

3. 해저터널내 고전압 유도에 의한 가스배관의 교류 전식 영향에 관한 연구

기관공학 배정호
지도교수 김기준

지중에 매설되는 금속배관의 간섭은 크게 직류간섭과 교류간섭으로 분류할 수 있다. 직류간섭이란 지중에 매설되는 가스 배관, 열 배관 또는 기타 배관 사이의 전기방식(電氣防蝕) 전류에 의한 간섭을 말하며, 교류간섭이란 송·배전선로로 사용되는 가공 전력선 또는 지중 전력선에 의해 지중 배관에 유도되는 전류에 의한 간섭을 말한다. 여기에서 교류간섭은 배관 및 배관작업자의 안전성 측면에서뿐만 아니라 최근 문제가 되고 있는 교류부식의 관점에서 큰 문제로 부각되고 있다.

도시가 크게 발달되기 전, 지중 매설물 사이에 어느 정도의 상호 이격거리의 확보가 가능했던 과거와는 달리, 최근 활용 가능한 공간이 점차 줄어들어 따라 부득이 최소한의 이격거리만을 지키고 있다. 그러나 때로는 이마저도 양 당사자간의 합의에 의해 적절한 보호 조치를 취하는 것을 조건으로 이격거리를 더 줄여가고 있는 실정이다. 이렇게 이격거리가 줄어들면 교류유도에 의한 교류부식의 문제점이 발생하게 된다.

교류부식은 근년에 이르기까지도 직류에 비해 부식률이 매우 낮다고 인식되고 있어 교류부식에 대한 연구는 관심의 대상에서 벗어나 있었다. 그러나 일부 선진국의 여러 현장에서 발생하는 이상부식이 교류전식에 의한 것으로 판명된 후 교류에 의한 부식에 대하여 새롭게 관심을 가지기 시작하였고, 전력설비의 대용량화와 교류 고속전철 건설 등에 의해 교류부식의 가능성이 점차 증가함에 따라 1970년대 말부터 이와 관련된 연구를 활발히 진행하여 왔다. 그리고 선진국에서는 현재 이들 시설물에 대하여 상호 간섭을 고려한 설계와 시공이 이루어지고 있으나, 국내의 경우는 이에 대한 연구와 대책 마련이 이제 시작단계에 있다.

그리고 최근, 국내에서는 도서지역이나 바다의 양만(兩灣) 사이에 전력을 공급하기 위하여 해저터널을 이용하는 경우가 점점 증가하고 있다. 이러한 전력공급용 해저터널 내에 다른 에너지공급 기간시설물인 가스배관, 송유관, 지역난방배관 등이 함께 포설될 수 있는데, 이렇게 하면 시설물을 각각 설치하는 것보다 공사비를 대폭 절감할 수 있게 된다. 그러나 이 경우, 안전상의 문제가 우려되므로 설치전 이들 시설물의 설치조건을 세심하게 검토하여야 한다. 즉, 실제로 전력케이블(송전선로 3회선, 배전선로 4회선)이 해저터널 내에 가스배관과 병행하여 포설되었을 경우, 과연 교류에 의한 전식 영향이 없을 것인지를 검토하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 해저터널 내 전력케이블에 의한 가스배관의 전식 영향을 검토하기 위해 먼저, 기본이론에서는 교류유도의 메카니즘을 정립하고 교류부식의 일반적인 특성과 국내에 마련되어 있지 못한 유도전압 제한치를 제안하였다. 그리고 이 교류유도전압을 점검하기 위한 전기방식기준, 과방식기준 및 기존의 부식감시시스템에 대하여 검토하였다. 그리고 실험결과 및 고찰의 첫 번째 부분인 유도전압 해석분야에서는 해저터널에서 전력케이블과 가스배관이 병행하여 설치될 때 유도전압이 최소가 되는 최적 전력케이블의 상배치(相配置)를 절점망 해석

(Nodal Network Analysis)을 통하여 결정하였으며, 정상상태와 과도상태에 대하여 인·축의 안전과 시스템의 보안, 가스배관의 교류부식, 가스배관의 코팅 파괴, 섬락(Flash Over)에 의한 가스배관의 용융(Melting) 등의 전식 및 기타 영향에 대하여 연구하였으며, 두 번째 분야인 교류부식특성 실험분야에서는 실험실 실험, 현장 실험, 주사 전자 현미경(SEM) 분석을 통하여 기초적인 교류부식 특성을 규명하였다. 그리고 세 번째 부분인 부식감시 및 부식예측분야에서는 가스배관을 안전하고 체계적으로 관리하기 위한 TRS(Trunked Radio System)를 이용한 무선 원격 부식감시시스템 및 GIS(Geographic Information System) 연계형 부식예측시스템의 개발에 대하여 연구하였다.

