

72.5kV 가스절연차단기(Gas Insulated Switchgear)의 내진해석

이성호, 조상순, 강성모, 안길영, 방재동, 민길식, 최종웅, 윤시수
LG산전, 철도청 고속철도본부

The Seismic Analysis of 72.5kV Gas Insulated Switchgear(GIS)

S.H. Lee, S.S. Cho, S.M. Kang, K.Y. Ahn, J.D. Bang, K.S. Min, J.W. Choi, S.S. Yoon
LG Industrial Systems, Korean National Railroad

Abstract - In order to evaluate the structural safety from an earthquake, the seismic analysis of large structures such as GIS in electric power substations and equipments for nuclear power plant has been carried out because the seismic qualification by experiment is very expensive. This paper presents the seismic analysis of the 72.5kV GIS produced by LGIS. The finite element model of the GIS is developed and analyzed using ANSYS. The model consists of beam elements for the enclosures and mass elements for the conductors and the mechanisms. Using the transient analysis under seismic load, the structural safety is verified.

를 더욱 크게 함으로서, 가장 가혹한 조건에서 내진해석을 실시하였다. 따라서 본 해석에서 내진성능이 확보되면 GIS 전체 Layout을 고려해 볼 때 당사 72.5kV GIS는 내진에 대한 안정성이 더욱 크다고 할 수 있다.

따라서 그림2와 같이 당사의 72.5kV GIS를 모델링하였으며, 탱크부 및 Structure부는 Beam요소를 사용하고 조작기 및 내부도체의 질량 및 무게중심을 실제와 동일하도록 하기 위해 Mass요소를 사용하였다. 또한 경계조건은 GIS의 Base, Pole support와 매립 Base의 용접부는 모든 자유도를 구속 하였다.

1. 서 론

최근 들어 산업기반설비의 하나인 변전기기는 수요의 증대와 과밀화에 따른 설비의 대형화 및 용지사정에 따른 입지조건이 악화됨에 따라 전력의 안정적 공급에 대한 필요성이 대단히 중요한 문제로 대두되고 있으며, 전력설비의 신뢰성 향상에 대한 과제의 하나로서 내진 성능 확보가 중요한 과제로 떠오르고 있다[1].

내진 성능의 확인 방법은 크게 내진시험과 내진해석의 2가지 방법이 있으나, GIS(Gas Insulated Switchgear)와 같이 큰 기기를 시험하기 위해서는 완제품을 미리 만들어야 하는 경제적인 문제가 있으며, 또한 대부분의 내진 시험설비가 GIS보다 작기 때문에 완제품을 시험 하기에는 많은 어려움을 갖고 있다. 따라서, GIS의 경우 내진 해석을 통해 지진에 대한 내진 성능을 확보하고, 구조적 안정성을 파악하는 것이 일반적인 방법이다.

본 연구에서는 철도청의 구로변전소에 설치되는 당사 72.5kV GIS의 내진 성능확인을 위해 구조해석 프로그램인 ANSYS를 이용한 시가력 해석을 실시하여 지진에 대해 각 부의 강도를 평가하고 구조적 안정성을 확인하고자 한다.

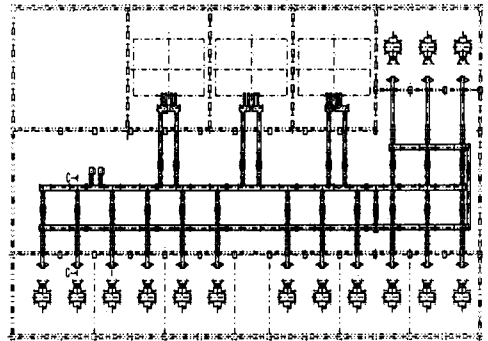


그림 1. 72.5kV GIS의 Layout

2. 본 론

2.1 72.5kV GIS 내진해석 모델

그림1은 철도청의 구로변전소에 설치되는 당사 72.5kV GIS의 전체 Layout이고, 그림2는 구로변전소 GIS Layout중 급회 내진해석을 실시한 GIS 1Bay이다. 실제 변전소에 설치되는 GIS는 그림1과 같이 구성되나, 그림 2와 같이 1Bay만을 모델링을 하여 내진해석을 실시한 이유는 가장 가혹한 조건에서 내진 성능이 확보되면 변전소 전체 GIS의 내진성능은 더욱 안전하기 때문이다. 즉 변전소에 설치되는 GIS는 모선 및 분기모선과 GIS의 각Feeder가 연결되어 GIS 전체를 지지 및 고정하는 구조이나, 급회 내진해석 시에는 GIS 1Bay만을 대상으로 모선과 분기모선 양측의 경계조건을 자유상태로 가정하여, 내진해석시 지진에 의한 GIS의 변형 및 stress

