

경주 지진과 원전 안전성 분석에 대한 새로운 접근

Woody Epstein

Curiss-Wright 아태지역 원자력안전&위험 총괄책임자



“

리스크라는 것은 우리 삶의 일 부라고 생각한다. 열린 마음으로 대화하고 토론해야 한다. 우리는 리스크가 존재함을 이해하고, 사고라는 것은 발생하기 마련이고, 기기는 고장나기 마련이고, 사람은 실수를 한다는 것을 이해해야 한다고 생각한다. 엔지니어들은 아주 쉽고 명료하게 실제로 아는 것이 무엇인지 또 모르는 것이 무엇인지 열린 마음을 갖고 공개할 수 있어야 한다.

”

2011.3.11 동일본 초대형 지진과 오나가와 원전 안전 영향

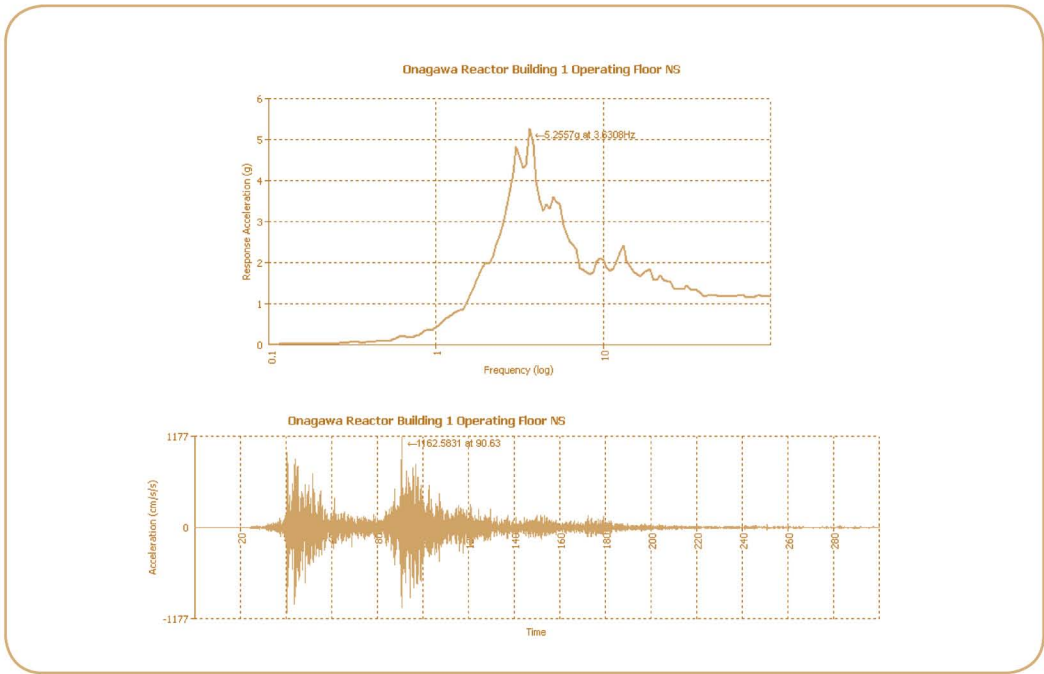
경주 지역의 지진을 분석하기에 앞서 먼저 일본 오나가와의 지진을 살펴본다. 오나가와, 후쿠시마 다이치, 도카이 2 등 세 곳의 원전이 2011년 3월 동 일본 지진에 의해서 영향을 받았다.

이 세 원전 가운데 오나가와 원전이 당시 진앙지에서 가장 가까운 곳에 위치해 있다. 주파수별로 응답 지반가속도 스펙트럼 그래프와 지반가속도의 타임 스토리 그래프를 보면 지진의 규모가 어느 정도였는지 가늠할 수 있다. 이로 볼 때 지진은 300초 이상 진행됐고 두 단층이 부딪치는 엄청나게 큰 규모의 지진이었다는 점을 알 수 있다. (<그림 1> 참조)

오나가와 지진은 다른 국가에서 있었던 대규모 지진과 비교해도 상당한 규모였다. 그렇다면 실제로 어떤 일이 있었는지 살펴볼 필요가 있다. 결론적으로 오나가와 원전에서 별다른 일은 없었다.

터빈 건물의 내부 철골 구조물이 조금 부러진 것 말고는 큰 영향이 없었다. 더욱이 터빈 건물은 안전 계통이 아니다. 지금의 새로운 행정동 지역도 지반의 침하가 약간은 있었지만 건물 자체에는 아무런 문제가 없었다. 기존 행정동, 탱크, 지상 설치물 등에도 큰 문제가 발생하지 않았다.

