, 지침서, 조직 간의 전환으로 인해 사고대응전략의 이행에 차질이 없음이 확인되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 수립된 사고 시나리오가 각 필수대처기능 상실을 고려하여 작성되고 이에 대응하여 필수대처기능을 복구하기 위한 전략이 수립되었는지 확인하기 위하여 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 선정된 현장검증 사고 시나리오의 운영기술적 적절성 평가

수립된 사고 시나리오 중 선정된 현장검증 사고 시나리오가 대응 전략을 확인하기 위한 보수성과 대표성을 갖는지 관련 협조부서가 검토한다.

검토 주관부서는 선정된 현장검증 사고 시나리오가 운영기술적 적합성을 충분히 확인할 수 있도록 대표성을 가지는지 확인한다.

2. 사고 시나리오 대응 전략의 운영기술적 이행가능성 평가

검토자는 사고 시나리오 상황에서 대응전략이 운영기술적으로 이행 가능한 지 확인하기 위하여 현장 확인 및 점검을 통해 아래 사항을 검토한다.

가. 검토자는 사고 시나리오에서 기반하고 있는 필수대처기능을 복구하기 위한 전략과 절차가 실질적으로 이행가능한지를 확인하기 위하여 해당 사고 시나리오 상황에서 제어계통, 사고완화계통, 중대사고 대처설비의 운전 조건을 확인할 수 있는 수단과 절차가 적절하게 구비되어 있는지를 검토한다.

나. 기존 설비 및 계통에 대응전략을 위한 추가설비를 설치 및 적용할 수 있는 적절한 판단 기준을 제시하였는지 검토해야 한다.

다. 대응전략의 이행에 따른 계통의 거동을 확인할 수 있는 방안이 적절하게 제시되어 있는지 확인한다.

3. 사고 시나리오의 각 분야 별 연계항목(설비-절차서-조직·인력)의 운영기술적 적절성 평가

검토자는 현장 확인 및 점검을 통해 절차서 간 진입 및 경로, 인지 및 판단기준, 인수인계 방법 등이 구체화되어 있는지 확인하고, 전환과정에서 사고대응 전략이 차질 없이 적절하게 이행 가능함을 검토한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

IV. 평가결과

검토자는 필수대처기능 상실 상태를 복구하기 위한 대응전략이 사고 시나리오 상황에서 기존 설비(제어계통과 사고완화계통 또는 중대사고 대처설비)의 운전 조건을 고려하고 운영기술적으로 적합하게 수립되어 검증지침 허용기준을 만족하는지 확인하고 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 수립된 사고 시나리오 중 선정된 현장검증 사고 시나리오가 운영기술적으로 적합함을 확인하였다.
3. 사고 시나리오 상황에서 대응전략이 운영기술적으로 이행 가능함을 확인하였다.
4. 필수대처기능을 유지하고 복구하기 위한 전략을 이행하기 위해 요구되는 설비, 절차서, 지침서, 조직/인력에 대한 연계성이 적합함을 확인하였다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호 “사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”제4조 “설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위”제1호 “지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해”
3. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정” 제 11조 “극한재해 완화지침서 작성에 관한 설명서”
4. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059,
5. USNRC, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”,

Regulatory Guide 1.226

6. NEI, 2011, "Assessment of On-Shift Emergency Response Organization Staffing and Capabilities", NEI 10-5
7. NEI, 2012, "Guideline for Assessing Beyond Design Basis Accident Response Staffing and Communications Capabilities", NEI 12-01
8. NEI, 2015, "Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)", NEI 12-06
9. IAEA, 2011, "A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards"
10. IAEA, 2015, "The Fukushima Daiichi accident report by director general"
11. OECD/NEA, 2016, "Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt"
12. EU, 2011, "EU Stress Tests Specifications"
13. ENSREG, 2012, "Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants"



제 6 장 운영기술 능력

제 6.2 절 주요 운전원조치의 적절성

검토주관: 계측전기평가실

I. 검토분야

1. 사고시나리오 분석을 통해 도출된 주요 운전원조치의 적절성
2. 사고시나리오를 포함한 극한상황에서 주요 운전원조치의 이행가능성
3. 수립된 사고대응전략을 성공적으로 이행하기 위한 과정에서 발생 가능한 인적 오류 혹은 의사결정오류 확인

