

## 전철 간섭 대책용 분포형 외부전원시스템의 양극위치

\*이현구, 하태현, 하윤철, 배정효, 김대경  
한국전기연구원 지중시스템연구그룹

### Anode Location of Distributed ICCP Systems for Mitigation of DC Traction Interference on Buried Pipelines

\*H.G. Lee, T.H. Ha, Y.C. Ha, J.H. Bae, D.K. Kim  
KERI Underground Systems Group

**Abstract** – When an underground pipeline runs parallel with DC traction systems, it suffers from DC traction interference. Because the train is fed by the substation through the overhead wire and return current back to the substation via the rails. If these return rails are poorly insulated from earth, DC current leak into the earth and can be picked up by nearby pipeline. It may bring about large-scale accidents even in cathodically protected systems.

In this paper we analyze the anode location of distributed impressed current cathodic protection systems for the mitigation of DC traction interference on buried pipelines using the simulation software CatPro. We can get a fix on the anode location.

#### 1. 서 론

지하에 매설된 금속구조물은 부식을 방지하기 위하여 도장과 함께 대부분 전기방식법을 적용하고 있다. 전기방식법에는 이중 금속의 전위차를 이용하는 회생양극법과 인위적인 전원을 이용하는 외부전원법이 있다.

외부전원법은 회생양극법과 비교해 볼 때 시공이 간편하고 시설물의 점용면적이 작기 때문에 도심지에서 많이 활용되고 있다. 그러나 금속구조물의 전위분포가 균일하지 못하고 양극 주변의 시설물에 간섭을 일으키는 단점이 있다. 또한, 도시화가 활발히 진행됨에 따라 지하매설 배관과 전철이 병행 또는 교차하는 구간이 급증하고 있다. 이에 따라 지하매설 배관은 전철 누설전류에 의한 간섭에 의해 부식사고 발생 가능성이 점점 커지고 있으며 이에 대한 대책으로 배류법이 적용되고 있다.

전철 및 타 전기방식시스템에 의한 간섭 대책으로 회생양극법과 외부전원법의 장점을 살린 분포형 외부전원시스템을 개발 중에 있으며, 본 논문에서는 경계요소법을 이용한 해석을 통해 분포형 외부전원시스템의 양극 위치를 결정하였다.

#### 2. 분포형 외부전원시스템

##### 2.1 개요

금속의 부식을 방지하는 대표적인 방법으로 코팅과 전기방식을 들 수 있다. 코팅은 금속 표면 위에 전기적인 절연물질을 연속적으로 입히는 것이며, 전기방식은 금속 표면을 부식전지의 음극으로 만들어서 부식물을 감소시키는 방법으로 회생양극법과 외부전원법이 있다.[3]

회생양극법은 금속의 갈바닉계열을 이용하여 방식대상물보다 전위가 낮은 금속을 전기적으로 연결함으로써 방식대상물의 전위를 낮추어 주는 방법으로 유지 및 보수가 거의 필요 없으며 타 시설물에 대한 간섭의 영향이 거의 없다는 장점이 있지만, 토양비저항이 높은 지역에서는 출력전류가 작고 각각의 회생양극 수명이 다르기

때문에 균일한 설계수명을 보장하지 못한다는 단점이 있다.

외부전원법은 정류기와 불용성양극을 사용하여 토양과 해수와 같은 전해질을 통해 방식대상물에 방식전류를 인위적으로 흘려주는 방법으로 시공이 간편하고 시설물의 점용면적이 작기 때문에 도심지에서 많이 활용되고 있지만, 금속구조물의 전위분포가 균일하지 못하고 양극 주변의 시설물에 간섭을 일으키는 단점을 지니고 있다.

도심지에서는 시설물 점용면적의 제약과 전철 누설전류에 의한 간섭 때문에 외부전원법과 전철 레일을 양극으로 사용하는 외부전원법인 배류법을 주로 사용하고 있기 때문에 시설물간의 간섭문제가 심화되고 있다.

