

765kV 가스절연 개폐장치의 지진응답스펙트럼 해석

황경민, 장정범, 김정기, 서용표, 이근직
한국전력공사

Seismic Response Spectrum Analysis of Gas Insulated Switchgear for 765kV Substation

Hwang Kyeong-Min, Jang Jung-Bum, Kim Jeong-Kim, Suh Yong-Pyo, Lee Guen-Jig
Korea Electric Power Corporation

Abstract - 최근 한반도 및 그 주변에 중소규모 이상의 지진이 빈번히 발생하고 있으나, 국내 대부분의 변전설비들은 내진설계개념을 적용하지 못하고 있는 실정이다. 특히 765kV 변전설비는 산업적, 경제적으로 중요한 국가설비이므로 전력공급 중단을 막기 위해 내진성능확보가 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 765kV 변전소 내 대표설비인 가스절연 개폐장치를 대상으로 내진성능평가를 수행하였으며, 그 결과 지진에 일부 취약한 부위가 발견되어 내진성능개선을 위한 보강이 필요한 것으로 나타났다.

변전설비 내진설계기준에 따르면, 765kV 변전설비는 내진 1등급으로 분류되고 붕괴방지수준의 설계지진 응답스펙트럼이 적용된다.

2.2.2 부지의 지반분류

대상 765kV 변전소 부지의 지반등급을 결정하기 위하여, 지질조사 보고서에 제시된 표준관입시험 결과를 통하여 지반강도를 구하였다. 상부 30m에 대한 평균 지반특성을 기준으로 할 때, 본 대상 부지는 S_B 등급 이상의 단단한 암반지반으로 분류된다.

2.2.3 지진응답스펙트럼

GIS 설비의 내진성능평가를 위한 지진응답스펙트럼은 대상 변전소의 지반특성을 나타내는 S_B 지반에 대해 도출하였고, 각 설비에서 나타날 수 있는 2%, 3%, 5%, 7%, 10%의 감쇠비를 고려하였다. 그림 2는 평가 대상 변전소의 지진응답스펙트럼을 도시하고 있으며 영주기 가속도는 0.154g임을 알 수 있다.

1. 서 론

1990년대 이후, 한반도 주변국가인 대만, 일본, 중국 등에서 대규모 지진으로 인하여 전력설비에 큰 피해가 발생한 바 있으며, 국내에서도 영월지진(1996년), 경주지진(1997년), 울진지진(2004년), 오대산지진(2007년)과 같은 중소규모의 지진활동이 증가추세에 있어, 정부 및 산업계는 전력설비와 같이 지진피해 발생 시 파급효과가 큰 주요 산업설비에 대한 체계적인 대책마련에 힘쓰고 있다.

특히, 765kV 변전설비는 기존 154kV 및 345kV 변전설비에 비하여 산업적, 경제적 측면에서 중요성이 매우 큰 설비이며, 지진피해 발생 시 변전설비의 가동 정지로 인한 전력공급의 중단 등이 초래하는 2차적 파장은 사회 전반에 걸쳐 더욱 증폭될 것으로 예상되므로, 체계적인 내진성능평가를 수행하여, 향후에 발생가능한 지진에 대비할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 2001년에 수립된 '송변전설비의 내진설계기준'을 적용하여 현재 운영중인 765kV 변전소 내 대표적인 변전설비인 가스절연 개폐장치의 내진성능을 평가하였다.

2. 본 론

2.1 내진성능평가 대상설비

본 연구에서는 지진발생중 또는 후에도 765kV 변전소의 고유기능을 수행하는데 필요한 핵심기기를 내진성능평가 대상으로 선정하였으나, 본 논문에서는 그 중에서도 765kV 변전설비가 대부분 포함되어 있는 가스절연 개폐장치(Gas Insulated Switchgear, 이하 GIS)를 평가대상으로 하였다.

