

재해 Cycle에 대비한 선진 예방진단기술 조사

김동명\*, 임현수, 이한별, 김아름  
한전 전력연구원\*

A Study for Precautionary Measure against Natural Disaster in Power System

Dong Myung Kim\*, Hyun Soo Im, Han Byul Lee, Ah Reum Kim  
Korea Electric Power Corporation Research Institute\*

**Abstract** - 자연재해의 특징은 설계불량이나 조작실수 등과 같이 다른 고장과 달리 위험요인을 인위적으로 저감하는 것이 불가능하다. 또한 자연재해는 규모나 양상에 있어서 매우 다양하며 뇌의 경우 위치와 장소에 따라 피해강도는 1,000배 정도 다른 결과를 초래할 수도 있다. 이와 같은 특징을 가진 자연재해를 완전히 예방하는 것은 비현실적이다. 자연재해에 따라 피해를 위험도와 전력시스템의 취약성이 교차하는 영역에서 발생한다. 피해를 저감하기 위해서는 취약성을 감소시키고, 이 교차영역을 가능한 작게 하는 것이 기본개념이다.

은 북부 일본에서와 같이 철탑의 수명동안 최대 풍속이 서로 다르기 때문에, 지역적인 기상조건을 고려하고 확실적인 풍속을 추정하기 위해 태풍 시뮬레이션법을 개발하였다. 이것은 현재와 동일한 통계적 성질을 가진 태풍을 1만년간 발생시켜, 50년에 1번 조우하는 강풍(50년 확률의 강풍)을 정밀하게 추정하는 확률론적인 방법이다.

1. 서 론

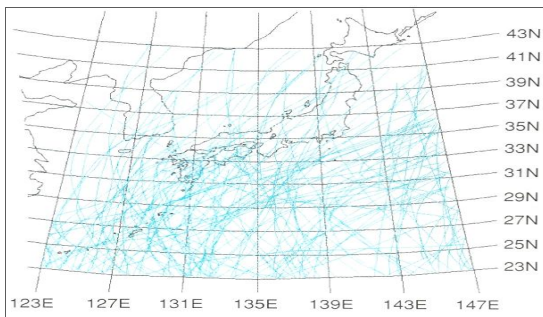
재해는 자연 발생적인가 혹은 인간이 만든 것인가에 따라 자연재해(natural disaster)와 인위재해(man-made disaster)로 구분한다. 일본에서는 전자를 재해, 후자를 사고·사건으로 칭하는 경우가 많다. 우리나라에서는 최근까지 법률적으로 자연재해를 재해, 인위재해를 재난으로 구분하여 정의하고 관리하여 왔다.

전력설비 재난안전 대응에 있어, 궁극적으로 추구하는 목적은 재해, 재난예방을 통한 설비의 안정도 향상 및 작업자 안전제고에 있다. 과거 안전의 정의는 “위험이 존재하지 않는 것”이었으나, ISO/IEC Guide 51(Safety aspects-Guidelines for their inclusion in standard, 1999년)에서 “수용할 수 없는 위험성이 존재하지 않는 것”으로 새로운 정의를 도입한 바 있다. 이에 따라 안전에 대한 접근방법도 새로운 개념으로 변화하여, 과거에는 재해를 야기하는 사고가 근본적으로 위험으로부터 초래되는 것이기 때문에 사고방지를 위해서는 단순히 현장에서 존재하는 위험을 통제한다는 개념을 적용하였지만, 현재에는 단순한 위험통제에 그치지 않고 “위험이 가지고 있는 위험한 정도”를 의미하는 위험성을 최소화하는 위험성 관리라는 새로운 접근방법이 도입되었다.