도심지의 전기방식시스템 개요도는 그림 1과 같으며, 토양을 통해 배관표면에서 전류가 유출되는 배관 교차점과 전철 변전소 인근에서 부식이 발생한다.

전철 및 타 전기방식시스템에 의한 간섭문제를 해결하기 위하여 분포형 외부전원시스템을 개발 중에 있다. 이 방법은 회생양극법과 외부전원법의 장점을 살린 전기방식법으로 회생양극법의 구성을 그대로 적용한 채 불용성양극과 외부전원을 채택한 방법이다.

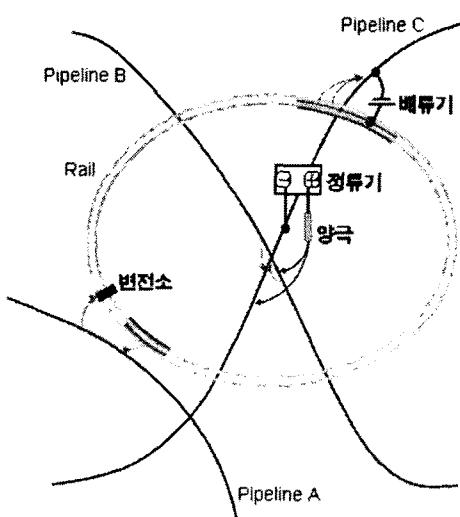


그림 1 도심지의 전기방식시스템 개요도

## 2.2 사양

분포형 외부전원시스템은 3VA급 정류기, 측정합 그리고 불용성양극으로 구성되어 있으며 도심지의 지하철 인근에 매설되어 있는 배관에 대하여 300-500[m] 간격마다 3VA급 정류기와 불용성양극을 설치하여 방식전류를 공급함으로써 배관의 전위를 고르게 분포시킬 수 있으며 수명은 반영구적인 특징을 갖고 있다. 따라서 외부전원법의 간섭문제와 화생양극법의 짧은 수명문제를 동시에 해결할 수 있다.

배관으로 유입된 누설전류는 불용성양극을 통해 땅으로 흘러보내며 반대로 불용성양극을 통해 배관으로 유입되는 누설전류는 차단하도록 설계되어 있어 누설전류에 의한 전식문제를 획기적으로 저감시킬 수 있다.

분포형 외부전원시스템의 개요도는 그림 2와 같다. 여기서 3VA급 정류기는 측정합 내부에 설치할 수 있는 크기로 설계되었으며 정전류와 정전압 모드로 동작한다.

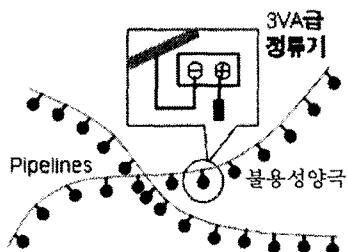


그림 2 분포형 외부전원시스템의 개요도

## 3. 양극위치별 방식전위 해석

### 3.1 해석모델

분포형 외부전원시스템의 양극위치별 방식전위를 알아보기 위한 해석모델은 그림 3과 같다. 배관과 불용성양극 사이에 3VA급 정류기가 연결되고 이는 CS1으로 표기되어 있으며 방식대상물은 500[m] 길이의 600A 가스배관을 선정하였다.

분포형 외부전원시스템의 배관과 양극 등에 대한 해석조건은 표 1과 같다. 여기서  $150\Phi \times 1,000L$  크기의 불용성양극을 통해 3VA급 정류기는 150[mA]의 출력전류를 내보내며, 토양비저항은 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는  $100[\Omega m]$ 로 가정하였다. 그리고 전기화학 실험을 통해 얻어진 배관의 분극특성 곡선은 그림 4와 같다.

