

고속 전철 시설에 의한 전자 유도의 지중 매설물 차폐 실측 연구

최문환* · 이상무* · 한만대* · 조평동*

*한국전자통신연구원

Analysis on the screening effects of underground utilities by measuring the
electromagnetic induction in high-speed railway system

Mun-Hwan Choi* · Sang-Mu Lee* · Man Dae Han* · Pyoung-Dong Cho*

*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : mhchoi@etri.re.kr

요 약

통신선에 장애를 유발할 수 있는 전자유도 대책을 위해서 국가 기술기준에 의한 유도전압 한계치가 정해져 있고, 현장 유도 대책 상 이 제한치를 초과할 때에 필요한 것이므로 정부 고시의 기술 근거에 의해 유도전압을 계산하여 이에 대한 조치를 시행하고 있다. 전자유도 현상에 있어서 피유도원인 통신선간의 커플링 관계에 있어서 중간 차폐를 줄 수 있는 성분에 대한 계수치를 적용할 수 있다. 이러한 차폐성을 줄 수 있는 시설과 관련하여 여러 가지 기유도원 또는 피유도원 시설 구조상의 요소들에 대한 차폐치가 주어진다. 그러나 지중 매설물에 대한 차폐효과에 대하여는 별도로 제시되지 못하고 있다. 이와 관련 지중 매설물 중 광역상수도관에 의한 차폐성을 확인하기 위한 현장 측정을 통하여 비교 연구하였다. 유도원과 병행하여 광역상수도관이 매설된 지역에서 광역상수도관이 병행하는 부분과 일정 정도의 이격되어 병행하는 부분의 경계점에서 양단에 발생하는 유도 전압을 동시 비교 측정함으로써 그 차폐효과에 대한 현장 데이터를 확보하였다. 현장의 여러 조건변수들의 종속성을 정규화하고 광역상수도관의 독립적 변수에 의한 차폐성을 분석하여 제시한다.

키워드

electromagnetic induction, high-speed railway system, screening effects, underground utility

1. 서 론

전력선 설비나 고속철도 시설에 의해 얼마만큼의 유도 장애가 발생하는지를 정량적으로 예측할 수 있는 산출방법을 정하여 국가 기술기준으로서 고시하고 있다. 하지만 이러한 전력 유도 전압의 산출 방법은 이론적으로나 실질적으로도 매우 복잡하기 때문에 실제 전력 유도 발생이 예상되는 지역에서의 적용이 상당히 어려워 보다 정확하고 구체적인 유도 전압의 산출 방법이 요구되고 있다. 이를 위해 현행 고시의 문제점들에 대한 정형화된 규명을 이루고 타당성 있는 검증을 통해 국내 현실에 맞는 합리적인 산출 방법을 도출해내기 위한 노력이 진행 중에 있다[1],[2].

상기한 바와 같이 현행 전력 유도 산출방법을 위한 고시에는 전기통신 케이블이나 가공/지중 송배전의 지선 또는 중성선의 차폐/분류 계수, 유도 잡음의 경감 계수, 터널이나 고가의 차폐 계수, 타케도에 의한 차폐 계수 등 유도 전압의 차폐 효과를 갖는 다양한 계수들이 정립되어 있지만 이러한 차폐성을 갖는 다양한 시설물 중 지중 매설물에 대한 차폐 효과에 대한 별도의 계수는 주어지지 않은 상황이다.

지중 매설물과 같은 시설물에 의한 차폐는 그 비정형성으로 인하여 정량적인 계수의 설정이 어려워 유도 대책에 적용상의 오차가 발생할 수가 있다. 이에 금속 재질의 지중 매설물과 같은 도시 시설물이 전력 유도에 미치는 영향을 분석하기

위하여 전력 유도에 의한 장애가 발생할 수 있는 조건을 갖춘 지역을 선정하고 해당 지역 인근의 환경 및 지중 매설물 등의 분포를 고려한 전력 유도 현장 측정 연구를 수행하고 있다.

이에 대한 연구의 일환으로 관련 관청/기관의 조사 협조를 통해 고속 철도 시설과 병행하여 광역 상수도관(금속 재질)이 매설된 지역을 선정하고 고속 철도 선로를 따라 통신 케이블 병행하여 포설한 후, 현행 국내 고시 및 국내의 표준에서 제시하는 방법을 이용하여 전력 유도 장애 발생 시 지중 매설된 광역 상수도관이 갖는 차폐 효과에 대한 실험을 수행하였다. 또한 동일 지역에서 광역상수도관과 고속 전철 선로의 병행 이격 거리에 따른 유도 전압을 비교 측정하여 광역수도관과 같은 지중 매설물의 차폐에 대한 영향을 평가하였다.