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 6 “운영기술능력” (6-2) “주요 운전원조치의 적절성”

검증지침 허용기준

2. 사고대응전략에서 수립된 사고시나리오의 분석을 통해 도출된 주요 운전원조치의 적절성이 적합하게 평가되어야 한다.
3. 사고대응전략에서 수립된 사고시나리오를 포함한 극한상황에서 주요 운전원조치의 이행가능성이 적합하게 평가되어야 한다.
4. 사고대응전략을 성공적으로 이행하는 과정에서 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류가 적절히 확인되고, 이에 대한 대응방안이 제시되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 스트레스테스트 평가를 위해 가정한 사고시나리오 상황에서 사고대응전략을 이행하기 위한 주요 운전원조치에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 사고시나리오 분석을 통해 도출된 주요 운전원조치의 적절성

검토자는 스트레스테스트 평가를 위해 가정한 사고시나리오의 분석에서 도출된 주요 운전원조치의 적절성을 검토한다.

가. 스트레스테스트 평가를 위해 가정한 사고시나리오 상황에서 사고대응전략을 이행하는 과정에 필요한 직무의 적절성을 확인한다. 해당 직무는 적합한 직무분석 방법을 통해 도출되어야 하며, 검토자는 해당 직무가 도출되는 과정이 적합한지 확인한다.

나. 도출된 직무를 수행하기 위해 필요한 운전원조치에 대한 적절성을 확인한다. 운전원조치는 주제어실 뿐만 아니라 소내·외 현장 조치도 포함한다.

2. 사고시나리오를 포함한 극한상황에서 주요 운전원조치의 이행가능성

검토자는 가정한 사고시나리오를 포함한 극한상황에서 사고대응전략 이행을 위한 주요 운전원조치의 이행가능성이 평가에 고려되었는지를 검토한다.

가. 검토자는 해당 직무의 주요 운전원조치를 수행하기 위한 필요시간(Time Required)과 가용시간(Time Available)이 적절한 방법을 통해 도출되었는지 확인한다.

나. 가용시간은 필요시간보다 길어야하며, 가용시간과 필요시간 간 여유도가 작을 경우에는 운전원의 판단 혹은 조작오류 가능성에 대해 확인해야 한다.

다. 지진, 화재 등을 동반한 극한상황에서도 사고대응전략 수행을 위해 필요한 직무에 대한 주요 운전원조치가 이행가능한지를 확인한다.

3. 수립된 사고대응전략을 성공적으로 이행하기 위한 과정에서 발생 가능한 인적 오류 혹은 의사결정오류 확인

가. 가정한 사고시나리오 수행 중 설비, 절차서 등 활용 과정에서 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류가 고려되었는지 확인한다.

나. 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류에 대한 최소화 방안이 수립되어

있고, 대응능력 확보 방안이 제시되었는지 확인한다.

다. 해당 직무의 운전원조치 이행 과정에서 인적오류 발생 등으로 인한 운전원조치가 실패할 경우를 가정한 대체 이행방안이 수립되어 있는지를 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

IV. 평가결과

검토자는 사고대응전략에서 수립된 사고시나리오 분석을 통해 도출된 주요 운전원조치의 적절성을 평가하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 스트레스테스트 평가를 위해 가정한 사고시나리오 상황에서 사고대응전략 이행을 위한 직무와 운전원조치에 대한 평가결과가 제시되었다.
3. 사고시나리오를 포함한 극한상황에서 주요 운전원조치의 이행가능성에 대한 평가결과가 제시되었다.
4. 가정한 사고시나리오 수행 중 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류가 고려되어 이에 대한 최소화방안 및 대응능력 확보 방안이 제시되었다.
5. 주요 운전원조치 이행 과정에서 인적오류 등으로 인한 운전원조치가 실패할 경우를 가정한 대체 이행방안이 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제45조 “인적요소의 관리”
3. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에

관한 규정”

4. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정”
5. NEI 10-5, 2011, “Assessment of On-Shift Emergency Response Organization Staffing and Capabilities”
6. NEI 12-01, 2012, “Guideline for Assessing Beyond Design Basis Accident Response Staffing and Communications Capabilities”
7. ANSI/ANS 58.8, 1994, American National Standard Time Response Design Criteria for Safety-Relate Operator Actions
8. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
9. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
10. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
11. NEI 12-06, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”
12. Regulatory Guide 1.226, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”
13. IAEA, 2011, “A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards”
14. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
15. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”



