

가공선로 서브스판진동이 스페이서댐퍼 클램프 변위에 미치는 영향 실험적 고찰

이형권*
한국전기연구원

한형주
한국전기연구원

방항권
한국전력 중앙교육원

Experimental study for the spacer damper clamp displacement due to subspan oscillations

Lee,H.K
KERI

Han,H.J
KERI

Bang,H.K
KEPCO

Abstract - In order to protect conductors from oscillations or vibrations due to winds, spacer dampers or spacers are installed on bundled conductors in overhead transmission lines. Generally the spacer damper clamp can move slightly according to oscillation directions, namely conductor direction, vertical & horizontal direction. This is for reducing fatigue phenomena of the clamps. Sometimes movement of the clamp to conductor direction raises a doubt for its necessity. Then this paper carried out oscillation tests to know clamp displacement due to the subspan oscillation.

1. 서 론

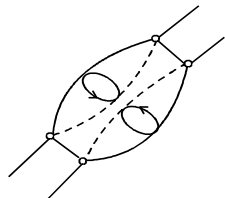
전선이 2가닥 이상인 다도체 가공송전선로에는 바람에 의한 전선의 진동으로부터 전선을 보호하고, 각 전선 간의 간격을 일정하게 유지시키기 위한 장치로서 스페이서 또는 스페이서댐퍼가 설치된다. 또한 국내의 경우 4도체 이상의 가공선로에는 스페이서댐퍼만을 적용하고 있는데, 이는 진동에너지 흡수기능을 갖게 하여 전선의 피로현상을 가급적 저감시키기 위한 목적이다. 또한 스페이서댐퍼의 클램프는 전선의 진동방향에 대해 어느 정도 추종할 수 있도록 설계를 하는 것이 일반적이다. 즉, 전선의 방향, 전선의 수평 및 수직 방향에 대해 변위를 갖도록 함으로서 진동이 댐핑제에 의해 흡수되도록 하기 위한 것이다. 이와 같이 스페이서댐퍼의 클램프는 각 전선의 방향에 대해 변위를 갖도록 설계를 하고 있는데, 최근 선로방향에 대한 클램프의 변위에 대해서는 다소 논란의 여지가 있다. 일본에서 사용하고 있는 스페이서댐퍼의 클램프는 대부분 선로방향에 대해 변위를 갖도록 설계하고 있으나, 미국, 유럽 지역에서 사용되고 있는 스페이서댐퍼의 클램프는 선로방향에 대해 변위를 갖고 있지 않기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 4도체 가공선로에서 가장 빈번히 발생하고 있는 진동현상인 서브스판진동 발생시 스페이서댐퍼 클램프의 선로방향 변위가 어떻게 나타나는지 관찰하기 위해 실험모습 모의 시험선로를 이용하여 실험적으로 고찰하여 보았다.

2. 본 론

2.1 서브스판진동

4도체나 6도체 방식의 다도체 송전선로에서 바람에 의해 쉽게 발생할 수 있는 진동현상이 서브스판진동현상이다. 서브스판진동현상이란 [그림 1]과 같이 스페이서댐퍼와 스페이서댐퍼 사이에서 전선의 수평방향으로 1~2Hz범위의 진동주파수로 발생하는 진동현상이다.



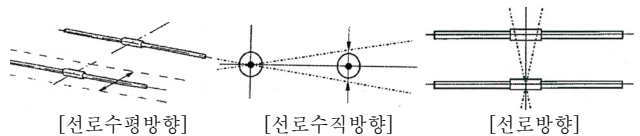
<그림 1> 서브스판진동현상

서브스판진동은 스페이서댐퍼와 스페이서댐퍼 사이의 공간에서 1~2개의 루프를 형성하면서 풍상측 도체(windward conductor)와 풍하측 도체(leeward conductor)의 위상이 서로 180° 차이를 갖고 타원궤적을 그리며 진동하는 특징이 있다. 서브스판진동의 진폭이 클 경우에는 스페이서댐퍼 클램프 또는 현수클램프의 전선지지점에 곡률력에 의한 전선의 피로현상이 누적되어 전선의 수명을 단축시키거나 단선사고를 일으키게

된다.

