
FRP 어선 2종 스테인리스강 축의 음극방식을 위한 실용설계 및 적용방안 연구

A Study on the Practical Cathodic Protection Design for the FRP Fishing Boat and It's Application Scheme

강대선** · 김기준* · 이명훈* · 박정대** · 김태언**

D. S. Kang · K. J. Kim · M. H. Lee · J. D. Park and T. U. Kim

Key Words : FRP fishing boat(FRP어선), Sacrificial anode(희생양극), Stainless steel shaft(스테인리스강 축), Crevice corrosion(틈부식), Galvanic corrosion(갈바닉 부식), Cathodic protection method(음극방식)

ABSTRACT

Stainless steel has been stably used closed by passivity oxidation films(Cr_2O_3) is made by neutral atmospheric environment. However, passivity oxidation films of the surface of stainless steel occasionally comes to be destroyed in seawater which is influenced by an environment having halogen ion like Cl^- , then, localization corrosion comes to occur. Stainless steel 304 for shaft system material of the small-size FRP fishing boat on seawater environments made an experiment on simulation of sacrificial anode(Al, Zn). Through these experiment and study, following results have been obtained ; According to the field inspection and corrosion simulation, the corrosion on the 2nd class stainless steel shaft(STS304) in FRP fishing boat has been verified to occur by crevice corrosion and galvanic corrosion etc., According to the comparison and analysis of Stainless steel 304 shaft materials after simulation leaving unprotected and applying cathodic protection, unprotected shaft specimen of stainless steel 304 was severely corroded, but, protected shaft specimen was not totally corroded. This result is assumed to be made by the facts that anodic reaction, $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$, has been restricted by the cathodic protection current of sacrificial anode material.

* 한국해양대학교 기관시스템공학부

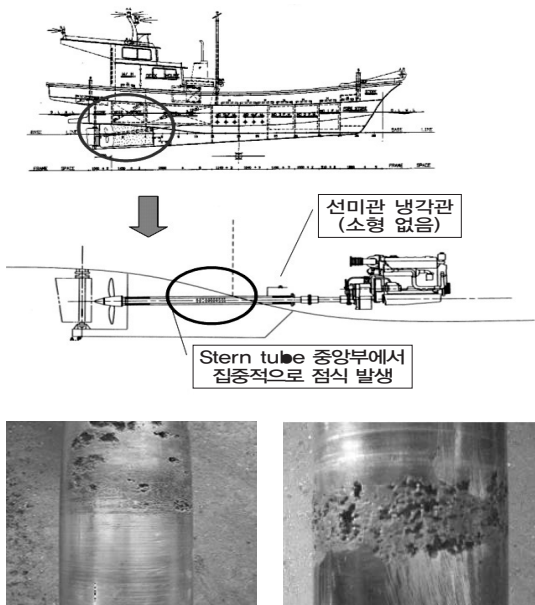
** 선박검사기술협회 기술연구소

1. 서 론

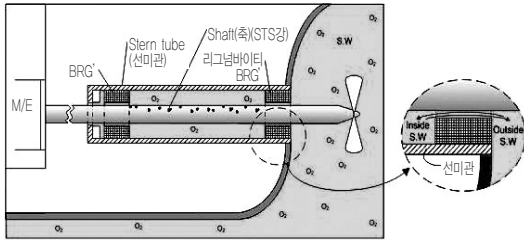
스테인리스강은 일반 탄소강이나 알루미늄 재에 비하여 도장과 같은 방청처리가 필요 없을 정도로 내식성이 우수함은 물론 강고, 내열성 그리고 의장성이 뛰어나다. 따라서, 이러한 스테인리스강은 그 특성을 요구하는 일상 생활용품이나 건축물의 내외장용 자재는 물론 각종 기계부품 및 FRP 소형선박의 재료 등으로서 많이 사용되어지고 있다. 반면, 이들 중 특히 해수중에서 사용되는 FRP 소형선박용 축 재료인 스테인리스강은 해수와의 화학반응으로 축 표면이 거칠어지면서 내부로 파고드는 극심한 부식현상으로 인하여 축계 사고의 주요한 원인이 되고 있는 실정이다. 일반적으로 스테인리스강은 중성 환경에서 형성된 Cr_2O_3 라고 하는 20-40 Å의 치밀한 부동태 (Passivity) 산화피막으로 인해 안정적으로 사용된다. 그러나 이것이 해수환경중 Cl⁻ 등과 같은 할로젠이온이 존재하는 분위기의 조건에 따라서는 스테인리스강 표면에 형성된 부동태 산화피막이 파괴되어 국부부식(Localization Corrosion)을 일으킬 수 있다. 그러므로 스테인리스강은 일반육상 환경중이 아닌 해수환경 중에 사용할 때는 그 사용조건에 따라서 틈부식이나 공식 등의 국부부식 문제가 발생할 수 있음을 고려하지 않으면 안된다. 이에 따라 본 연구에서는 해수환경 중 사용되는 FRP 소형선박용 스테인리스강 축계의 부식 문제를 해결할 수 있는 방법의 하나로 음극방식(Cathodic Protection)원리를 적용하기 위한 최적 음극방식전위의 산출 및 방식시물레이션을 통하여 경제적이고 효율적인 방식설계의 응용지침을 제시하고자 한다.

