

**교량용 강재(내후성강)의 용접부 부식파괴에 관한 연구**  
**A study on corrosion failure of a welded bridge steel(weathering steel)**

최윤석\*, 김정구 (성균관대학교 금속공학과)

김중집 (한국표준과학연구원 내구성그룹)

**1. 서론**

최근에는 교량을 대기중에서 부식에 대한 저항성이 강한 내후성강으로 건설한다. 내후성강은 일반강재의 화학조성에 소량의 Cu, Cr, Ni 등의 합금원소를 첨가하여 내식성을 향상시킨 강재이다. 그러나 내후성강은 수분, 염분, 공해에 노출되면 기존의 내식성을 유지하지 못하게 된다. 결국 내후성강의 부식도 일반 구조용 강재의 경우와 마찬가지로 악화되고 있다고 할 수 있다. 특히 용접부는 용접열로 인하여 잔류응력, 표면산화, HAZ의 미세조직 변화 등으로 내식성이 모재에 비해 저하되는 경향이 있다. 또한 용가재와 모재 간의 갈바닉 부식, 수소취화에도 노출되어 있다. 교량의 철제 구조물로 사용될 경우 차량 하중과 용접부의 응력집중과 잔류응력 등과 같은 구조적인 요인에도 노출된다. 그러므로 지속된 하중을 받는 경우, 부식과 동시에 파괴가 일어날 가능성도 높아진다. 따라서 교량용 강재의 용접부는 부식에 대한 대비와 동시에 응력의 제어도 필수적임을 알 수 있으며 이에 대한 파괴의 기구 규명을 통한 방지대책 마련이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 산성비에 의한 pH의 변화와 염화칼슘 등에서 유입되는 염소이온을 부식환경으로 설정하고, 이 환경적인 요인하에서의 교량용 강재(내후성강) 용접부의 전기화학적 부식 특성과 저속변형을 실험을 통한 응력부식균열 특성 그리고 수소취화균열 특성을 규명하여 악화된 부식환경하에서 내후성강의 내식성과 내구성을 평가하는데 목적을 두었다

**2. 실험 방법**

① 시편은 전기화학적 실험과 인장실험을 위한 적당한 크기로 절단한 후, SiC 연마지로 #600까지 연마하였다.

② 미세조직관찰은 용접부의 단면을 0.01 $\mu$ m까지 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder로 연마한 다음 Nital 로 에칭하여 광학현미경으로 관찰하였다.

③ 경도측정은 micro vickers 경도시험기를 이용하여 용접부 중앙부터 0.5mm 간격으로 모재까지 측정하였다.

④ 부식환경은 산성비를 모사한 용액으로 염소이온농도 1000ppm, pH는 6으로 적정하여 순수공기를 시험 중에 연속적으로 분당 10cc의 속도로 주입하였다.

⑤ 전기화학적 분극은 EG&G 273A potentiostat를 사용하였다. 주사속도는 0.166mV/s로 하였고, 상대전극은 탄소봉을, 기준전극으로는 포화감홍전극을 사용하였다. 모든 분극시험은 시편을 장시간 용액 중에 방치하여 전위를 안정화시킨후 행하였다.

⑥ 저속변형을 실험은 Cortest사의 P.C.C.E.R.T system을 이용하여  $7.87 \times 10^{-7}$ /s의 일정 변형율로 인장하며 potentiostat를 이용하여 양극분극 전위와 음극분극 전위를 인가하였다. 이때의 전류값은 X-Y recorder를 사용하여 연속적으로 측정하였다. 상대전극은 백금을, 기준전극으로는 은/염화은 전극을 사용하였다.

⑦ 파괴가 일어난 시편의 횡단면을 광학현미경으로 관찰하여 파괴가 일어난 위치를 알아보았다.

⑧ 파단면의 형상은 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

### 3. 결과 요약

① 내후성장 용접부는 산성비 분위기에서 활성화 거동을 보이며 부동태 피막을 형성하지 않으며, 모재에 비해 부식에 대한 저항성이 낮다.

② 내후성장 용접부는 양극인가전위가 증가할수록, 활성화 거동을 보이는 부식특성으로 인해 모든 기계적인 특성이 감소하여 응력부식균열에 민감한 경향을 보인다.

③ 내후성장 용접부는 음극인가전위가 증가할수록, 수소 발생량이 증가하여 수소취화에 의한 파괴시간의 감소가 나타난다.

④ 파괴가 일어난 위치는 용접으로 인해 기계적으로 취약해진 부분이며, 부식과 수소의 발생이 파괴를 가속화시켰다.

⑤ 파단면은 대기 중에서는 연성파괴의 형태를 나타내며, 전위인가에 따라 입내균열에 의한 취성파괴의 형태가 나타난다.

### 참고문헌

1. P. Albrecht, A.H. Naeemi, Performance of weathering steel in bridges, National cooperative highway research program report 272, (1984).
2. H.E. Townsend, T.C. Simpson, Corrosion, Vol. 50, p. 546, (1994).
3. T.G. Gooch, D. Mckeown, D. Willingham, Metal construction and british welding journal. Vol. 1, p. 469, (1969).
4. C.D. Kim. B.E. Wilde, in SCC- The slow strain rate technique, G.M. Ugianskym, Ed., ASTM STP 665. p. 97, (1979).