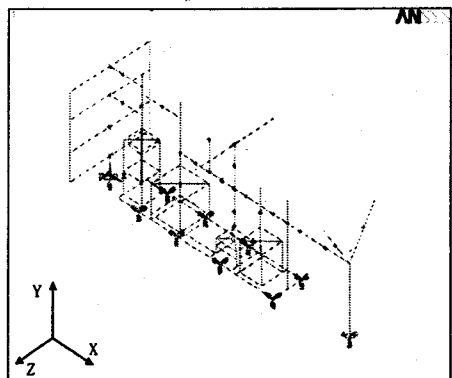


그림 2. 유한요소 모델 및 경계조건

2.2 고유치 해석결과(Modal Analysis Results)

진동을 하고 있는 구조물이 있을 경우, 구조물의 운동 방향과 동일한 방향의 임의의 외력에 의해 구조물이 가장 자유롭게 운동하는 구조물 고유의 방향과 특성이 있는데, 이를 각각 고유 모드(Mode)와 고유 진동수

(Natural Frequency)라 부른다. 고유모드는 구조물이 자유 진동할 수 있는 일종의 고유형상이며 주어진 형상을 변형시키기 위하여 소요되는 에너지가 가장 작은 것부터 순차적으로 1, 2, 3... 모드가 결정된다.

본 GIS의 고유치 해석결과는 아래의 표1과 같으며, 각각의 진동모드는 그림3~6과 같다.

모드 차수	고유진동수(Hz)	방향
1	9.28	Z
2	12.62	Z
3	18.51	X
4	20.46	Z

표-1 고유진동수 및 진동모드

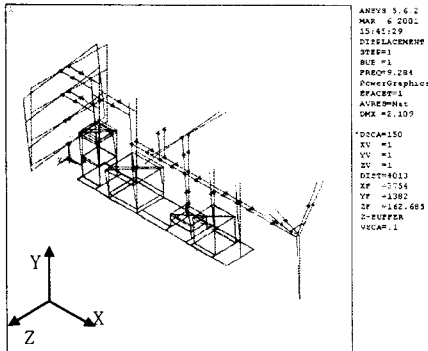


그림 3. 1차 진동모드(9.28Hz, Z)

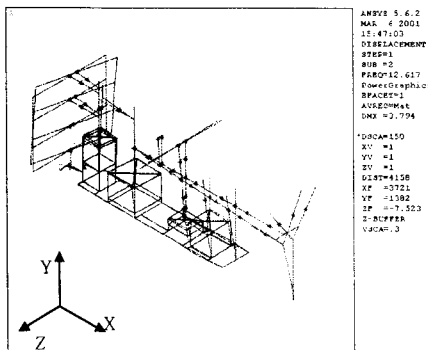


그림 4. 2차 진동모드(12.62Hz, Z)

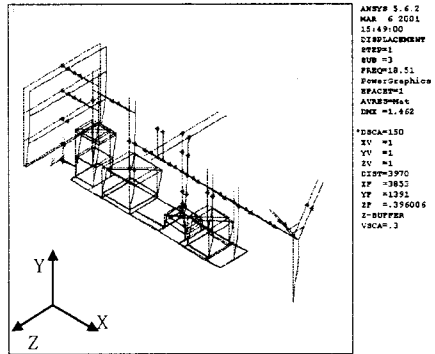


그림 5. 3차 진동모드(18.51Hz, X)

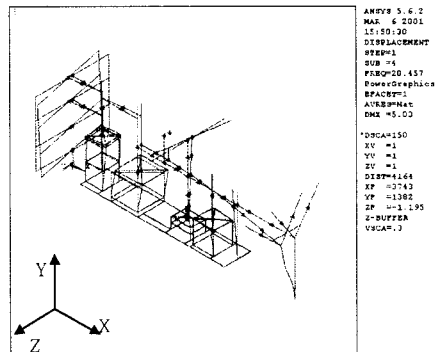


그림 6. 4차 진동모드(20.46Hz, Z)

2.3 시각력 응답해석결과(Transient Analysis Res)

일본의 변전기기 내진에 관한 연구결과에 의하면, 감쇄정수를 5%로 하여 각 지진파형에 대한 기기의 공진가속도를 구한 결과, 실 지진 파형의 최대 응답치가 0.3G, 공진정형 2파의 최대 응답치를 상회하는 것이 약간 존재하지만, 0.3G, 공진정형 3파에 대한 최대 응답치 이상의 것은 거의 없다고 보고되어 있다. 따라서 본 해석에서는 0.3G, 공진정형 3파와 감쇄정수 5%를 입력조건으로 하였다[2][3].