2. STS강 축계의 부식원인 해석

[그림 1]는 FRP 소형선박 축계의 부식 발생위치 및 STS304축계의 이상부식을 일으킨 대표적 사진을 나타낸다. 축계의 여러 곳이 심한 부식으로 움푹 움푹 패여 있으며 공식형태를 보이고 있다. 이러한 부식은 축 둘레 전체 걸쳐 일어나는 것이 아니라 한쪽 면에만 집중적으로 발생하고 있으며 소형선박 운항과 수리보수 전문가들의 의견을 종합하면 항해중보다 정박을 오래한 선박에서 더 심했다고 한다. 또한 리그넘바이티 베어링이 헐거워 해수가 많이 침입한 선박일수록 이러한 이상부식현상이 상대적으로 적었다는 보고도 있다. [그림 2]는 현재 운항 중인 FRP 어선의 대표적 축계부를 개념적으로 나타낸 그림이다. 선미관(Stern tube)내부 축계에 베어링(BRG)이 설치되어 있으며 선체입구부에 리그넘바이티(Lignumvitae) 베어링이 설치되어 있다.



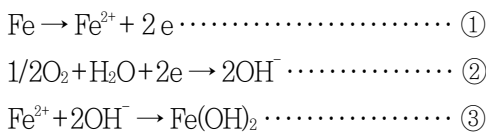
[그림 1] FRP 소형어선의 STS304 2중축계의 부식 발생위치 및 이상 부식사진



[그림 2] 소형선박 선미부 축계의 이상부식 개념도

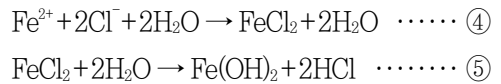
리그넘바이티는 열대성 목재로 내부에 수지분을 많이 함유하고 있어 축이 회전하면서 온도가 상승하면 목재 내에 함유하고 있던 수지분이 스며 나오면서 윤활을 하고 주위의 해수에 의해 냉각을 하는 베어링이다. 따라서 해수가 리그넘바이티 베어링의 틈을 타고 내부로 흘러들어가게 되며 선미관내에는 해수가 차 있게 된다. 정박 중 선미관내의 해수는 거의 정체상태로 있으며 운항 할 때는 축의 회전에 의해 선미관 외부와 내부 사이에 회전력이 발생하면서 [그림 2]의 우측 원안 그림과 같이 일부의 해수 이동이 일어나게 된다.

이러한 STS 축계의 부식원인을 현장조사 및 축계 부식 시뮬레이션 실험결과에 의해 해석하여 보면 다음과 같다. 즉, 초기에는 선미관(Stern tube) 쪽 리그넘바이티 틈을 통해 흘러들어난 해수에 의해 STS강 축 표면에 다음과 같은 ①, ②, ③반응에 의한 부식이 진행된다.

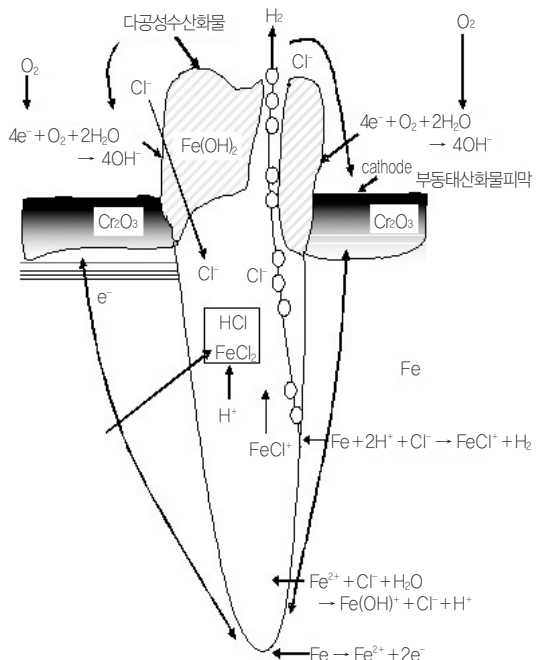


그 후, 일정시간 경과와 더불어, 선미관내 축 틈 내부에 초기에 유입되었던 해수중 용존하고 있던 O_2 가 상기②반응식의 진행과 더불어 ③반응으로