300초 이상 지진이 0.75g였기 때문에 상당히 흔들림이 있었겠지만 아무런 문제가 없는 것으로 확인됐다.



〈그림 1〉 오나가와 원전의 주파수별 응답 지반가속도와 시간대별 지반가속도

초강력 지진에도 오나가와 원전의 안전성 확인

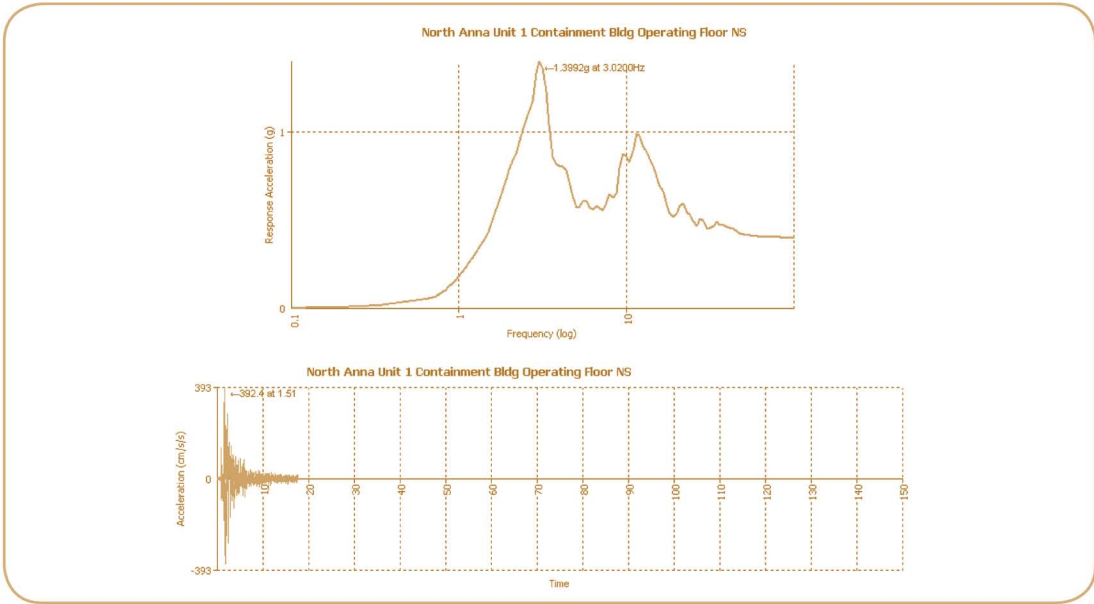
이처럼 오나가와 원전은 인근의 초강력 지진에도 안전성을 확보한 것으로 나타났다. 제어봉은 사고 시의 요구 기준대로 삽입됐고 노심 냉각도 정상적으로 이뤄졌다. 격납 건물의 건전성도 유지됐고 비상디젤발전기도 매뉴얼대로 잘 작동했다. 사용후핵연료 냉각도 잘 이뤄졌으며 전기 장치 손상도 없었다. 물탱크나 디젤 연료 탱크, 안전 계통과의 연결 배관 등에도 아무런 문제가 없었다.

오나가와 원전 비안전 계통의 경우에도 내진 성능은 지난 2008년 지진 이후 안전 계통 내진 설비가 개선됐기 때문이다.

2011.8.23 미국 버지니아 지진과 North Anna 원전 안전 영향

이제 일본 오나가와 원전과 비교하기 위해 미국의 경우를 살펴본다. 2004년 9월 28일 중앙 캘리포니아 지역에서는 규모 6.0의 지진이 발생했는데, 상당히 지진동이 심했던 것으로 기록됐다. 이어 2011년 8월 23일 중앙 버지니아 지역에서도 규모 5.8의 지진이 발생했는데, 2004년 중앙 캘리포니아 지진보다는 덜하지만 주민들이 상당히 놀란 것으로 보도됐다.

중앙 버지니아 지역 지진의 영향을 받은 North Anna 원전에 대해 오나가와 원전과 마찬가지로 주파수별 응답 지반가속도 스펙트럼 그래프와 지반가속도의 타임



〈그림 2〉 North Anna 원전의 주파수별 응답 지반가속도와 시간대별 지반가속도

스토리 그래프를 살펴본다. 이 그래프는 North Anna 원전 1호기의 격납건물을 대상으로 했는데 지진은 오래 진행되지는 않았지만 아마 0.25g 정도였던 것 같다.