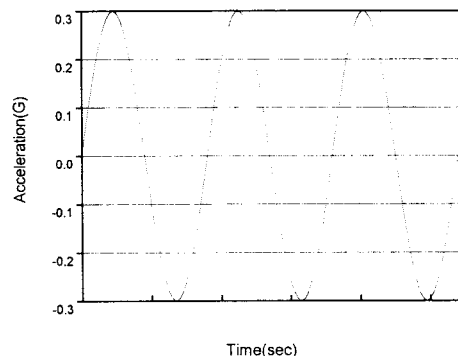


그림 7. 입력 지진파 (0.3G, 공진정형 3파)

그리고 일반적으로 지진파의 주파수는 0.5~10Hz의 범위에 있다고 알려져 있지만, 당사의 72.5kV GIS의 내진해

석은 가장 큰 영향을 주는 3개의 모드와 10Hz의 지진파에 대해서 해석을 실시하였다.

각 모드 및 10Hz에 대한 시각력 응답해석결과, 1차 모드에서 최대값이 발생하였고 그림 8~10과 같이 최대변위와 최대응답가속도는 2DS/ES/CT Unit 상부에서 각각 7.8mm, 2.7G가 발생하였으며, 최대응력은 차단기Unit의 Frame부에서 13.10kgf/mm²가 발생하였다. 또한 고유치 해석결과와 고유진동수와 방향을 지진파의 입력조건으로 사용하였기 때문에 공진현상이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

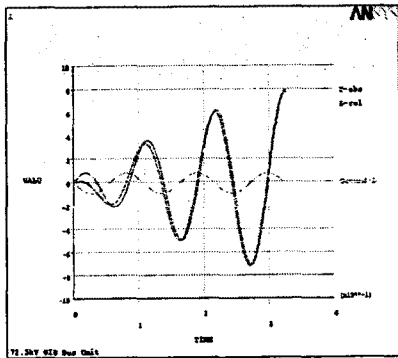


그림 8. 변위의 시간이력(9.28Hz-Z)
:2DS/ES/CT Unit 상부

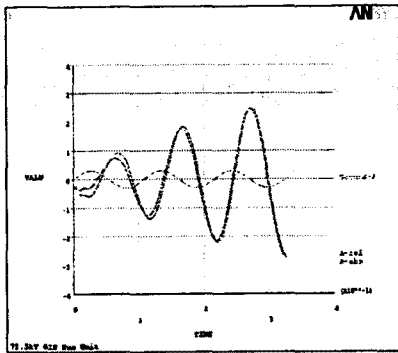


그림 9. 응답가속도의 시간이력(9.28Hz-Z)
:2DS/ES/CT Unit 상부

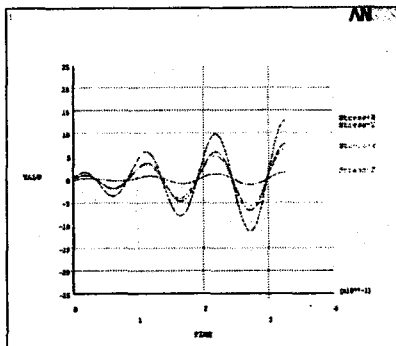


그림 10. 발생응력의 시간이력(9.28Hz-Z)
:차단기 Unit Frame부

3. 결 론

이상과 같이 당사의 72.5kV GIS에 대하여 내진해석을 수행하였으며, 결론은 아래와 같다.

- (1) 0.3G, 공진정현 3파의 지진파에 대한 최대변위는 2DS/ES/CT Unit의 상부에서 약 7.8mm 발생하였다.
- (2) 0.3G, 공진정현 3파의 지진파에 대한 최대 응답 가속도는 2DS/ES/CT Unit 상부에서 약 2.7G가 발생하였다.
- (3) 0.3G, 공진정현 3파의 지진파에 대한 최대 발생 응력은 차단기 Unit의 Frame부에서 발생하였으며, 그 값은 13.1kgf/mm²으로 재료의 허용강도에 대한 안전율은 1.83이다.

따라서 당사 72.5kV GIS는 0.3G, 공진정현3파의 지진파에 대하여 과대한 변위, 응답가속도 및 응력이 발생하지 않으므로 기계적으로 충분한 강도를 갖고 있다. 또한 본 해석결과는 GIS 1Bay만을 모델링하고 모선과 분기모선 양측의 고정조건을 자유 상태로 가정하여, 지진파에 의한 GIS의 변형 및 응력을 더욱 크게 하여 해석하였으므로 실제 변전소에 설치된 GIS의 내진성능은 더욱 안전하다고 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] E. Thuries, A. Girodet, E. Serres, F. Mees, J. M. Willieme, "Seismic Behavior of "Candle" Type SF6 Outdoor Circuit Breakers and Associated SF6 Insulated Current Transformers," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 4, pp. 2100~2108, 1989
- [2] 日本電氣技術規格委員會, "電氣技術指針 發变电編- 變電所等における 電氣設備의 耐震設計指針", JEAG 5003-1999
- [3] 變電機器耐震設計專門委員會, "變電機器의 耐震設計", 電氣協同研究, 第34卷, 3号, 1978