제 6 장 운영기술 능력

제 6.3 절 주요 자원의 적절성

검토주관: 계측전기평가실

I. 검토분야

1. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 인간-시스템연계 설비, 절차서, 조직 및 인력, 작업도구 등의 적절성
2. 주요 운전원조치 유효성 확보를 위한 교육 및 훈련의 적절성
3. 의사결정에 필요한 자원, 책임 및 권한 등의 적절성
4. 소내·외 자원활용 전략, 실행 능력 확보에 대한 적절성

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 가. 분야 6 “운영기술능력” (6-3) “주요 자원의 적절성”

검증지침 허용기준

2. ‘6.1절 사고대응전략’ 및 ‘6.2절 주요 운전원조치 분석’ 에서 도출된 주요 운전원조치를 수행하기 위한 주요 자원의 적절성이 평가되어야 한다.
3. 주요 자원에는 인간-시스템연계 설비, 절차서/지침서, 조직 및 인력, 작업도구 등을 포함해야 한다.
4. 주요 운전원조치의 유효성 확보를 위한 교육/훈련, 의사결정, 책임 및 권한 등

이 적절하게 평가되어야 한다.

5. 사고대응에 있어 소내·외 자원활용 전략, 실행 능력 확보에 대한 적절성이 평가되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

6. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 스트레스테스트 평가를 위해 가정한 사고시나리오 상황에서 대응전략 이행 수단인 주요 자원에 대한 사업자 평가결과의 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다.

1. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 인간-시스템연계 설비, 절차서/지침서, 조직 및 인력, 작업도구 등의 적절성

검토자는 스트레스테스트 검증지침서 제 6.2절 주요 운전원조치의 적절성에서 확인된 주요 운전원조치를 수행하기 위한 인간-시스템연계 설비, 절차서/지침서, 조직 및 인력, 작업도구 등 주요 자원의 적절성을 확인한다.

- 가. 주요 자원은 해당 운전원조치를 적합하게 수행하기 위한 인간공학적인 고려가 수반되어있음을 확인한다. 예를 들어, 주요 운전원조치를 수행하기 위한 인간-시스템연계 설비는 가정한 사고시나리오를 포함한 극한 상황(예; 지진, 화재 등)에서도 가용해야 하며, 해당 상황에서 이용이 불가능할 경우에는 대체 방안이 제시되어야 한다.

- 나. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 절차서/지침서는 명확하게 수립 및 작성되고, 각 절차서-절차서, 절차서-지침서간 연계성이 확보되어있음을 확인한다.

- 다. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 충분한 조직, 인력 및 자격이 확보되어있음을 확인한다.

- 라. 조직 및 팀간의 의사소통 설비 및 방법의 적절성과 유효성을 확인한다.

2. 주요 운전원조치 유효성 확보를 위한 교육 및 훈련의 적절성

검토자는 주요 운전원조치의 유효성을 확보하기 위한 종사자 교육 및 훈련의 적절성을 확인한다.

- 가. 운전원 및 소내·외 비상대응조직원의 수행 능력이 각 구성원의 책임 및 권한에 상응하는 주기적인 교육 및 훈련 프로그램을 통해 유지되고 있음을 확인한다.

- 나. 교육 및 훈련 프로그램은 사고의 특성, 사고대응 전략, 설비 및 절차 등에

대한 사항을 포함해야 한다. 이에 대하여 구체화된 시나리오, 수행 주기 및 방법, 수행 결과 등을 확인한다.

3. 의사결정에 필요한 자원, 책임 및 권한 등의 적절성

검토자는 사고대응전략 수행을 위한 의사결정에 필요한 자원, 책임 및 권한 등에 대한 적절성을 확인한다.

가. 의사결정에 필요한 조직 및 인력이 적절하게 구성되어 있음을 확인한다.

나. 조직/인력에 대한 책임 및 권한, 사고대응전략 관련 수행내용 및 주체 등에 대한 적절성과 이에 대한 절차서 혹은 지침서가 구비되어 있는지 확인한다.

다. 의사결정에 필요한 정보수립을 위한 정보전달 체계, 즉, 의사소통 수단과 방법이 적절히 구비되어 있는지 확인한다.