2.2 스페이서댐퍼 클램프의 변위

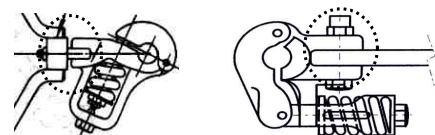
스페이서댐퍼는 다도체 가공선로에서 소도체간의 간격을 유지하고 각종 진동으로부터 전선을 보호하기위해 설치되는 송전설비 중의 하나이다. 스페이서댐퍼가 진동으로부터 전선을 보호할 수 있는 것은 적정 설치방법과 댐핑기능 때문이다. 스페이서댐퍼가 댐핑성능을 갖기 위해서는 진동에너지를 흡수할 수 있는 기능이 있어야 한다. 이러한 역할을 하는 것이 합성고무나 코일스프링이며, 이것이 진동에너지를 흡수하기 위해서는 클램프가 진동방향에 대해 적절하게 움직일 수 있어야 한다. 즉, 전선이 진동하면, 클램프가 전선의 진동방향으로 유격을 갖고 움직이고, 이러한 움직임이 합성고무나 코일스프링에 전달될 때, 비로소 댐핑제가 진동에너지를 흡수할 수 있게 된다. 이러한 이유로 스페이서댐퍼의 클램프는 전선의 진동방향에 대해 추종할 수 있도록, 즉 어느 정도 변위를 갖도록 설계하고 있다. 전선이 진동할 때 나타나는 진동방향은 크게 세 가지 방향으로 볼 수 있다. 즉, 선로방향(longitudinal displacement), 선로수평방향(transverse horizontal displacement) 및 수직방향(vertical displacement)이다. 전선의 진동방향 개념은 [그림 2]와 같다.



<그림 2> 전선의 진동방향 개념도

2.3 스페이서댐퍼 클램프의 선로방향 변위 필요성

[그림 2]의 진동방향에 있어, 먼저 선로수평방향은 서브스판진동시 나타나는 현상으로 알려져 있고, 선로수직방향은 미풍진동시 나타나는 현상이다. 선로방향은 전선의 착빙설에 의해 장력불평형이 발생하였을 때 나타나는 현상으로 알려져 있다. 이러한 진동방향 특성으로 인해 스페이서댐퍼는 주로 선로수직방향과 선로수평방향에 대해 변위를 갖도록 설계한다. 그러나 일본의 경우에는 유일하게 선로방향 변위를 중요시 여겨 모든 스페이서댐퍼의 클램프가 선로방향에 대해서도 변위를 갖도록 [그림 3]과 같이 관절부(그림의 점선)를 두어 설계하고 있다.



<그림 3> 클램프의 관절부 설계 예

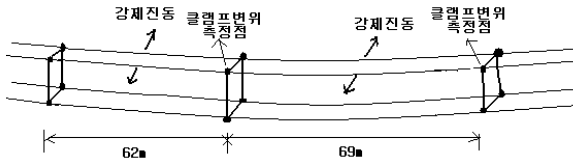
최근 스페이서댐퍼의 클램프가 선로방향 변위를 가져야할 필요성에 대해 논란의 여지가 있다. 즉, 송전선로의 진동사고 발생시 스페이서댐퍼 클램프의 선로방향 변위 필요성 여부에 대해 다소 의구심을 갖는 사례가 나타나고 있다. 특히 4도체 송전선로의 경우 대부분 나타나는 진동현상이 서브스판진동임에도 불구하고 스페이서댐퍼 클램프가 선로방향으로 피로를 받는 것으로 추정되는 사례가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 현상을 보다 명확하게 파악해 보고자 실험모습 선로에서 직접 실험에 의해 그 현상을 파악하였다.

2.4 스페이서댐퍼 클램프의 선로방향 변위 실험 및 분석

2.4.1 실험방법 및 조건

실험은 현실성을 고려하여 고창 전력시험센터 내 진동시험선로를 이

용하였다. 서브스판의 중앙에서 강제로 서브스판진동과 동일한 조건의 진동을 발생시킨 후, 전선에 설치된 스페이서덤퍼의 클램프 변위를 관찰하였다. 진동발생 위치 및 실험대상 스페이서덤퍼 위치 등은 [그림 4]의 시험선로 구성도와 같다.