소모되어 산소농도가 희박해짐에 따라서 선미관 내 축 틈 내부에는 OH^- 의 형성이 어렵게 된다. 상대적으로 Fe^{2+} 와 결합이 용이하게 되는 $\text{OH}^- \ll \text{Cl}^-$ 조건이 진행된다. 즉, $\text{OH}^- \ll \text{Cl}^-$ 의 분위기에 놓여짐에 따라 양극표면에 용출한 Fe^{2+} 는 ④, ⑤반응에서 나타낸 바와 같이 Cl^- 와 결합하여 국부적으로 산성화 되면서 급격한 공식이 진행되는 틈부식이 발생되는 것으로 사료된다.



그림[그림 3]은 이상에서 기술한 해수환경 중 스테인리스강이 국부적으로 부식되는 메카니즘 모식도를 나타낸다.



[그림 3] Cl^- 중성환경 중 STS 부식의 메카니즘

이때, 축이 선미관 리그남바이티 베어링을 사이에 두고 용존산소가 상대적으로 많은 외기(Outside)해수측과 상대적으로 용존산소가 적은 축내부(In side)해수측 간에 용존산소 농도차에 의한 갈바닉 부식(Galvanic corrosion)이 이상에서 기술한 틈부식 부위를 더욱더 가속화시키는 부식 역할을 하는 것으로 보여진다.

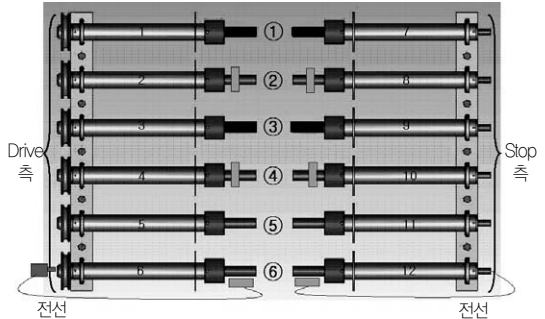
또한, 어선의 구조에 따른 조건에 따라서는 이상에서 언급한 리그남바이티를 경계를 한 갈바닉 부식은 물론, 선미관 축내부 구조상 선미관축 상부 부분이 축 하부 부분에 비하여 O₂가 상대적으로 많을 수 있으므로 틈부식 부위 핏트 부분은 더욱 가속화시키는 갈바닉 부식이 진행되는 것으로도 사료된다.

따라서, FRP 소형어선 STS 304 2중축계 재료의 부식 발생 원인은 선박의 축계 형태에 따라 틈부식(Crevice corrosion)과 갈바닉 부식(Galvanic corrosion)은 물론 선박내 발전기에서 유출되는 미주전류부식(Stray current corrosion)에 의한 원인이 각각 또는 조합되어 나타나는 것으로 해석할 수 있다.

3. STS강 축의 방식 시뮬레이션 시험

STS강 축계재의 무방식 및 방식시뮬레이션 실험방법의 설계는 [그림 4]와 같다. 우선 실제 소형 선박에서 축의 재질로서 사용되는 STS 304재질로 축과 축 슬리브를 제작하였다. 축 내부에는 열대성 재질의 하나로서 수밀성이 아주 뛰어난 리그남바이티로 대량의 해수가 선체내부로 유입되는 것을 방지하고, 축의 윤활성을 위해서 축슬리브와 축 사이에 설치하였다. 그리고, 1~6번 축의 구동

을 위해서 소형 모터를 축의 하단에 설치한후 벨트로 연결하여 회전시켰다. 이때, 각각의 축에는 종류별로 Al 및 Zn희생양극과 절연테이프 피복, Zn양극 스프레이 등을 부착시켜 회전 및 정지하면서 실험을 실시하였다.