양극위치는 깊이방향으로 2[m]에서 10[m]까지 변화시키고, 수평 이격거리방향으로 1[m]에서 10[m]까지 변화시켜 가면서 배관의 방식전위를 해석하였다.

### 3.2 양극 깊이에 따른 방식전위

분포형 외부전원시스템의 양극이 배관으로부터 수평방향으로 1[m] 이격된 상태에서 수직방향으로 2[m], 5[m] 그리고 10[m] 깊이에 위치할 경우 배관의 방식전위 해석 결과는 그림 5와 같다. 여기서 배관의 방식전위는 1[m] 간격으로 계산하였다.

양극 매설깊이가 커질수록 방식전위는 균일한 분포를 나타내었으며, 황산동기준전극 대비  $-0.85[V]$  이하의 방식기준을 적용할 경우 모든 구간이 방식되고 있음을 알 수 있다.[8]

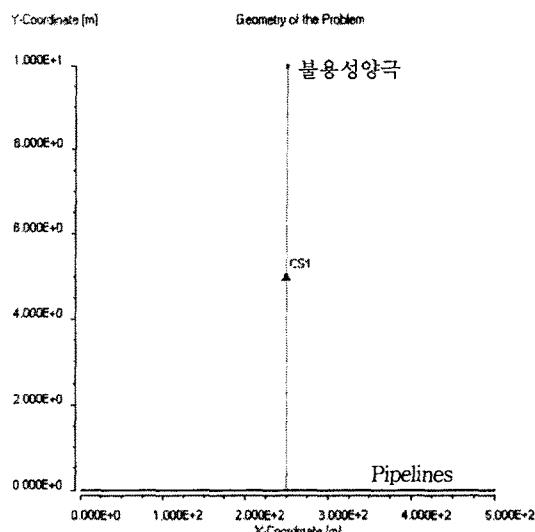


그림 3 양극위치별 방식전위 해석모델

표 1. 분포형 외부전원시스템 해석조건

항 목		내 용
배관	총길이	500[m]
	외경	0.6[m]
	두께	9.52[mm]
	축방향 저항률	$10^{10}[\Omega m]$
	종류	PE
코팅	두께	2.3[mm]
	손상률	0.2%
양극	외경	150[mm]
	길이	1[m]
	출력전류	150[mA]
토양비저항		100[Ωm]

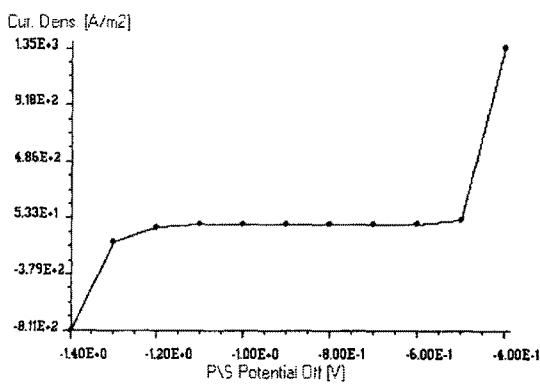


그림 4 배관의 분극특성

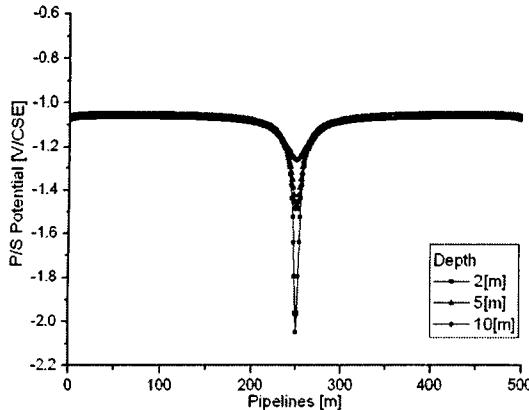


그림 5 양극 깊이에 따른 방식전위

### 3.3 양극 수평 이격거리에 따른 방식전위

분포형 외부전원시스템의 양극이 배관으로부터 수직방향으로 2[m] 깊이에 매설된 상태에서 수평방향으로 1[m], 5[m] 그리고 10[m] 이격된 곳에 위치할 경우 배관의 방식전위 해석 결과는 그림 6과 같다.