본 논문의 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 고전압 전력케이블에 의한 가스배관의 유도전압 제한치는 검토결과 인축(人畜)의 안전을 고려하여 정상상태인 경우에 15[V] 이하, 그리고 과도상태인 경우에 422[V] 이하가 되어야 하며, 시스템의 보안을 고려한 경우는, 정상상태에서 7.85[V] 이하, 과도상태인 경우에 3[kV] 이하이어야 한다.
- (2) 연구 대상 해저터널에 전력케이블과 가스배관이 병행했을 경우의 안전상 문제에 대한 연구 결과, 가스배관에 유도된 전압이 제시된 유도전압 제한치를 넘지 않으며, 전력케이블의 사고시에도 안전하므로 해저터널 내에 전력케이블과 가스배관의 동시 시공이 가능함을 알 수 있었다.
- (3) 교류부식의 특성을 규명하기 위한 실험실 실험 결과, 직류부식 전류와 교류부식 전류를 동시에 인가할 때, 같은 크기의 직류부식 전류 단독에 비해 부식성이 증가함을 확인하였다.
- (4) 직류전류와 교류전류를 동시에 인가할 때, 최대치가 큰 교류전류는 양극 표면에 국부부식을 발생시키며 그 부식깊이는 교류전류의 최대치에 비례하였다.
- (5) 현장실험 결과, 직류부식에 의한 금속표면은 깨끗하고 부식생성물이 거의 없었던 반면, 교류부식에 의한 금속표면에는 접착력이 매우 강한 부식생성물이 상당량 발생하였다. 이와 같은 현상은 SEM 분석으로도 확인되었다.
- (6) 가스배관의 안전을 위한 TRS 무선 원격 실시간 부식감시시스템과, 보다 정밀한 시설물관리를 위한 GIS 연계형 부식예측시스템을 개발함으로써, 시설물의 부식 유·무 뿐만 아니라 수명까지도 예측이 가능하게 되었다. 지중 시설물에 대해 제안된 수명예측 기법은 신뢰성을 확보하기 위해 향후에 수분함량, pH 등의 부식촉진인자를 고려한 부식예측 알고리즘을 기술적으로 보완하고, 현장적용 시험을 통하여 예측치와 실측치간의 오차를 줄여 간단하면서도 우수한 성능의 부식예측시스템으로 발전할 수 있을 것으로 사료된다.

지금까지의 연구결과는 부식원인 중 교류부식을 검증하는데 필요한 자료로 활용될 수 있을 것이며, 교류유도 제한치를 인·축과 시스템의 보안측면에서 결정하기 위한 유익한 기초 자료가 될 것으로 사료된다. 또한 본 연구결과는 향후 해저터널이 건설되는 경우, 전력케이블과 함께

다른 기간시설물들의 포설 가능 여부를 결정할 수 있는 건설 공사 지침으로도 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 아울러 본 연구에서 제안한 부식감시시스템과 시설물의 수명 예측시스템은 시설물의 체계적이며 종합적인 관리를 가능하게 할 수 있을 것이며, 따라서 유지·보수예산의 절감뿐만 아니라 부식으로 인한 안전 사고를 방지하는 면에서도 기여 할 수 있을 것으로 기대 된다.

4. 유전적 알고리즘을 이용한 3차원 PTV기법의 구축과 원주 근접후류 유동특성에 관한 연구

기계공학과 백 태 실
지도교수 도 덕 희

유체유동장에 동일한 비중의 입자를 투입한 후 이들의 거동을 화상처리기술을 이용하여 해석함으로써 유동장의 전역에 걸쳐서 3차원 속도분포를 계측하는 방법인 3차원 입자영상유속계(3D-PTV: Particle Tracking Velocimetry)는 비정상유동의 특성을 해석할 수 있다는 장점으로부터 최근에 각광을 받고 있는 유체 계측법이다. 본 연구에서는 이와 같은 3-D PTV계측법의 새로운 알고리즘의 구축에 관한 내용과 구축된 계측시스템을 원주 근접후류계측에 적용하여 유동 특성을 정량적으로 타당하게 파악하는 내용을 다룬다.

지금까지의 3D-PTV계측법에 관한 연구에 있어서는 한 번에 계측이 되는 3차원 순간속도벡터의 개수가 적었던 관계로 복잡 유동장의 유동구조를 정량적으로 파악하는 데에는 많은 어려움이 따랐다. 본 논문에서는 최적화 문제에 적용이 되고 있는 유전적 알고리즘을 3D-PTV에 접목시켜 이를 원주 근접후류의 2차와류 유동을 계측하여, 순간 3차원 속도벡터의 개수가 약 1,100개 이상으로 획득하는데 성공하였다.

3대의 비측정용 NTSC(National Television System Committee) CCD(Charge Coupled Device)카메라와 Ar-ion 레이저, 이미지그래버 및 유전적 알고리즘을 이용한 3차원 계측알고리즘으로 구성되는 3차원 계측시스템의 계측오차에 대한 평가를 위하여 계측시스템에 대한 계측의 불확실성(Measurement uncertainty)을 정량적으로 실시하고, 충돌제트에 대한 LES(Large Eddy Simulation) 데이터를 이용한 가상이미지를 구축한 후 이들 이미지에 대하여 계측알고리즘에 대한 성능평가를 실시함으로써 구축된 계측알고리즘에 대한 신뢰성을 평가하였으며 이를 원주 근접후류의 유동구조 및 난류유동 특성치를 타당하게 계측함으로써 본 계측법의 유효성을 입증하였다.