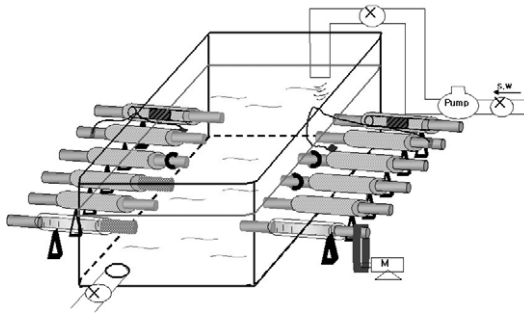
- ① : 내부 Zn 양극 코팅 및 수중부 절연 피복
- ② : Ring Zn 양극 연결 ③ : 무방식 및 수중부 절연피복
- ④ : Ring Al 양극 연결 ⑤ : 무방식
- ⑥ : 축 Brush 연결 및 Al 양극 전선 연결

[그림 4] 여러 가지의 샤프트 배치 전경사진

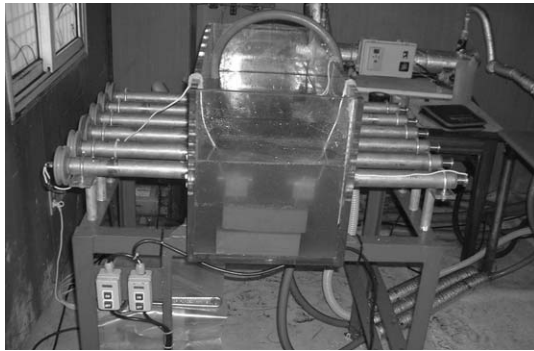
<표 1>은 축 시험편 종류를 나타낸 것이고, [그림 5~7]은 시험장치의 외관도 등을 나타낸 것이다.

<표 1> 시뮬레이션용 방식 및 무방식 조건의 축 시험편 종류

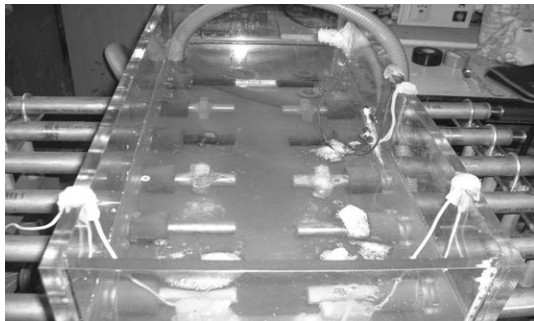
	시험편 종류별 번호 설명	비고
구동부	1번 시험편: Zn코팅+수중부 절연피복(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	2번 시험편: Ring Zn 연결(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	3번 시험편: 무방식+수중부 절연피복(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	4번 시험편: Ring Al연결(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	5번 시험편: 무방식(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	6번 시험편: 축 브러쉬 연결+Al전선 연결(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
정지부	7번 시험편: Zn코팅+수중부 절연피복(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	8번 시험편: Ring Zn 연결(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	9번 시험편: 무방식+수중부 절연피복(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	10번 시험편: Ring Al연결(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	11번 시험편: 무방식(Drive축)한 샤프트의 자연전위	
	12번 시험편: 축 브러쉬 연결+Al전선 연결(Drive축)한 샤프트의 자연전위	



[그림 5] 다중 시편 축계 부식 시뮬레이션 시스템



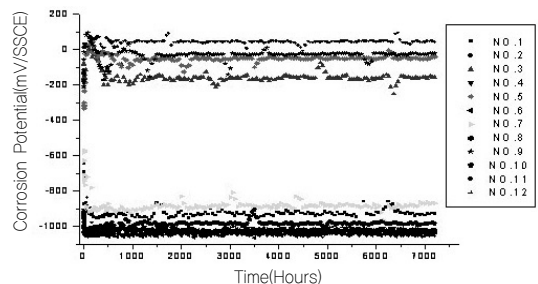
[그림 6] 실험장비 전체 전경사진



[그림 7] 수중부 샤프트 전경사진

[그림 8]은 300일간 측정된 시뮬레이션 축 시험재의 자연전위 변화 그래프이다. 이를 검토하면 다음과 같다. 무방식한 시험편(3, 5, 9, 11)인 경우 일정한 범위 내에서 자연전위값을 나타낸다. 이들