4. 소내·외 자원활용 전략, 실행 능력 확보에 대한 적절성

검토자는 사고대응전략 수행을 위한 소내·외 자원활용 전략, 실행 능력이 확보되어 있음을 확인한다.

가. 극한상황을 고려한 소내 및 소외의 자원활용 전략이 적절하게 수립되어 있는지 확인한다.

나. 극한상황을 고려한 대응 전략 실행에 필요한 능력을 확보하고 있음을 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

5. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

IV. 평가결과

검토자는 사고대응전략 및 주요 운전원조치 분석 과정에서 도출된 주요 운전원조치를 수행하기 위한 주요 자원의 적절성을 평가하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 주요 자원(인간-시스템연계 설비, 절차서/지침서, 조직 및 인력, 작업도구 등)의 적절성에 대한 평가결과가 제시되었다.
3. 주요 자원은 해당 운전원조치를 적합하게 수행하기 위하여 인간공학적으로 고려되었다.
4. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 절차서/지침서는 명확하게 수립 및 작성되었으며, 연계성이 확보되었음을 제시하였다.
5. 주요 운전원조치를 수행하기 위한 충분한 조직 및 인력이 확보되어있음을 제시하였다.

6. 주요 운전원조치 유효성 확보를 위한 종사자 교육 및 훈련 프로그램과 결과의 적절성이 제시되었다.
7. 사고대응전략 수행을 위한 의사결정에 필요한 자원, 책임 및 권한 등에 대한 적절성이 제시되었다.
8. 사고대응전략 수행을 위한 소내·외 자원활용 전략, 실행 능력이 적절히 확보되었음이 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제45조 “인적요소의 관리”
3. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”
4. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정”
5. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
6. USNRC, 1997, “Integrated System Validation Methodology and Review Criteria”, NUREG/CR-6393
7. USNRC, 2002, “Human-System Interface Design Review Guidelines (Rev.2)”, NUREG-0700
8. USNRC, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”, Regulatory Guide 1.226
9. NEI, 2011, “Assessment of On-Shift Emergency Response Organization Staffing and Capabilities”, NEI 10-5
10. NEI, 2012, “Guideline for Assessing Beyond Design Basis Accident Response Staffing and Communications Capabilities”, NEI 12-01
11. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”, NEI 12-06
12. IAEA, 2011, “A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards”

13. IAEA, 2015, "The Fukushima Daiichi accident report by director general"
14. EU, 2011, "EU Stress Tests Specifications"
15. ENSREG, 2012, "Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants"
16. OECD/NEA, 2016, "Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt"
17. ANSI/ANS, 1994, "American National Standard Time Response Design Criteria for Safety-Related Operator Actions". ANSI/ANS 58.8

(공백)



제 6 장 운영기술 능력

제 6.4 절 인간공학 유효성

검토주관: 계측전기평가실

I. 검토분야

1. 사고시나리오 가정사항, 수립된 사고대응전략의 적절성 및 이행가능성
2. 각 분야별 연계항목의 적절성
3. 인적오류 및 의사결정오류의 가능성 확인 및 대응방안 평가

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 - 가. 분야 6 “운영기술능력” (6-4) “인간공학 유효성”

검증지침 허용기준

2. 사고시나리오를 고려하여 수립된 사고대응전략, 주요 운전원조치 및 자원에 대한 실제 이행가능성을 포함한 운영기술능력 평가가 적합하게 수행되어야 한다.
3. 주요 자원에는 인간-시스템연계 설비, 절차서/지침서, 조직 및 인력 등이 포함되어야 하며, 각 분야별 연계 항목에 대한 적절성이 평가되어야 한다.
4. 운영기술 능력 평가 과정에서 도출된 인적오류 및 의사결정오류의 가능성을 확인하고 대응방안 평가 결과의 적절성이 확인되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

5. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 스트레스테스트 수행지침서 제 6장 관련 사업자가 가정하고 평가한 사항들에 대하여 운영기술능력 평가를 통해 실제 이행가능성을 확인하며, 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인한다.

검토자는 운영기술능력 평가를 통해 각 사고시나리오의 가정 사항 및 수립된 사고대응전략에 대한 적절성, 실제 이행가능성 여부를 확인한다. 운영기술능력 평가는 계획, 수행, 평가 단계로 구성되며, 검토자는 각 단계별 이행 적절성을 확인한다.

