

지진중폭현상을 고려한 철골구조 내 부싱의 내진성능평가

장정범¹⁾, 김정기¹⁾, 황경민¹⁾, 권기주¹⁾, 안재후²⁾
 1) 한국전력공사 전력연구원, 2) 한국수자원공사

Seismic Capacity Evaluation of Bushing on the Steel Structure with Earthquake Amplification

Jang Jung-Bum¹⁾, Kim Jeong-Ki¹⁾, Hwang Kyeong-Min¹⁾, Kwon Ki-Joo¹⁾, Ahn Jae-Hu²⁾
 1) Korea Electric Power Research Institute of KEPCO, 2) Korea Water Resources Corporation

Abstract - 부싱은 지진에 취약한 전기설비 중의 하나이며, 이들 부싱은 특히 다른 전기기기 또는 철골 구조체에 설치되어 기기 또는 구조체의 지진중폭현상에 의한 증가된 지진가속도를 받게 된다. 따라서, 본 연구에서는 철골 구조체에 설치된 부싱을 대상으로 지진중폭현상을 규명하고, 이를 고려한 철골 구조체와 부싱의 내진성능을 평가하였다.

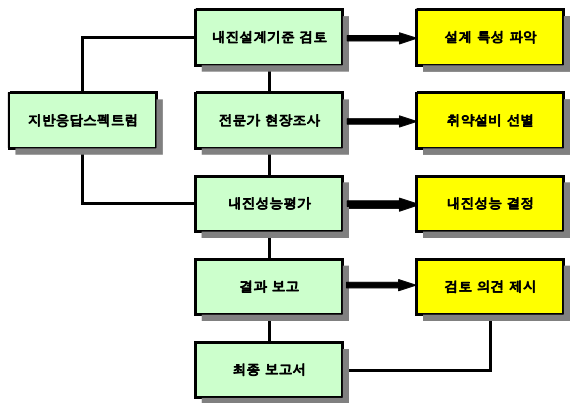
년의 지진 지반운동으로서 일반적으로 내진성능평가 시 국내,외에서 널리 적용되는 평가기준지진이다. 그림 3은 각 감쇠비 별 평가지진 응답스펙트럼을 보여주고 있다.

1. 서 론

우리나라는 역사기록에 의하면 삼국시대 이래 피해를 수반한 강진이 약 40회 이상 발생하였고, 20세기에 들어서 지리산지진(1936년), 홍성지진(1978년), 영월지진(1996년), 경주지진(1997년), 및 오대산지진(2007년)과 같은 중소규모의 지진이 발생함에 따라 인명과 사회-경제시스템에 큰 피해를 초래할 수 있는 대규모 지진이 가까운 장래에 발생할 가능성이 상존하고 있다.

따라서, 지진재해 발생 시, 사회의 기능유지에 필수적인 중요 전기설비의 내진성능은 확보되어야 하며, 이와 같은 인식에 따라 정부는 내진설계가 되어 있지 않은 기존 전기설비에 대해서 일정 수준 이상의 내진성능 확보를 위하여 체계적인 내진성능 평가를 요구하고 있다.

전기설비 중 부싱은 지진에 취약한 전기설비 중의 하나로 알려져 있으며, 이들 부싱은 특히 다른 전기기기 또는 철골 구조체에 설치되어 기기 또는 구조체의 지진중폭현상에 의한 증가된 지진가속도를 받게 된다. 따라서, 본 연구에서는 철골 구조체에 설치된 부싱을 대상으로 지진중폭현상을 규명하고, 이를 고려한 철골 구조체와 부싱의 내진성능을 평가하였다.



<그림 2> 내진성능 평가절차



<그림 1> 철골 구조체와 부싱

2. 본 론

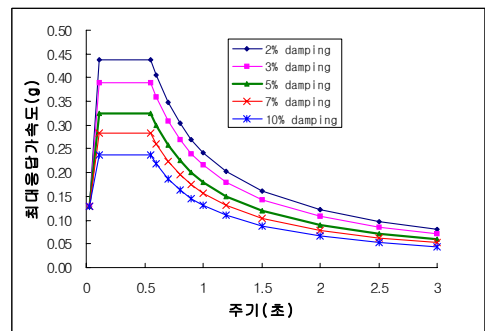
2.1 내진성능 평가절차

본 연구대상인 철골 구조체와 부싱의 내진성능평가를 위하여 적용한 평가절차는 그림 2와 같다.