2. 본 론

2.1 재해 예측기술  
2.1.1 풍재해 예측기술

일본의 경우 과거 철탑은 전국을 일률적으로 풍속 40m/s의 강풍에 견디도록 설계되어 왔지만, 전기사업자의 자유적인 판단에 의해 지역특성을 고려한 풍속(40~63m/s)을 적용하였다. 이러한 이유로 매우 강한 태풍에 대해서도, 대부분의 철탑은 견전하였지만 특수지형에서 국지적 강풍에 의해 철탑을 손괴시킨 사례가 종종 발생하였다. 이에 대응책으로 일본 전력중앙연구소에서는 지형에 따른 풍속의 증가효과를 평가하기 위해 기류해석 모델을 개발하여 송전용 철탑의 내풍설계에 반영하고 있다.



<그림 1> 시뮬레이션에 의한 태풍 이동경로 일례

또한 태풍의 상습지역인 큐슈지방과 태풍의 영향이 비교적 적

2.1.2 호우재해 예측

집중호우, 홍수범람, 토사재해 등에 의해 설비 피해가 발생하기 때문에 강우량의 예측은 중요한 과제가 되고 있다. 산에 내린 비의 일부는 기슭으로부터 직접적으로, 혹은 토양 속으로 이동하면서 하천으로 흘러들어간다. 또 식물 표면에 포착된 비나 토양 표면의 수분은 증발하여 대기로 발산되며, 토양중의 수분은 식물의 뿌리가 흡수하여 잎의 기공으로 나온다. 이와 같은 원리를 이용하여 산에 내린 비가 하천에 흘러들어오는 유량을 예측하는 모델(이하 출수 모델)을 개발하고 있다. 이 모델의 큰 장점은 식물의 효과를 상세하게 고려하고 있는 것과 강우와 강설을 구별할 수 있다는 것이다.

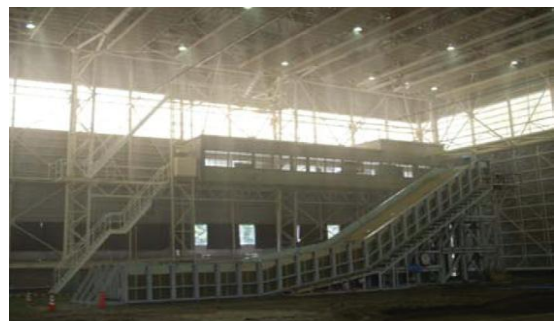
일본에서는 강설이나 융설 출수가 있는 동북지방과 태풍이나 장마에 의한 호우가 있는 큐슈지방 하천을 대상으로, 과거 10년간의 출수 계산을 실시하여 출수모델의 타당성을 검증하였다. 한편 홍수 등을 일으키는 많은 비에 대해서는 하천유량과 수위의 예측은 신속·정확한 피난대책과 복구대책에 필요한 정보가 된다. 전력설비에 있어서도 침수피해를 받는 경우가 있어 해저드맵(hazard map) 등을 활용할 필요가 있다.

2.1.3 뇌재해 예측

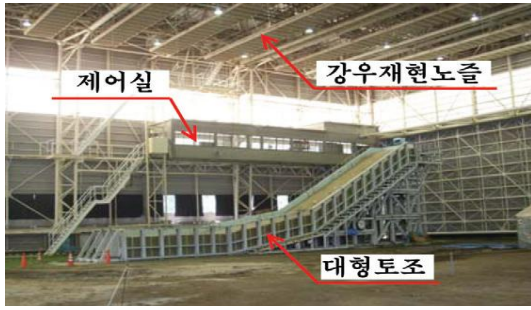
뇌의 피해를 예방하기 위해서는 우선 뇌의 성상을 인지할 필요가 있지만 발생 시간이나 장소를 정확히 예측하는 것은 매우 어렵다. 일본의 기상자료에 의하면 동계 뇌에서는 높은 구조물에서 하늘로 향하는 뇌의 형태가 빈번히 발생하며 뇌의 에너지도 하계의 뇌에 비해 큰 것으로 조사되고 있다. 이러한 근거에 의하면 동계 뇌에 의한 피해 가능성이 하계의 뇌보다 크다는 것이며 내피설계 시 특별한 배려가 필요하다. 내피설계에서 중요한 것은 뇌의 발생회수인데, 과거에는 관측된 뇌우일수로부터 대지 뇌격밀도가 추정하였지만 최근 대지뇌격 시에 방사되는 전자계로부터 낙뢰지점을 추정하는 시스템을 개발하여 활용하고 있다.