의 값들은 거의 일정하게 유지되고 있지만 갑자기 전위값이 요동(Fluctuation)하는 값을 나타내기도 한다. 이와 같은 이유는 축 표면의 부식생성물인 FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 등이 일시적으로 결합력을 잃어 표면에서 떨어져 나감으로서 전위값의 변화가 생긴다고 생각된다. 또한, 희생양극 종류별로 방식한 시험편(1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 12)은 큰 변화 없이 대체적으로 일정한 값을 나타낸다. 이와 같은 이유는 양극이 표면에 고르게 부착되어서 전위값의 변화가 일정하다는 것을 알 수 있다. 일부 요동하는 것은 양극의 일부가 떨어지면서 이와 같은 값을 나타내었다고 생각된다. 또한 최적방식전위 ($-90\text{mV}/\text{SCE}$)보다 약 $-100\text{mV}/\text{SCE}$ 정도 더 낮은 값을 나타내고 있는데, 이러한 경우는 과방식의 우려가 있으나, 이것은 실험실적인 분위기에서 실시한 것이므로 온도, 습도, 해수내의 무기물량 등이 다르게 나타나므로 그 값은 차이가 있을 것으로 생각한다. 이것은 실제로 해양의 분위기에서는 STS강의 최적 음극방식 전위값인 $-800\sim-900\text{mV}/\text{SCE}$ 가 나올 것인지 확인하여 희생양극의 성분조절에 따른 성능 보강이 필요할 것으로 생각한다.



[그림 8] 300일간 측정된 시뮬레이션 축 시험재의 자연전위 변화



[그림 9]는 앞서 기술한 바와 같이 약 300일간 시물레이션에서의 축의 무방식한 시편과 Al 방식한 부식 진행 실험 사진이다. 이것에 대해 분석한 결과는 다음과 같다.

- 구동축의 무방식인 시험편(5번시편)은 축이 많이 부식되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은 유속 및 산소 농도에 의한 틈부식 및 갈바닉부식이 촉진되었다고 생각된다.
- 구동축의 Al양극을 부착한 시험편(4번시편)의 경우, Al희생양극에 의한 음극 방식전류의 영향으로 $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$ 의 양극반응이 억제되며, 축 음극 표면에 전체적으로 용출한 Al^{3+} 희생양극이온이 $Al(OH)_3$ 생성물이 부착·보호되어 방식 되고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 실제 FRP어선 STS축계에 이와 같은 원리의 음극 방식을 적용할 경우, STS축계의 부식문제를 해결할 수 있다는 것을 증명하는 것이다.

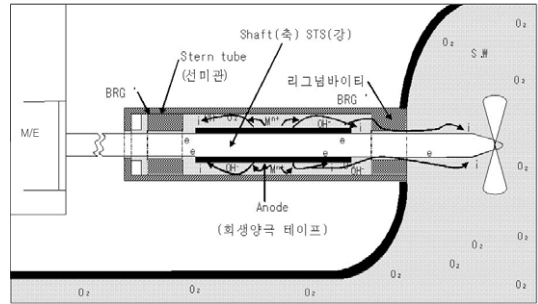
일반적으로 부동태 산화피막으로 내식성을 갖는 금속은 틈부식에 특히 민감하다. STS, Al, Ti등은 이러한 금속으로서 Cl^- 이온, H^+ 이온에 의해서 쉽게 부동태 산화피막이 파괴된다. 그러나 틈부식이 발생하기 위해서는 활성화 에너지 장벽을 넘어서야 한다. 즉 긴 잠복시간이 요구되고 일단 부식이 발생하게 되면 가속도적으로 증가하게 된다. 이러한 틈부식으로 인해 결국은 금속은 수명이 단축되는 결과를 가져오게 된다.

STS축계에서는 틈부식으로 인해 금속(Fe^{2+})이 가속도적으로 부식이 진행되면 자기 증식(Self-propagating)과정을 거쳐 Cl^- 이온농도가 틈 바깥에 비해 3~10배정도 많아지고, pH는 2~3정도로 강산성으로 변화한다. 또한, 틈내부에서는 부식속도가 증가할수록 그 인접영역의 표면에서는 산소 환원속도가 더욱 빨라진다. 결국 부식은 틈내부만 국한되고 다른 영역은 거의 또는 전연 부식이 발생하지 않게 된다. 이러한 금속용해로 인해서 발생한 전자는 산소환원반응에 의해서 즉시 소비된다.