2.2 평가기준지진

철골 구조체와 부싱의 내진성능평가를 위하여 적용한 평가기준지진은 한국전력공사가 2001년도에 수립한 송변전설비 내진설계기준의 표준설계응답스펙트럼이다.

송변전설비 내진설계기준의 표준 설계응답스펙트럼은 전기설비의 내진등급에 따라 구분하여 적용되는데 취급전압이 345kV 이상인 설비는 내진 I 등급으로, 345kV 미만인 설비는 내진 II 등급으로 분류된다. 본 평가대상인 철골 구조체와 부싱은 154kV 이하급이기 때문에 내진성능평가 시, 내진 II 등급 붕괴방지구준의 표준 설계응답스펙트럼을 적용하였다. 내진 II 등급 붕괴방지구준의 설계지반운동은 평균 재현주기 500



<그림 3> 평가지진 응답스펙트럼

2.3 내진성능 평가결과

2.3.1 내진해석모델

부싱이 설치되어 있는 철골 구조체의 내진안전성과 부싱의 내진성능평가 시 고려할 지진하중인 층응답스펙트럼을 구하기 위하여 그림 4와 같은 3차원 유한요소모델을 구성하였다.

모델해석결과, 철골 구조체는 1차 고유진동수가 1.94Hz로 나타나 철골 구조체 내에서 지진중폭이 발생하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 철골 구조체 상부에 설치된 부싱이 받아야 하는 지진하중도 증가하는 것으로 나타났다.

응답스펙트럼 해석결과, 철골구조체는 안전율이 2.21로서 평가기준지진에 대하여 내진안전성을 확보하는 것으로 나타났다.

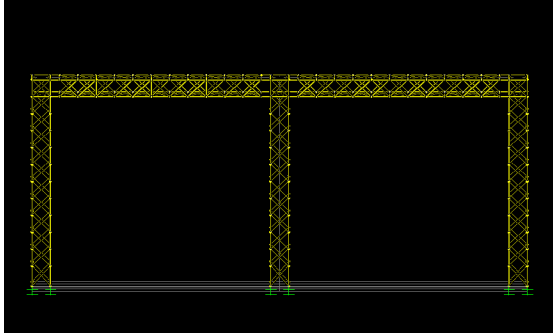
2.3.2 지진 가속도 증폭

철골 구조체 상부에 설치되어 있는 부싱의 내진성능을 평가하기 위하여 철골 구조체의 지진중폭현상을 고려한 부싱의 층응답스펙트럼을 도출하여야 하는데 이를 위하여 시간이력해석을 수행하였다.

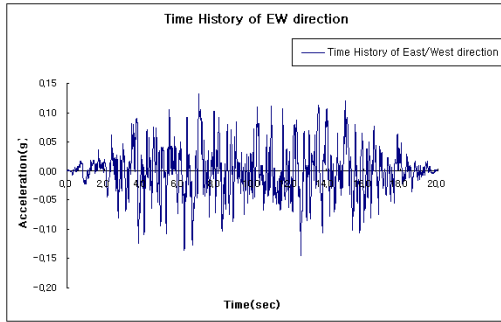
시간이력해석을 수행하기 위하여, 두 수평방향성분(EW, NS)과 수직

방향성분(VT)으로 구성된 단일 가속도 시간이력이 작성되었으며, 각 가속도 시간이력의 총 지속시간은 20초이고, 시간간격은 0.005초이며, 약 9초의 강지진동 특성을 지닌다. 그림 5는 각 방향성분에 대한 시간이력 인공지진을 나타내고 있다.

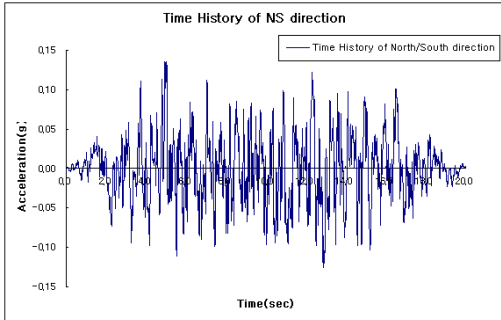
시간이력해석결과, 철골 구조체 상부 3개 부싱의 수평방향(EW, NS) 및 수직방향(VT) 층응답스펙트럼은 그림 6과 같다. 그림 3과 6의 평가 지진 응답스펙트럼과 부싱의 층응답스펙트럼에서 최대 침두가속도를 비교하면, 철골 구조체의 지진증폭현상으로 인하여 지진가속도는 수평방향성분이 14.7배, 수직방향성분이 9.6배 증가하는 것으로 나타났다.