2.1.4 비탈면 토사 붕괴예측

일본의 방재과학기술연구소에서는 강우에 의한 비탈면의 파괴형상 및 원인을 파악하기 위해 투명한 유리로 제작된 철제 토조를 설치하고, 인공토사 속에 계측기를 설치한 후 강우가 지속됨에 따른 비탈면의 형상 변화를 모니터링하여 비탈면의 붕괴 메커니즘을 연구하였다. 실제 강우와 동일한 조건을 구현한 결과, 비탈면 토체의 간극수압이 증가하고 포화상태에 이르러 최종적으로 비탈면이 붕괴되는 것으로 조사되었다.



<그림 2> 일본의 대형 강우실험시설

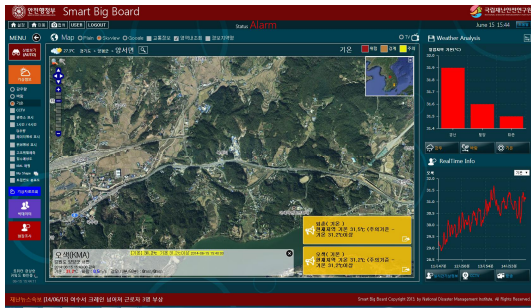


〈그림 3〉 일본의 대형 강우시험 시설 및 강우재현 현황

실험 데이터는 알은 토층의 산사태 발생시간, 영향 범위와 위험도를 예측하는 자료로 활용하고 있다.

### 2.1.5 기후 예측

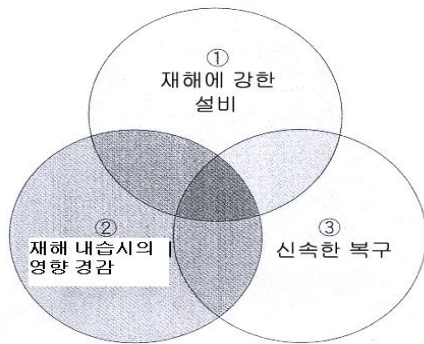
국내 국립재난안전연구원에서는 스마트 빅보드(Smart Big Board)를 활용, 기상자료, 해양자료, SNS 자료 등을 실시간 수집하여 재난을 경보하고 재난을 예측분석하고 있다. 이러한 스마트 재난관리는 ICT 기술과 빅데이터 분석을 통한 첨단 재난관리 기법으로 Smart Technology와 지리정보 Mapping, Big Data 분석을 기반으로 실시간 현장 상황접속, 유관기관 정보분석, 빅데이터 트윗 및 과거 재난비교 분석을 수행하여 재난전조를 예측하고 대응할 수 있는 기술이라 할 수 있다.



〈그림 4〉 국립재난안전연구원의 스마트 빅보드

## 2.2 재해 대응기술

전력설비에 있어 재해대응의 패러다임은 과거의 '강한 설비'에서 'Scientific Prediction', 'Real-time Monitoring', 'In-time Operation' 등으로 변하고 있다. 즉 재해 예방활동은 '재해감소·예방' 대책을 수립하고 '사전절차'에 따라 준비하고 재해 발생 시는 '긴급대응·복구'에 노력하는 방재 사이클의 회전에 주안점을 두고 있다. 일본에서는 재해로부터 사회의 상황이나 요청에 대응한 방재를 고도화 하고 취약성을 감소시키는 의미를 '방재 스파이럴(spiral)'이라 한다. 전력사업에 있어서 자연재해 대응에 대한 기본적인 개념은 <그림 5>와 같이 표현할 수 있다.