따라서 금속의 이산화(Fe^{2+})를 방지하기 위해서는 앞서 전기화학적 음극방식 원리 응용에 대해서 기술한 것처럼 [그림 10]~[그림 12]에서 나타내는 바와 같이 축 주위에 희생양극(Al, Zn등)을 설치하여 축을 보호할 필요가 있다. [그림 10]은 FRP 소형어선의 구조에 따른 축계 음극방식 적용 예로서 해수와 직접 접하는 곳에서 축에 희생 양극을 설치하여 희생양극은 쉽게 수화되고 이때 발생하는 전자는 축 전체로 이동하여 산소환원반응 및 수산기 이온을 하나씩 생성하게 된다. 또한, 희생양극은 [그림 9]에서의 4번 시험편에서 보는 바와 같이 축 표면에 전착되어 축 표면을 보호하게 된다. 결국은 STS강 대신 희생양극이 부식이 진행되어 금속을 보호하게 된다. [그림 11]은 FRP 소형어선의 외판에 희생양극을 부착하는 방식으로서 선체 외판과 축을 동시에 보호할 수 있다. 그림 [그림 12]는 틈부식이 발생하기 쉬운 내부에 희생양극을 설치하여 그 효과를 극대화 할 수 있는 응용 예이다.

종류	시험편 사진
Al양극 (4번 시험 구동축)	
무방식 (5번 시험 구동축)	

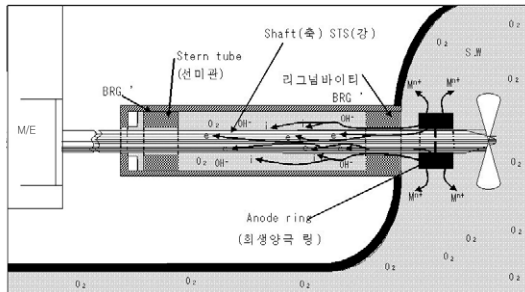
[그림 9] 무방식과 Al희생양극에 의한 음극방식한 STS축의 관찰 비교(2005. 11. 2 - 300일 경과)



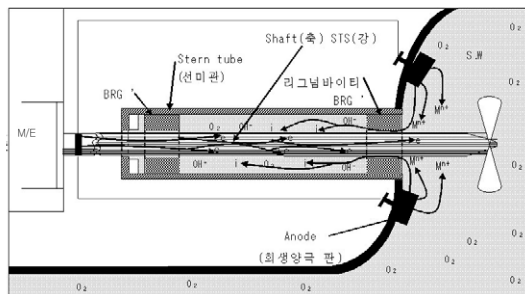
[그림 12] FRP 소형선박의 구조에 따른 축계의 음극방식 적용 및 방식원리 예(C)

4. 개발된 방식시스템의 선박에서의 검증시험

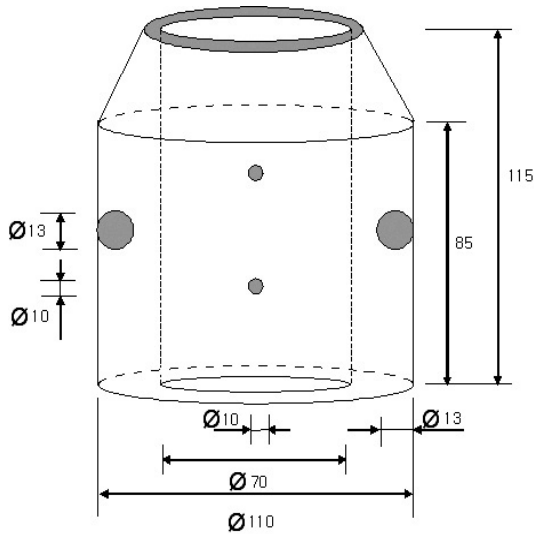
개발된 방식시스템의 선박에서의 검증시험을 위하여 축계 구성재의 전기화학적 음극방식을 위한 희생양극의 형상은 간이적으로 그림 [그림 13]과 같이 고안, 설계하였다. 여기서 앵글이 있는 부분의 직경은 65mm, 70mm, 80mm, 90mm의 크기로 만들었으며, 여기서는 유속의 영향을 고려하여 앞부분에 30도 정도의 앵글각을 두었고, 뒤쪽에는 사각형 형태로 설계하였다. 또한 축과 양극과의 조임은 볼트를 이용하여 조이도록 하였다. 또한 이것은 균형을 잡기 위해서 양쪽 측면에 육각렌치로 조일수 있는 홈을 파서 정확한 균형을 잡도록 설계하였다. 한편 축 브러쉬 타입의 축계의 단락장치는 선체와 축과의 연결을 위해서 99.99%의 순은으로 축주위를 감은 후 축계 단락 장치가 축에 접촉할 수 있도록 신축성을 두어 제작하였다. 또한, 양극과 연결된 전선 피복선을 연결하였으며, 연결부분이외의 나머지 부분 즉, 축계장치는 절연페인트로 절연시켜 완성하였다.