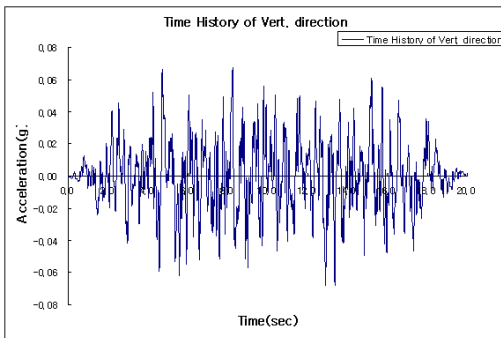
<그림 4> 인출철골구조물의 3차원 유한요소모델



(a) 수평 E-W 방향

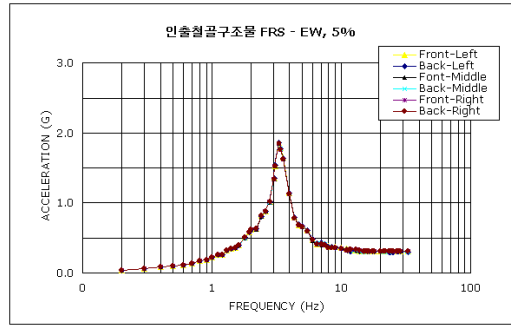


(b) 수평 N-S 방향

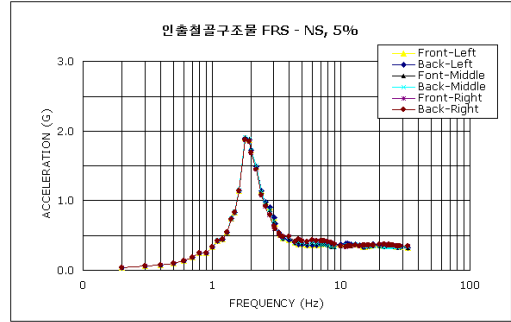


(c) 수직 VT 방향

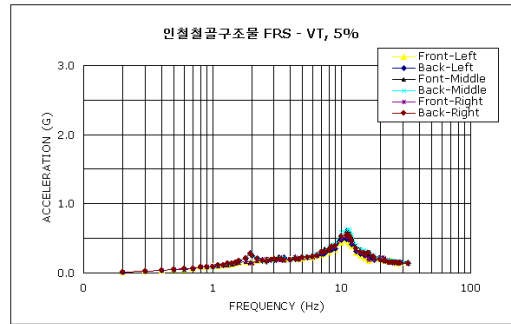
<그림 5> 시간이력 인공지진



(a) 수평 E-W 방향



(b) 수평 N-S 방향



(c) 수직 VT 방향

<그림 6> 층응답스펙트럼

2.3.3 평가결과

그림 6의 층응답스펙트럼을 이용하여 부싱의 평가기준지진을 결정하기 위해서는 부싱의 고유진동수를 파악하여 해당 진동수에서의 지진응답을 고려하여야 한다. 그러나, 이를 판단하기 위한 부싱의 설계자료가 미비하고 부싱의 정착부 조건에 따른 유연성이 예상되어 보수적으로 층응답스펙트럼의 침두응답을 사용하였다.

평가결과, 부싱은 전단파손에 대한 안전율이 0.6이고 부싱을 고정하는 정착장치의 전단-인장 상호파손에 대한 안전율이 0.73으로 평가기준지진에 대하여 내진안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

3. 결 론

본 연구에서는 철골 구조체에 설치된 부싱을 대상으로 지진증폭현상을 규명하고, 이를 고려한 철골 구조체와 부싱의 내진성능을 평가하였다.

지진증폭현상에 대한 분석결과, 철골 구조체의 연성거동으로 인하여 지진가속도가 평가기준지진 대비 최대 14.7배 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 평가기준지진에 대한 내진성능 평가결과, 철골 구조체는 내진안전성을 확보하는 반면에 부싱은 증폭된 지진가속도로 인하여 내진안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 따라서, 부싱은 평가기준지진 발생 시 파손될 가능성이 크므로 이에 대한 대비로서 예비품의 확보나 내진성능이 뛰어난 부싱으로 교체가 필요한 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사, “송·변전설비 내진설계기준 설정 연구”, 2001