North Anna 원전의 지진 영향

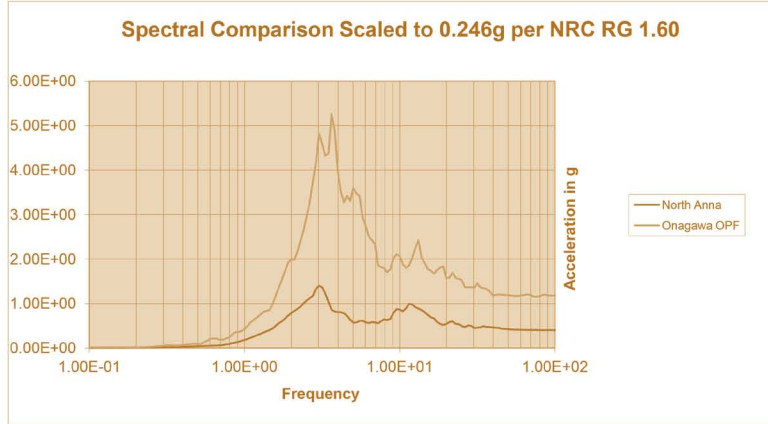
오나가와 원전과 마찬가지로 North Anna 원전에 대해 지진 영향을 살펴 본다. 당시 North Anna 원전을 독립적인 엔지니어들에게 개방해 조사토록 했다. 다른 원전 운영자도 아니고 국내 전문가들에게 객관적 조사를 실시토록 한 것이다.

물론 당시에 안전 정지 지진이 발생했지만 큰 문제는 없었던 것으로 나타났다. 부분적으로 미세한 균열과 뒤틀림이 있었지만 안전 계통에는 어떤 문제도 야기되지 않았다.

‘오나가와 vs. North Anna’ 비교 분석 결과와 의미

이제 오나가와 원전과 North Anna 원전 분석을 종합해 비교해 보면 의미 있는 결과를 제시할 수 있다. 이를 위해 두 원전의 주파수별 가속도 스펙트럼 분석 그래프를 합성해 보면 North Anna 원전의 그래프가 얼마나 작고 좁은지, 반면에 오나가와 원전의 그래프는 얼마나 크게 나오는지 곧바로 알 수 있다. 또 오나가와의 경우에는 응답 스펙트럼은 제한치가 있고 이는 North Anna 원전보다 높다.

특히 이로 볼 때 오나가와 원전이나 North Anna 원전 어느 곳에도 구조물 계통 기기(SSC)에 중대한 손상이 없었다. 따라서 월성이나 고리의 구조물 계통 기기도 오나가와 또는 North Anna 원전과 비슷하다면 월성이나 고리에서도 안전한 수준의 내진 여유도를 갖춰 별다



We know that no critical SSCs were damaged at Onagawa nor at North Anna. Therefore, if the SSCs at Wolsong or Kori are like Onagawa or North Anna, then we have good evidence that we have a safe seismic margin.

〈그림 3〉 ‘오나가와 vs. North Anna’ 지반가속도 주파수별 응답 스펙트럼 비교 분석

른 문제가 없을 것이라는 좋은 증거로 제시할 수 있다.

물론 독립적인 전문가들이 실제로 점검하는 것이 중요하지만 어떤 피해가 발생할 가능성이 매우 적다고 생각한다. 그렇기 때문에 이를 바탕으로 국민들이 원전에 대해 좀 더 안심할 수 있어야 한다고 생각한다.

오나가와-North Anna 비교 분석 자료 및 결과물의 메시지

오나가와 원전과 North Anna 원전을 비교 분석한 자료와 결과물은 의미심장한 메시지를 던진다. 우선, 원자력 규제 측면에서 볼 때 일본의 3.11 지진과 이에 따른 후쿠시마 원전 사태는 ‘초강력 지진 발생에도 엔지니어링 기준으로는 문제가 없다(earthquake engineering success)’는 분석을 가능하게 한다.

또 오나가와 원전은 여러 면에서 흔히 볼 수 있는 원전 유형으로 한국의 원전과도 비슷한 것으로 알고 있다. 따라서 우리는 이런 비교 분석 자료로 볼 때 높은 불확실성을 가진 줄 알면서도 안전 정치 지진을 개선하는 데 많은 비용을 쓰는 것보다는 이런 성공 사례와 실패로부터 획득한 데이터를 이용하는 것이 훨씬 중요하다고 생각한다.