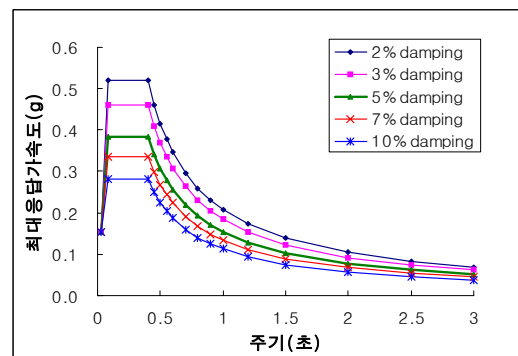


<그림 1> 765kV 변전소 내 GIS 설비

2.2 지진응답스펙트럼

2.2.1 내진성능평가 기준

본 연구에서는 GIS 설비의 내진성능을 평가하기 위한 평가기준 지진 응답스펙트럼으로서 한국전력공사가 2001년에 수립한 '송변전설비 내진설계기준'에서 제시하고 있는 표준설계 응답스펙트럼을 적용하였다. 송



<그림 2> 평가대상 변전소 부지의 지진응답스펙트럼

2.3 지진응답해석

2.3.1 현장확인조사

대상설비를 모사할 수 있는 내진해석모델을 구축하기 하기 위하여 대상 변전소에 대한 현장확인조사를 실시하였다. GIS 설비는 주변압기를 사이에 두고 크게 800kV GIS 라인과 362kV GIS 라인으로 구분되었으며 벨로우즈가 라인 주요 부위에 설치되어 있었다. 또한 765kV 변전소 내 GIS 설비 및 부속설비들은 금속제 탱크의 수납된 형태로, 구조특성 상 지지대의 위치와 강성이 서로 다를 뿐만 아니라 고정지점과 활동지점이 고루 배치되어 있어 지진하중 하에서 취약한 설비로 나타날 가능성이 있는 것으로 확인되었다.

따라서, 이러한 설비의 특성을 감안해서 해당 변전소를 대표할 수 있는 특정 GIS 라인을 선정하고, 이를 내진해석모델화 하였다.

2.3.2 내진해석모델

765kV 변전설비들은 일체로 통합된 하나의 관 형태로 연결되어 있어 지진 하에서 이웃한 변전설비 간에 상호작용이 발생하기 때문에, 이를 고려하여 주요 설비를 포함하는 전체 GIS 설비에 대한 내진해석모델을 구축하였다. GIS는 벨로우즈를 경계로 좌우측 설비가 상호 영향을 미치지 않기 때문에 벨로우즈를 경계로 내진해석모델을 구분하여 대상 변전소의 800kV 라인에서 6개, 362kV 라인에서 3개의 내진해석모델을 구축하였다.

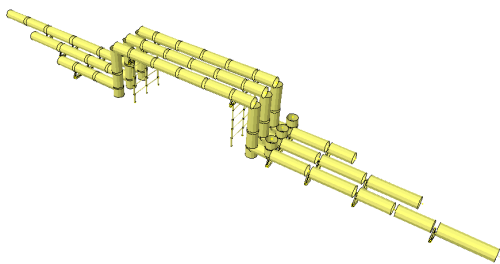
내진해석모델은 해당 설비위치에 절점을 두어, 보 요소를 이용한 집중

질량모델을 사용하였고, 기기 및 지지구조물의 중량은 자중으로 간주하였다. 전체 GIS 라인의 감쇠비는 5%로, 프레임 지지대의 지지조건은 고정단으로 가정하였다.

본 논문에서는 800kV 및 362kV GIS 라인의 대표적인 내진해석모델에 대한 지진응답해석결과를 나타내었으며, 이 내진해석모델은 그림 3과 같다. 표 1은 내진해석모델 구축 시 반영된 재료의 특성을 나타내고 있다.

<표 1> 재료특성

설비명	재질	탄성계수 (kgf/cm ²)	단위중량 (10 ⁻³ kgf/cm ³)	항복응력 (kgf/cm ²)
2000A GIB	SS400	2,038,900	7.833	4,100
8000A GIB	A5083	724,000	2.660	2,800
CB	STS304	2,038,900	7.833	4,100
DS	A5083	724,000	2.660	2,800
PT	A5083	724,000	2.660	2,800
프레임 지지대	A36	2,038,900	7.833	2,500
지지볼트	SS400	2,038,900	7.833	4,100