계획 단계는 스트레스테스트 수행자가 운영기술능력 평가를 준비하는 단계이다. 스트레스테스트 수행자는 운영기술능력 평가를 위한 시나리오, 수행 일시, 수행 방법, 참여인력, 사용 장비 등에 대한 범위 및 계획을 수립한다. 시나리오를 포함한 수행 계획은 운영기술능력 평가에 참여하는 수행자에게 사전에 공개되지 않아야 한다. 수행 단계는 수립된 계획에 따라 진행되는 상황에 따른 사고대응능력을 확인하는 단계이다. 평가 단계에서 스트레스테스트 수행자는 계획 및 수행 단계에서 확인된 문제점 혹은 개선필요사항을 도출한다. 도출된 개선사항은 단기/중기/장기로 구분하여 이행되어야 한다.

1. 사고시나리오 가정 사항, 수립된 사고대응전략의 적절성 및 이행가능성

검토자는 운영기술능력 평가를 통해 사고시나리오 가정 사항, 수립된 사고대응전략의 적절성 및 실제 이행가능성을 검토한다.

- 가. 수립된 사고대응전략, 설비, 절차서/지침서, 조직/인력 등이 진행되는 사고시나리오에 따라 적절하게 대응할 수 있는지를 확인한다. 운영기술능력 평가 시 해당 설비(예; 주제어실 인간-시스템 연계 설비)가 실제 운용이 어려운 경우, 협의를 통해 모의 설비로 수행하거나 도상으로 수행할 수 있다.
- 나. 가정한 사고 상황에 대해 사고대응전략을 수행하기 위한 설비의 조작가능 여부, 현장 접근성, 환경조건, 거주성, 직무부하, 협업 및 의사소통 등의 적절성을 확인한다.

2. 각 분야별 연계항목의 적절성

검토자는 운영기술능력 평가를 통해 수립된 사고대응전략을 수행하기 위한 각 분야별 연계에 대한 적절성을 검토한다.

- 가. 수립된 사고대응전략을 수행하기 위한 각 분야별 연계항목(예; 설비-절차서/지침서-조직/인력 등)의 적절성을 확인한다. 운영기술능력 평가 시 각 분야별 연계 간 불일치 사항이 없는지 확인한다.

3. 인적오류 및 의사결정오류의 가능성 확인 및 대응방안 평가

검토자는 운영기술능력 평가 수행 과정에서 도출된 인적오류 및 의사결정오류의 가능성을 확인하고 대응방안 평가 결과를 확인한다.

가. 운영기술능력 평가 수행 중 설비, 절차서/지침서 등의 활용 과정에서 발생 혹은 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류를 확인한다.

나. 해당 인적오류 혹은 의사결정오류가 발생하여 사고대응이 실패할 경우, 대체 대응방안이 수립되어 있고 대응능력이 확보되었는지를 확인한다.

운영기술능력 평가 후, 스트레스테스트 수행자는 계획 및 수행 단계에서 확인된 문제점 혹은 개선필요사항을 도출하고, 검토자는 이에 대한 적절성을 확인한다. 검토자는 운영기술능력 평가의 수행 결과가 인간공학적으로 분석 및 평가되어 개선사항이 적절하게 도출되었는지 확인한다. 도출된 개선사항은 단기/중기/장기로 구분하여 이행되어야 하며, 이행계획 및 결과의 적절성 또한 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

IV. 평가결과

검토자는 스트레스테스트 수행지침서에 따라 사업자가 가정하고 평가한 사항들에 대해 운영기술능력 평가를 통해 이행가능성을 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 운영기술능력 평가를 통해 사고시나리오 가정 사항, 수립된 사고대응전략이 적절히 수립되고 이행 가능성이 제시되었다.
3. 운영기술능력 평가를 통해 사고대응전략 수행을 위한 설비의 조작가능여부, 현장 접근성, 환경조건, 거주성, 직무부하, 협업 등에 대한 적절성이 제시되었다.
4. 운영기술능력 평가를 통해 각 분야별 연계항목의 적절성 및 연계 간 불일치 사항이 확인되고 이에 대한 개선사항이 제시되었다.
5. 설비, 절차서/지침서 등의 활용 과정에서 발생 혹은 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류가 확인되고, 이에 대한 대응방안 및 대응능력이 제시되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하