지금 반복적으로 지진 관련 데이터가 상당히 많이 쌓여 있고 원전뿐만 아니라 석유 관련 정유 설비에 대해서도 지진 관련 데이터를 모두 보유하고 있다.

이런 데이터를 전부 분석한다면 지금 우리의 원전에 어떤 영향이 있을지를 우리의 원전 설계가 오나가와 원전과 얼마나 비슷한지, 단순히 알아보기만 하면 된다.

왜냐하면 오나가와에 ‘정말 큰 최대 규모의 지진(ultimate shake table)’이 닦쳤기 때문에 오나가와 원

전과 다른 원전 간의 비슷한 점을 우리가 많이 판별해낼 수 있다면 '내진 여유도 적합성 검토(Seismic Margins Adequacy Reviews)'로까지 지진 안전성을 거의 완벽하게 평가할 수 있다는 데 있다. 이런 조사를 시작한다면 우리의 원전도 그러한 큰 규모의 지진이 닥쳤을 때 안전할 것이라고 생각할 수 있다고 본다.

또 다른 안전 최고 위협 요소인 지진 유발 화재

한편으로는 지진에 의한 직접적 영향도 있지만 지진으로 유발되는 화재가 최고의 리스크를 가진 촉발 요인으로 작용할 수 있다는 데 주목해야 한다. 실제로 지진 때문에 화재가 발생했다. 예컨대 2011년 3월 11일 일본 지진으로 인해 치바현의 한 정유 공장에서 화재가 일어났다. 지진이 화학 시설이나 정유 시설에 영향을 미칠 때에는 일반 국민뿐만 아니라 국가적으로 큰 영향을 준다.

또 2007년 일본 가시와자키 가리와 원전에서 변압기에 화재가 난 적이 있다. 2011년 3월 11일 대지진 이후 오나가와 원전에서도 화재가 발생해 1호기에서 전력 상실로 이어졌고 어느 정도로 영향을 미친 것은 맞다.

원자로에는 직접 영향이 없었지만 보수적인 계통에 일부 문제가 있었다. 다른 예를 들면 소방수를 담고 있는 탱크가 높은 안전 등급을 보유하지 않으면서 지진이 발생했을 경우이다. 이는 탱크 손상으로 소방수의 손실로 이어지고 안전 시스템에 영향을 줄 수 있다.

가장 중요한 것은 국민과 직접적인 소통

무엇보다 안전 문제를 다루면서 가장 중요하게 여겨야 할 것은 국민과의 소통 문제이다. 예를 들어 보자.

2011년 3월 11일 후쿠시마 사태 이후 2012년 8월 국제 원자력기구(IAEA)의 관련 미션을 진행한 바 있다.

당시 신문은 'IAEA 점검 결과 오나가와 원전이 2011년 3월 11일 테스트를 통과했다'란 제목을 달았다. 특히 이 테스트 통과로 국민은 안심할 수 있게 됐다고 신문은 전했다. 한편으로는 IAEA를 통해 프로젝트를 진행, 독립적인 전문가 그룹이 내진 설계를 판단해 주는 것이 중요하다는 데 주목한다.

소통을 위해 먼저 경청하는 자세가 필요

특히 소통을 위해서는 먼저 경청하는 자세가 중요하다는 점을 결론적으로 강조하고자 한다. 가끔 주변에서 "안전하다는 것은 얼마나 안전해야지 안전하다고 얘기하는 것인가?"라고 묻는 사람이 있다. 이에 대해 개인적으로는 "바로 사람들이 충분히 안전하다고 느낄 때가 안전하다"고 답변한다.

일본이나 한국에서는 리스크를 그렇게 좋아하지는 않는 것으로 보이지만, 리스크라는 것은 우리 삶의 일부라고 생각한다. 열린 마음으로 대화하고 토론해야 한다.

우리는 리스크가 존재함을 이해하고, 사고라는 것은 발생하기 마련이고, 기기는 고장나기 마련이고, 사람은 실수를 한다는 것을 이해해야 한다고 생각한다.

엔지니어들은 아주 쉽고 명료하게 실제로 아는 것이 무엇인지 또 모르는 것이 무엇인지 열린 마음을 갖고 공개할 수 있어야 한다.

쌍방 간에 대화가 필요하다. 무엇보다 서로의 의견을 듣는 것부터 시작해야 한다고 생각한다. 누가 "우리가 듣기만 하면 어떻게 얘기할 수 있나요?"라고 물으면 "그게 바로 시작"이라고 답할 것이다. 🍌