〈그림 4〉 시험선로 구성도

- 스페이서덤퍼 종류 : 선로방향 변위 가능한 관절형 클램프 설치
- 시험선로 구성 : 345kV 4도체 방식
- 시험전선 : ACSR 480mm² Cardinal 전선
- 시험구간 서브스판간격 : 62m, 69m
- 시험방법 : [그림4]와 같이 한 곳만 수평방향으로 강제진동을 시킨 상태에서 스페이서덤퍼의 선로방향 변위 발생을 측정함. 이후 두 곳의 구간에서 동시에 동일 진동을 발생시켜 클램프 변위를 측정함.
- 시험상황 : [그림 5] 참조.



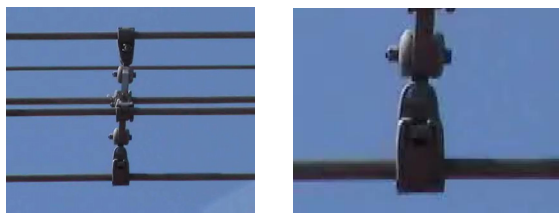
〈그림 5〉 시험상황

2.4.2 실험결과 및 분석

상기와 같이 강제진동을 다양한 진폭으로 발생시켜 시험한 결과 클램프 변위는 [표 1]과 같고, 진동발생시 관측된 클램프의 상태는 [그림 6]과 같다.

〈표 1〉 실험결과 진동진폭과 클램프변위와의 관계

진동방향	진동진폭 (peak to peak)	클램프 변위	비고
선로 수평방향	100~200mm	0 mm	측정이 불가할 정도로 클램프의 움직임이 전혀 없음
선로 수평방향	350~400mm	1~2 mm	전선이 상호 충돌하는 상황임
선로 수평방향	450~500mm	1~2 mm	<ul style="list-style-type: none"> • 전선이 상호 교차하는 상태임 • 실상황에서는 잘 발생하지 않는 상황으로서 최악 조건에서 나타나는 현상을 파악하고자 모의함



〈그림 6〉 강제진동 발생시 관측한 클램프 상태 예

[표 1]의 실험결과에 보는 바와 같이 선로 수평방향의 진폭을 갖는 서브스판진동이 큰 진폭으로 발생을 하여도 실제 클램프의 변위는 거의 나타나지 않음을 알 수 있다. 본 연구에서 실험한 조건은 매우 가혹한 조건으로서 실선로에서도 잘 발생하지 않는 큰 진폭으로 진동을 발생시켜보았으나, 클램프의 선로방향 변위가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 특성 때문에 일본을 제외한 나라에서는 스페이서덤퍼 설계시 클램프가 선로방향 변위를 갖지 않는 것으로 설계하고 있는 것으로 볼 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 스페이서덤퍼의 클램프가 선로방향 변위를 가져야할 필요성에 대한 결론을 얻고자 실규모 시험선로를 이용하여, 서브스판진동을 강제로 모의하여 실험을 하였고, 실험결과 매우 큰 진동진폭에 대해서도 클램프는 선로방향에 대해 변위가 나타나지 않는 것으로, 즉 움직임이 없는 것으로 나타났다. 따라서 서브스판진동에 대한 대책으로서 스페이서덤퍼의 클램프가 선로방향에 대해 변위를 갖도록 설계할 필요성은 없는 것으로 보인다. 그러나 보다 더 정확한 판단을 위해서는 향후 본 연구에서 수행한 실험내용 보다 더 구체적이고 다양한 조건으로 실험을 하여 최종적인 결론을 도출하는 것도 의미가 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김우겸, 이달형, 이형권 “345kV 가공선로에서 진동발생 다발 소경간 데 대한 진동저감 대책(I)” 대한전기학회 하계학술대회논문집, 2007. 7
- [2] 이형권, 한형주, 박창기, “345kV 가공선로에서 진동발생 다발 소경간 데 대한 진동저감 대책(II)” 대한전기학회 전기설비전문위원회 춘계학술대회 논문집, 2008. 4
- [3] 이형권, 유철환, “4도체 송전선로 진동현상 조사분석(I)”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2001. 7