고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자력시설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 원자력시설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제45조 “인적요소의 관리”
3. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”
4. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정”
5. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
6. USNRC, 1997, “Integrated System Validation Methodology and Review Criteria”, NUREG/CR-6393
7. USNRC, 2002, “Human-System Interface Design Review Guidelines (Rev.2)”, NUREG-0700
8. USNRC, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”, Regulatory Guide 1.226
9. NEI, 2011, “Assessment of On-Shift Emergency Response Organization Staffing and Capabilities”, NEI 10-5
10. NEI, 2012, “Guideline for Assessing Beyond Design Basis Accident Response Staffing and Communications Capabilities”, NEI 12-01
11. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”, NEI 12-06
12. IAEA, 2011, “A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards”
13. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
14. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
15. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
16. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”
17. ANSI/ANS 58.8, 1994, American National Standard Time Response Design Criteria for Safety-Related Operator Actions



제 6 장 운영기술 능력

제 6.5 절 다수호기 동시사고 시 대응능력

검토주관: 계측전기평가실

I. 검토분야

1. 다수호기 동시사고 고려 시 수립된 사고대응전략의 적절성
2. 다수호기 동시사고 고려 시 주요 운전원조치의 적절성
3. 다수호기 동시사고 고려 시 가용한 자원의 적절성

II. 허용기준

이 절에서 적용되는 허용기준은 다음과 같다.

규제요건

1. 스트레스테스트 수행지침[개정 1]
 가. 분야 6 “운영기술능력” (6-5) “다수호기 동시사고 시 대응능력”

검증지침 허용기준

2. 수립된 사고대응전략, 주요 운전원조치, 주요 자원 등이 다수호기 동시사고를 고려한 경우에도 적절함을 제시해야 한다.
3. 다수호기 동시사고를 고려한 대응방안에 대한 실현가능성 평가는 운영기술능력 평가를 통해 적합하게 수행되어야 한다.

부지/노형을 고려한 허용기준

4. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를

수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

Ⅲ. 검토절차

검토자는 다수호기 동시사고 발생 시 수립된 사고대응전략, 주요 운전원조치, 가용 자원에 대한 사업자 평가결과와 타당성을 다음의 절차에 따라 서류검토, 질의, 현장점검 등을 통하여 확인하여야 한다. 또한, 본 스트레스테스트 검증지침서 “제 6.4절 인간공학 유효성” 에서 수행되는 운영기술능력 평가에서 다수호기 동시사고 상황을 고려한 운영대응 측면의 적합성을 확인한다.

1. 다수호기 동시사고 고려 시 수립된 사고대응전략의 적절성

검토자는 극한상황을 동반한 다수호기 동시사고 상황에서도 수립된 사고대응 전략이 이행 가능함을 확인한다.

가. 스트레스테스트 수행자는 다수호기 동시사고 상황을 고려하여 수립된 사고 대응전략에 대한 변경이 필요할 경우에는 기존에 검토된 사고대응전략을 재 평가해야 하며, 검토자는 이를 고려하여 적절성을 검토해야 한다.

나. 검토자는 호기 간 공용설비에 대해 사용 우선순위 등을 고려한 대응전략, 사용 주체, 책임 및 권한 등을 확인한다.

2. 다수호기 동시사고 고려 시 주요 운전원조치의 적절성

검토자는 극한상황을 동반한 다수호기 동시사고 상황에서도 수립된 사고대응 전략을 이행하기 위한 주요 운전원조치의 적절성을 검토한다.

가. 스트레스테스트 수행자는 다수호기 동시사고 상황을 고려하여 수립된 사고 대응전략에 대한 변경이 필요할 경우에는 기존에 검토된 주요 운전원조치를 재평가해야 하며, 검토자는 이를 고려하여 적절성을 검토해야 한다.

나. 다수호기 동시사고를 고려할 경우, 발생 가능한 인적오류 혹은 의사결정오류를 확인하고 이에 대한 대응방안을 확인한다.

3. 다수호기 동시사고 고려 시 가용한 자원의 적절성

검토자는 극한상황을 동반한 다수호기 동시사고 상황에서도 수립된 사고대응 전략을 이행하기 위한 주요 자원의 적절성을 검토한다.

가. 스트레스테스트 수행자는 다수호기 동시사고 상황을 고려하여 수립된 사고 대응전략에 대한 변경이 필요할 경우에는 기존에 검토된 소내·외 주요 자원, 조직 및 인력, 책임 및 권한 등을 재평가해야 하며, 검토자는 이에 대한 적절성을 검토해야 한다.