II. 시험 측정

1. 지중 매설물 근접 병행 구간

그림 1은 광역상수도관이 고속 전철 선로와 근접 병행하여 지중 매설된 환경을 보이고 있으며, 특히 2008년 도시시설물이 전력유도에 미치는 영향을 평가하기 위한 전국 단위의 일유도 전압 데이터 측정 시 대상에 포함되었던 지역으로, 이후 본격적인 평가 작업을 수행하면서 광역상수도관이 병행하여 매설되었음을 확인하고 이에 대한 차폐 효과를 분석하기 위해 재측정을 실시하였다.

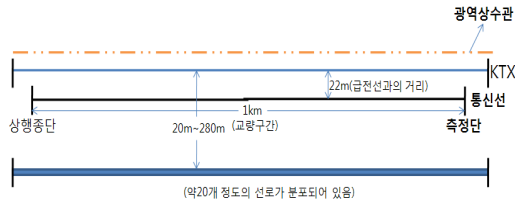


그림 1. 지중 매설물 근접 병행 구간

2. 지중 매설물 일부 병행 구간

그림 2는 그림 1의 지중 매설물 근접 병행 구간의 상행 중단 방향으로 약 1Km 이동한 위치에서 유도 전압을 측정하기 위한 구성도로 그림에서 보는 바와 같이 이 구간은 지중 매설물이 부분적으로 근접 병행을 하고 있으며 측정단 방향으로 90~120m의 범위로 이격되어 병행되었음을 알 수 있다.

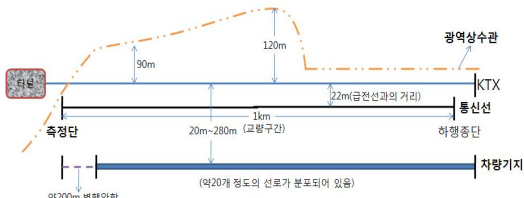


그림 2. 지중 매설물 일부 병행 구간

또한 이 구간은 전체 측정 구간이 그림 1 지중 매설물 근접 병행 구간의 상행 중단 위치에서 다소 중복되고 있으며, 지중 매설물의 분포가 근접 병행 구간과 이격 병행 구간으로 나뉘어져 있기 때문에 본 논문에서 수행하고자 하는 지중 매설물의 차폐 효과를 정확하게 분석하기에는 어려움이 있다.

3. 지중 매설물 이격 기점 분리 구간

그림 3은 지중 매설물의 차폐 효과에 대한 보다 정확한 분석을 위하여 그림 2에서 보이는 지중 매설물의 이격 병행 구간에서 지중 매설물이 고속 전철 선로로부터 이격되는 시점을 기준으로 하여 근접 병행 구간과 이격 병행 구간을 분할하였다. 측정 환경 특성 상 본 논문의 측정 대상은 모두 교량 구간에 속하며 지중 매설물의 이격 기점 분리 구간의 경우 양단 600m의 통신 케이블만을 포설하고 측정을 수행하였다.

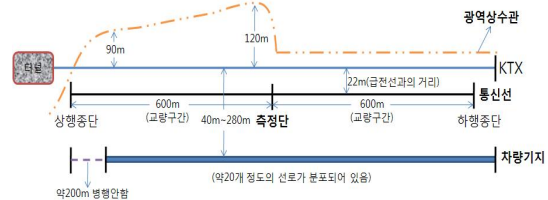


그림 3. 지중 매설물 이격 기점 분리 구간

III. 측정 결과

1. 기 측정 유도 전압 분포

그림 4는 그림 1의 장소에서 동일 측정 방법을 사용하여 2008년도 당시 측정한 유도전압 측정 그래프로, 당시 측정 대상 지역의 유도전압은 약 5 ~ 7Vrms의 수준이었으며 높을 때는 9Vrms를 보이고 있다.

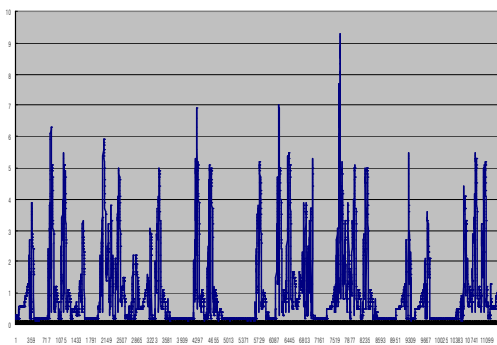


그림 4. 기 측정 유도 전압 분포(2008)[3]

2. 지중 매설물 근접 병행 구간

그림 5는 지중 매설물이 근접하여 병행하는 경우의 측정된 유도전압 분포를 보인다. 그림 5에서 측정된 상시유도중전압은 보통 4~6Vrms 분포의

값을 보이고 있으며 최고 6.9Vrms의 값을 보이기도 한다. 이는 그림 4의 기 측정 유도 전압 분포와 비교하여 보통 1Vrms 정도 낮은 유도 전압을 보이고 최대값의 경우 약 2Vrms 정도 낮게 측정되는데 이는 측정 환경 및 시간의 변화, 측정 개소를 지나는 고속 전철의 부하량 등의 외적인 요인에 의한 차이를 고려한다면 거의 유사한 유도 전압이 측정되었음을 알 수 있다.