[그림 10] FRP 소형선박의 구조에 따른 축계의 음극방식 적용 및 방식원리 예(A)



[그림 11] FRP 소형선박의 구조에 따른 축계의 음극방식 적용 및 방식원리 예(B)



[그림 13] Al희생양극재의 형상 단면도



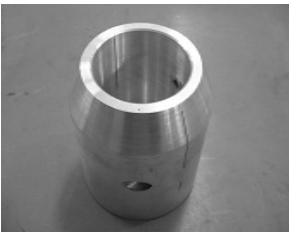


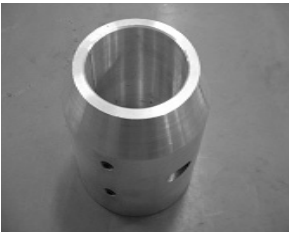
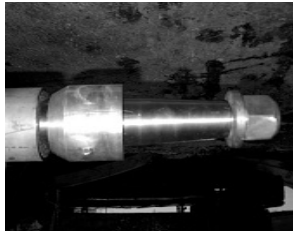
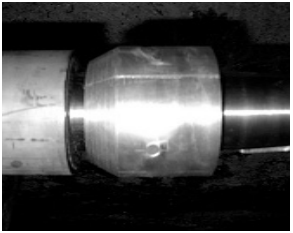

음극방식을 위한 Al계 희생양극이 축계 구성재에 미치는 효과를 조사하기 위해서 군산, 여수, 통영에 있는 FRP 소형어선의 STS강 축계에 각각 양극을 제작하여 설치하였다. 설치 지역을 다양화 한 것은 그 지역의 염분 농도, 용존 산소농도, 오염도, 생물학적 유기체, 전류, 온도 등이 다른 것을 감안하여 그 영향을 파악하기 위한 것이다. [그림 14]는 FRP 소형어선에 설치한 양극 형상을 나타내고 있다. 90mm직경의 양극과 80mm양극은 여수항에 있는 소형어선에 설치하였다. 90mm직경의 양극은 Angle(각)이 90°인 부분과 선미관에 끝단에 있는 리그남바이트 사이의 거리를 약 2cm정도 두어 설치하였고, 80mm직경의 양극은 Angle이 30°인 부분과 선미관에 끝단에 있는 리그남바이트 사이의 거리를 약 30cm정도 두어 설치하였다. 또한, 65mm직경의 양극은 Angle이 30°인 부분과 선미관에 끝단에 있는 리그남바

이트 사이의 거리를 약 2cm정도 두어 설치하였다. 이와 같이 직경에 따라 양극의 위치를 변화시킨 것은 양극의 형태가 축내·외부에 미치는 효과를 분석하고, 미세하나마 유속의 영향을 파악하기 위해서였다. 또한 원통양극은 축에 고정시키기 위해서 4개의 볼트로 조임하고, 볼트 조임 후에는 시멘트로 볼트 부분을 보강해서 볼트 풀림에 따른 양극의 이탈을 방지하였다. 프로펠러와 선미관에 끝단에 있는 리그남바이트 사이에 설치할 때에는 어선 작업시 그물 등이 감길 염려가 있으므로 양극현상의 설계제작에 세심한 고려-고안을 필요로 한다고 사료된다. 한편, [그림 15]는 FRP 소형선박에 설치한 축 브러쉬 (축계 단락 장치, Shaft Device Grounding)양극 형상을 나타낸다. 축계 단락 장치가 선박에서 사용되는 용도는 추진축이 리그남바이트나 중간베어링의 윤활유에 의해서 추진축과 선체가 단절이 되는 부유(浮游)상태로 있기 때문에 선체와의 단절이 된다. 따라서 해수중에 있는 프로펠러와 슬리브 등의 동합금과 선체 철강재와의 사이에 전위차가 발생하게 되며 해수중의 축계와 선체간의 접근한 곳에서 갈바닉전류가 흐르며 유해한 전식작용이 일어날 수 있다. 이로 인해 발생하는 부식을 최소화하기 위해 축계 단락 장치를 설치하여 추진축과 선체를 어스시켜 선체와 축계와의 전위차를 감소시킨다. 본 연구에서는 이 축계 단락장치의 원리를 이용하여 음극방식용 희생양극과 추진축을 연결해서 추진축이 희생양극에 의해 음극 보호되어 질 수 있도록 고안 설치하였다.