나. 검토자는 호기 간 공용설비에 대해 사용 우선순위 등을 고려한 대응전략 관련 절차서, 지침서간 연계, 조직 및 인력 등 충돌 가능성을 확인한다.

다. 검토자는 다수호기 조직 간의 의사소통 체계 및 이를 위한 설비의 가용성과 적절성을 확인한다.

부지/노형에 대한 고려사항

4. 부지 및 노형을 고려한 특이사항이 있을 경우, 검토과정 시 고려하여 검토를 수행하고 이를 평가결과에 반영한다.

IV. 평가결과

검토자는 수립된 사고대응전략, 주요 운전원조치, 주요 자원 등이 다수호기 동시사고를 고려한 경우에도 적절하고, 운영기술능력 평가를 통한 대응 측면의 적합성을 확인하고, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있도록 제출된 내용에 대하여 충분한 검토를 수행한 후 검증보고서를 작성한다.

1. 제출된 스트레스테스트 수행보고서에는 본 검증지침의 “I. 검토분야”에 해당되는 사항에 대하여 “II. 허용기준”에 따라 충분한 자료와 정보가 기술되었다.
2. 다수호기 동시사고 상황을 고려한 사고대응전략이 적절히 수립되었다.
3. 공용설비에 대한 대응전략, 사용 주체, 책임 및 권한, 사용 우선순위 등이 제시되었다.
4. 다수호기 동시사고 상황을 고려한 주요 운전원조치에 대한 평가 결과가 충분히 제시되었다.
5. 다수호기 동시사고 상황을 고려한 소내·외 주요 자원, 조직 및 인력, 책임 및 권한 등 주요 자원에 대한 평가 결과가 충분히 제시되었다.
6. 운영기술능력 평가에서 다수호기 동시사고 상황을 고려한 운영대응 측면의 적합성이 확인되었다.

검토자는 부지별, 노형별 특성에 따라 중점적으로 평가되어야 하는 사항을 확인하고, 검토 대상의 특성에 맞게 평가가 이루어졌는지를 검증보고서에 기술한다.

검토자는 검증을 통하여 추가적인 보완이 필요한 부분이 확인될 경우, 이에 대해 항목별로 안전개선사항 도출하여 검토결과에 명시한다.

V. 참고문헌

1. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제85조의19 “사고관리범위”제1항 제3호
2. 원자로서설 등의 기술기준에 관한 규칙, 제45조 “인적요소의 관리”
3. 원자력안전위원회고시, 제2016-2호“사고관리 범위 및 사고관리능력 평가의 세부기준에 관한 규정”

4. 원자력안전위원회고시, 제2016-3호 “사고관리계획서 작성방법에 관한 규정”
5. 한국원자력안전기술원, 2015, “고리원자력 1호기 스트레스테스트 검증보고서”, KINS/AR-1059
6. USNRC, 1997, “Integrated System Validation Methodology and Review Criteria”, NUREG/CR-6393
7. USNRC, 2002, “Human-System Interface Design Review Guidelines (Rev.2)”, NUREG-0700
8. USNRC, 2016, “Flexible mitigation strategies for beyond-design-basis events”, Regulatory Guide 1.226
9. NEI, 2011, “Assessment of On-Shift Emergency Response Organization Staffing and Capabilities”, NEI 10-5
10. NEI, 2012, “Guideline for Assessing Beyond Design Basis Accident Response Staffing and Communications Capabilities”, NEI 12-01
11. NEI, 2015, “Diverse and Flexible coping strategies (FLEX) implementation guide (Rev.1)”, NEI 12-06
12. IAEA, 2011, “A methodology to assess the safety vulnerabilities of nuclear power plants against site specific extreme natural hazards”
13. IAEA, 2015, “The Fukushima Daiichi accident report by director general”
14. EU, 2011, “EU Stress Tests Specifications”
15. ENSREG, 2012, “Peer review report: Stress tests performed on European nuclear power plants”
16. OECD/NEA, 2016, “Five years after the Fukushima Daiichi accident : Nuclear safety improvements and lessons learnt”
17. ANSI/ANS, 1994, “American National Standard Time Response Design Criteria for Safety-Related Operator Actions”, ANSI/ANS 58.8