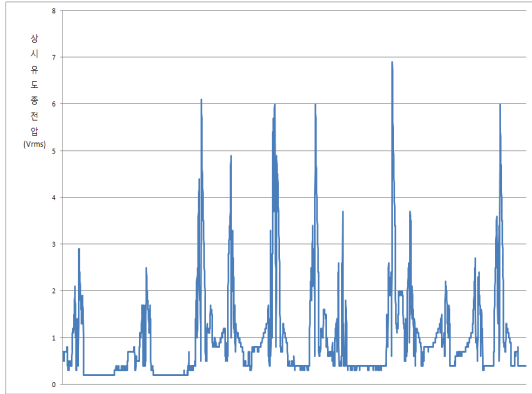


그림 5. 지중 매설물 근접 병행 구간의 유도 전압

3. 지중 매설물 일부 병행 구간

그림 6은 그림 2와 같이 지중 매설물이 일부는 근접하여 병행하고 일부는 90~120m의 거리로 이격하여 병행하는 구간에서의 유도전압 분포를 보인다. 이와 같이 지중 매설물이 일부만 병행하는 구간에서는 보통 6~9Vrms의 전압 분포를 보이고 있으며 최대 10.2Vrms의 상시유도중전압을 보여 지중 매설물이 근접하여 병행하는 구간과 비교할 때 보통 2~3Vrms 더 높은 유도 전압이 측정되었으며 최대값 역시 3.3Vrms가 더 높은 것을 알 수 있다. 이에 지중 매설물이 갖는 차폐 효과가 유도원과 근접하여 병행하는 경우 더욱 효율적임을 짐작할 수는 있겠지만, 지중 매설물이 근접하여 병행하는 구간과 이격되어 병행하는 구간이 함께 위치하고 있어 지중 매설물의 차폐 효과를 단정 짓고 설명하기에는 어렵다.

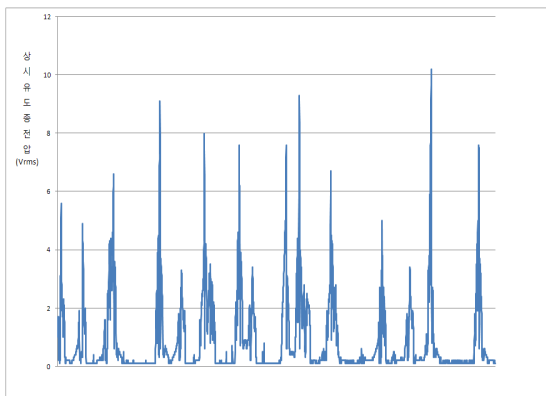


그림 6. 지중 매설물 일부 병행 구간의 유도 전압

4. 지중 매설물 이격 기점 분리 구간

앞서 설명한 구간들의 유도 전압 분포로는 지중 매설물의 차폐 효과를 정확하게 설명하기에는 역부족이기에 전체 측정 구간 상에서 고속 전철 선로에서 인접하여 병행하는 구간과 이격하여 병행하는 구간의 경계점을 기준으로 양단에 통신 케이블을 각각 600m를 포설한 후 이 때 양 구간에서 발생하는 유도 전압을 동시에 측정하여 보았다. 그림 7은 이러한 경우에 대한 유도 전압 분포를 보인다.

그림 7의 그래프를 보면 이격 병행 구간과 근접 병행 구간의 전압 분포가 측정 초기에는 지중 매설물이 이격되어 병행하는 구간에서 높게 나타났으나 시간이 지나면서 최하단의 분포 값의 차를 표현한 그래프와 같이 그 차이가 감소함을 알 수 있다. 하지만 전체적인 추세를 보면 이격 병행 구간에서의 전압 분포가 근접 병행 구간에서의 전압 분포보다 평균 0.5Vrms 정도 높게 분포되고 있으며 고속 전철이 지나지 않는 평상시에도 역시 지중 매설물이 이격하여 병행하는 구간에서의 전압 분포가 높게 나타나고 있어 피유도원 및 유도원으로부터 지중 매설물의 이격 거리에 따른 차폐 효과를 알 수 있다.