양극 수평 이격거리가 커질수록 방식전위는 균일한 분포를 나타내었으며, 황산동기준전극 대비  $-0.85[V]$  이하의 방식기준을 적용할 경우 깊이에 따른 방식전위 해석 결과와 마찬가지로 모든 구간이 방식되고 있음을 알 수 있다.

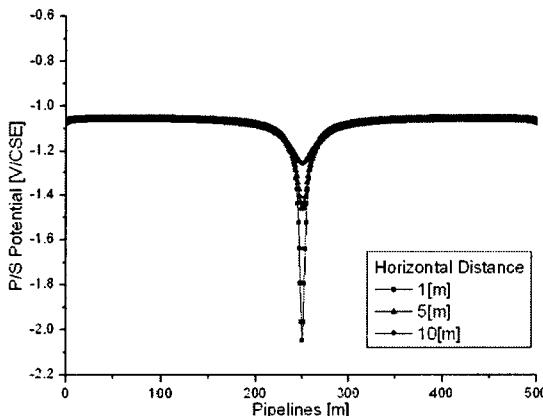


그림 6 양극 수평 이격거리에 따른 방식전위

분포형 외부전원시스템의 양극위치에 따른 배관의 방식전위 해석결과를 정리하면 표 2와 같다. 각각의 해석결과 방식전위의 최대값과 최소값의 차이가 가장 적은 위치는 2[m] 깊이에 수평방향으로 10[m] 이격시켰을 경우로 0.199[V]이었다.

표 2. 양극위치별 방식전위 해석결과

양극위치 [m]	방식전위 [V/CSE]		전위차 [V]
	최대	최소	
수직 깊이	2	-1.047	-2.048
	5	-1.056	-1.485
	10	-1.061	-1.263
수평 이격거리	1	-1.047	-2.048
	5	-1.057	-1.462
	10	-1.062	-1.260

## 4. 결 론

지하에 매설된 금속시설물은 부식을 방지하기 위하여 전해질을 통해 금속구조물에 방식전류를 흘려주는 전기방식설비를 갖추고 있다. 그러나 전철급전시스템 등에 의해 발생하는 누설전류와 타 전기방식시스템에 의한 간섭문제 때문에 시설물 유지관리에 많은 어려움을 겪고 있다.

전철 및 타 전기방식시스템에 의한 간섭문제를 해결하기 위하여 회생양극법의 구성을 그대로 적용한 채 불용성양극과 외부전원을 채택한 분포형 외부전원시스템을 개발 중에 있다.

본 논문에서는 경계요소법을 이용하여 분포형 외부전원시스템의 양극 위치에 따른 배관의 방식전위를 해석하였다. 이를 통해 분포형 외부전원시스템의 최적 양극위치를 결정할 수 있도록 하였다.

## [참 고 문 헌]

- [1] F. Brichau, J. Deconinck, T. Driesens, "Modeling of Underground Cathodic Protection Stray Currents", Corrosion, 52, 480-488, 1996
- [2] W. von Baeckmann, "Handbook of Cathodic Corrosion Protection", Gulf Publishing Co., 1997
- [3] A.W. Peabody, "Control of Pipeline Corrosion", NACE International, 2001
- [4] D.A. Jones, "Principles and Prevention of Corrosion", Prentice Hall International, Inc., 1997
- [5] "Short Course on Corrosion and Cathodic Protection Testing", M.C. Miller Co., 1993
- [6] ELSYCA, "CatPro V1.4 User Manual", 2002
- [7] S. Case, "DC Traction Stray Current Control", IEE, Savoy Place, London WC2R 0BL, UK, 1999
- [8] NACE Reference Standards, "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems", RP-01-69, 1996