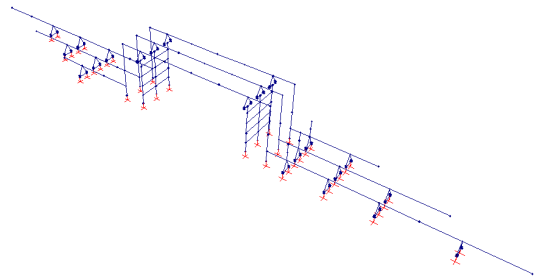


a. 800kV GIS

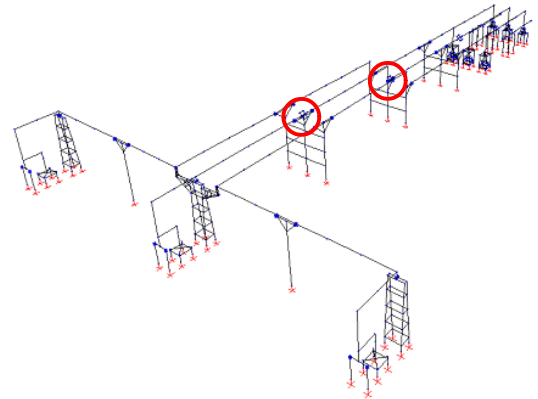


b. 362kV GIS

<그림 3> GIS 설비의 내진해석모델



a. 800kV GIS



b. 362kV GIS

<그림 4> GIS 지지부의 내진성능평가

3. 결 론

765kV 변전소는 21세기 국내 주간선 전력계통망의 중추적인 역할을 수행하도록 계획된 것으로서 산업적, 경제적 측면에서 매우 중요한 시설물이다. 따라서, 본 연구에서는 송변전설비 내진설계기준을 적용하여 지진하중에 대해 현재 운영중인 대표적인 765kV 변전설비를 대상으로 내진성능평가를 수행하였다.

그 결과, 765kV 변전소 내 주요 변전설비들은 지진응답스펙트럼의 가속도 증폭구간에 놓여, 지표면 최대 가속도보다 큰 지진가속도를 받고 있음을 알 수 있었다. 그리고, 765kV 변전설비는 GIS에 의해 일체로 연결되어 있어서 GIS 및 각 설비 간에 지진응답 상호작용이 발생하는 특성을 지니고 있다. 그러므로, 이러한 설비의 특성을 반영하여 내진해석 모델을 구축하고 지진응답스펙트럼해석에 의해 GIS 설비의 내진성능평가를 수행한 결과 일부 변전설비 지지부에서 구조적 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

따라서, 지진발생 시 765kV 변전설비의 기능을 정상적으로 유지하기 위해서는 일부 변전설비 지지부의 내진성능 개선이 필요한 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 전력연구원, “송변전설비 내진설계기준 설정 연구”, 2001
- [2] United States Department of Energy, “Seismic evaluation procedure, 1997
- [3] 한국전력공사 전력연구원, “지진발생 시 765kV 변전설비의 내진성능평가 및 안전조치기술 개발”, 2007

2.4 내진해석결과

2.4.1 모드해석

내진해석모델의 적정성과 해석방법을 결정하기 위하여 모드해석을 수행하였다. 그 결과, 주요 고유진동수가 1-10Hz로서 연성거동을 함에 따라, 본 평가대상 설비는 증폭된 지진가속도의 영향을 받는 것으로 나타났다. 이에 따라 응답스펙트럼해석을 수행하였다.

2.4.2 GIS 지지부의 내진성능평가

설계자료 및 현장확인조사에 의하면, GIS 설비에 연결되어 있는 각 기기들은 강성이 크고 보수적으로 설계되어 있기 때문에 본 연구에서는 GIS 설비 및 기기를 지지하거나 고정하고 있는 앵커볼트의 안전성을 주요 평가관점으로 두었다.

평가결과, 대부분의 변전설비 지지부는 높은 안전율을 지니 구조적 안전성을 확보하였으나, 그림 4의 원호 안에 위치하는 일부 362kV GIS 변전설비 지지부가 지진에 취약한 것으로 나타나 내진성능의 개선이 필요한 것으로 판단된다.