〈그림 5〉 자연재해의 대응(전력사업)

### 2.2.1 재해에 강한 설비

재해에 대한 피해를 줄이기 위해서는 우선 재해에 견디는 설비로 건설하는 것이 하나의 중요한 대응이 된다. 합리적인 설계의 지침으로는 재해가 내습하였을 때 주요 영향인자로 인명과 정전으로 분류한다. 대응설계 외 전력설비에 있어서는 자연재해의 정도, 각각의 기준만족도 평가

를 실시하고 동시에 경제적 가치를 고려할 필요가 있다.

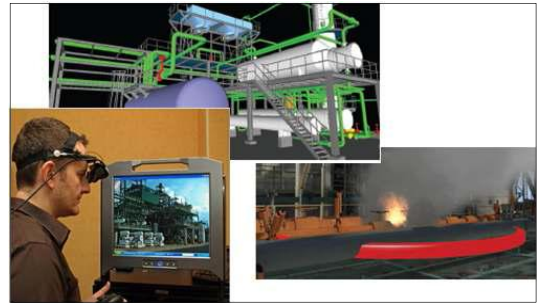
### 2.2.2 재해 내습시의 영향 경감

전력공급 네트워크에 대해서는 backup의 기본 방안으로 1개의 송전선비가 공급이 정지되더라도 지장이 발생하지 않도록 설계하고 있다. 이것은 신뢰도를 확보를 위한 기준으로 불리지며, 세계적으로 표준 방안이 되고 있다.

예지가 가능한 자연현상, 예를 들면 태풍의 접근이 예상되는 경우 변전소 등에서는 사전에 애자 세팅 등을 실시하여 염해 피해로부터 예방이 가능하다. 또 뇌에 의해 송전선이 정지할 가능성이 높은 경우에는 뇌위치 추정시스템의 정보를 바탕으로 조류 조정 등을 실시하여 송전선이 복수로 정지하여도 계통공급이 가능케 할 수 있다. 그러나 무엇보다도, 사고를 상정하여 긴급 시 대응훈련을 시뮬레이터를 이용하고 정기적으로 실시하여 사고시의 영향을 경감할 필요가 있다.

### 2.2.3 사고 대응 시뮬레이터 기술

설비운영 시 발생 가능한 사고를 예측, 산정하고 사고발생 시 피해의 최소화, 신속한 정상화를 위한 훈련과 그에 대한 평가를 통하여 사고에 대처할 수 있는 능력을 향상시키고 올바른 대응방안 체제를 갖추는 기술로, 설비운영자가 응급 또는 이상상황에 대처할 수 있는 능력 즉 사고 대응능력을 확보하여 전력설비의 안전도를 향상시키기 위한 기술이다. 국외의 경우, 화재진압 및 대피훈련을 위한 가상현실 기반시스템을 개발하여 작업자 또는 운영자를 위한 훈련용 가상현실시스템에 활용하고 있다. 또한 대형사고시 인명구조 및 피난을 위한 대피(evacuation) 시뮬레이션은 안전사고 시뮬레이션과 별도로 연구되고 있다. <그림 6>는 미국 인베시사사의 가상 증감현실 기술을 적용한 EYESIM(Eye Sight Simulation)시스템을 보여 주고 있다.



〈그림 6〉 EYESIM 시스템

## 3. 결 론

본 연구에서는 전력설비에 있어 자연재해 대응에 대한 패러다임의 변화에 따라 자연재해에 따른 피해를 저감할 수 있는 한 저감하고 선제적 대응을 위해 최근 자연재해 예측 및 대응 기술동향을 파악하였다. 이러한 일련의 기술개발 및 적용을 재해, 재난예방을 통한 설비의 안정도 향상 및 전력산업에 종사하는 작업자들의 안전제고에도 기여할 수 있을 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "가공 배전설비의 풍속적용 및 내오손기준 정립에 관한 연구", 2008
- [2] EPRI, "Power Delivery System and Electricity Markets of the Future", 2003
- [3] 안전행정부, "재난에서 재난을 배우다", 2014.10