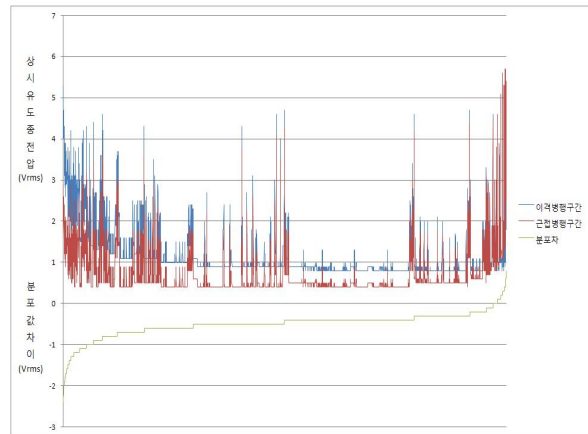


그림 7. 지중 매설물 이격 기점 분리 구간

IV. 결 론

본 논문에서는 고속 전철 시설의 유도 전압 산출식에 적용되는 다양한 차폐 계수에 대하여 지중 매설물에 대한 차폐 계수 연구가 미진함에 따라 금속 재질의 광역 상수도관, 가스관, 철골 구조물 등의 지중 매설물이 전력 유동 미치는 영향을 평가하기 위해 고속 전철 선로 인근에 광역 상수도관이 매설된 지역을 선정하고 지중 매설물의 근접 병행 시와 이격 병행 시 측정된 유도 전압 분포를 분석하였다.

표 1은 본 논문에서 측정이 실시된 각 구간의 유도 전압의 최대값과 평균값을 보여준다. 상단의 근접 병행 구간과 일부 병행 구간을 보면 측정된

유도 전압의 최대값이 각각 6.9Vrms와 10.2Vrms를 보여 평균값에서 근접 병행 구간이 0.12Vrms 정도 높다고 하더라도 전반적으로 지중 매설물에 의한 확연한 차폐 효과가 존재한다고 말할 수 있다.

표 1. 각 구간별 유도 전압 분포 비교

구 분	최대값 (Vrms)	평균값 (Vrms)	
근접 병행 구간	6.9	0.98	
일부 병행 구간	10.2	0.86	
이격 기점 분리 구간	이격병행	5.3	1.21
	근접병행	5.7	0.71

하지만 일부 병행 구간에서는 지중 매설물이 전체 구간의 일부에서만 병행하고 있기 때문에 정확한 차폐 효과를 분석하기 위해 지중 매설물의 병행 구간과 이격 구간의 경계점을 기준으로 하여 근접한 병행과 이격된 병행 간 지중 매설물의 차폐 효과를 확인 한 결과, 이격 기점 분리 구간의 이격 병행 구간의 최대값은 5.3Vrms, 근접 병행 구간의 최대값은 5.7Vrms로 오히려 근접하여 병행하는 구간에서 0.4Vrms 정도 높게 나타났다. 하지만 두 구간의 전체적인 평균값은 이격 병행 구간이 근접 병행 구간보다 0.5Vrms 정도 높았으며 또한 그림 7의 분포차 그래프에서 알 수 있듯이 이격 병행 구간과 근접 병행 구간의 전체적인 분포를 보면 이격 병행 구간에서 더욱 높은 유도 전압이 측정된 것을 알 수 있다. 이 때 근접 병행 구간에 대하여 이격 병행 구간이 갖는 유도 전압의 차이는 최대 2.4Vrms, 평균 0.5Vrms를 보여 지중으로 매설된 광역 상수도관이 갖는 차폐 효과를 확인하였다.

본 논문에서 확인한 지중 매설물의 차폐 효과는 광역 상수도관이 매설된 경우에 국한되었으나 그 효과에 대한 확인이 가능하였다. 향후 지중 매설물의 매설 분포 및 매설물이 갖는 고유한 전기적 특성, 피유도원 및 유도원과의 상호 작용 범위 등을 고려하여 보다 심도 있는 분석을 통해 전력 유도의 구체적 산출 방법에 대한 계산식에 적용 가능한 지중 매설물의 차폐 효과를 도출하기 위한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 전력유도전압의 구체적 산출 방법에 대한 기술기준, 전파연구소 고시 2005-95, 2005년 10월
- [2] 이상무, 이영환, 김용환, 조평동, “통신선로 유도 장애 예측을 위한 유도 전압 산출 기술기준 연구”, 전자통신 동향 분석지, 제 17권 제 4호, pp. 135~144, 2002년 8월
- [3] 도시시설물이 전력유도에 미치는 영향 연구, 한국전자통신연구원, 2008년 12월