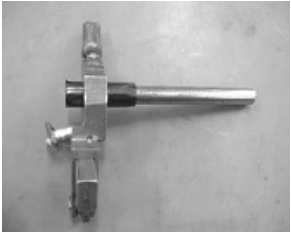

기관실 Main Engine부의 STS강 축계의 연결방식은 전기저항을 최소화 시킬수 있는

99.99% 순은관을 가공하여 제작했다. 이때 연결봉 축 브러쉬는 실제 선박에서 사용하고 있는 것과 유사하며, 이 축 브러쉬와 연결되어 음극 방식 역할을 희생양극은 70cm×20cm길이로 준비하였다. [그림 16]은 축 브러쉬 Type 형상 및 양극의 설치 모습을 나타내고 있다. 양극의 형상은 직사각형 형태의 충분한 크기로 선미관 끝단위 선체부분에 설치하였다. 양극을 선미관 끝단 위에 설치한 이유는 가능한 축의 공식을 방지하는 Si이온을 최대한 축과 가까운 거리에 두어 방식효율을 높이기 위한 것이다. 그리고

양극과 양극사이에 볼트를 추가로 넣고 그사이에 전선을 축 브러쉬와 연결한 후에 바닷물에 노출되는 것을 방지하기 위하여 석면을 이용한 FRP재로 감쌌다. 또한 축 브러쉬를 축에 설치하기 위해서 먼저 은에 벤딩을 이용하여 은의 가장자리 양쪽을 조인후 브러쉬를 은에 접촉하도록 설치하였다. 그리고, 축 브러쉬가 축과 전기적으로 연결되는 것을 방지하기 위하여 절연 페인팅 후 절연 테이프로 감싸서 완전히 절연시켰다. 이러한 이유는 가능한 희생양극이 축의 부식방지의 효과에 미치는 영향을 최소화하기

구분 양극 직경(장소)	Shaft 연결	확 대	양극 형상
90mm (군산)			
80mm (여수)			
65mm (통영)			

[그림 14] FRP 소형선박에 설치한 양극 형상

	은(Ag)	축계 단락 장치	양 극
축 브러쉬 Type			

[그림 15] FRP 소형선박에 설치한 축계 단락 장치 양극 형상

구 분 (설치장소)	선체 연결	양극확대	양극측면
양극 (통영)			
구 분 (설치장소)	축계 단락 장치 전체	축계 단락 장치 확대	축계 단락 장치 절연
축계 단락 장치 (통영)			

[그림 16] 축 브러쉬 Type 형상 및 양극

위함이다.

이러한 선박에서의 음극방식을 이용한 AI계 희생양극의 검증 결과에 대해서는 연구기간의 짧음에 따른 3차년도 연구사업에서 희생양극의

상태를 파악하여 희생양극의 효율에 대한 결과를 도출하고자 하며, 이러한 AI계 경량합금재의 효율성을 높이기 위하여 다각적인 설계 및 제작이 이루어져야 될 것으로 보여진다.

5. 결 론

‘FRP 어선 2종 스테인리스강 축의 음극방식을 위한 실용설계 및 적용방안’에 관한 연구 결과를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- FRP 어선 축계의 부식현황 조사 및 부식 시뮬레이션 실험 결과에 의하면, FRP 어선의 STS강 2종축에 대한 부식원인은 선박의 구조 Type에 따라 틈부식(Crevice Corrosion)과 갈바니부식(Galvanic corrosion)은 물론 경우에 따라 선박 내 발 전기에서 유출되는 미주전류부식(Stray Current Corrosion)에 의한 원인이 각각 또는 조합되어 나타나는 것으로 해석할 수 있었다.
- 최적음극방식이론 설계 및 방식 시뮬레이션 결과에 의하면, 피 방식체인 축계 STS 304 강재의 최적음극방식전위 구간은 -775~-995mv/sec이고, 이 방식 전위를 유지하기 위한 희생양극(Sacrificial Anode)은 Zn합금 양극이 다소 효율적이라고 판단된다. 반면, 소형어선의 축계에 Ring-type으로 제작하여 사용하는 실용적인 측면에 있어서는 경량의 Al계 합금양

극이 소형어선의 프로펠러 축계 구동에 부하를 훨씬 감소시키게 되므로 상대적으로 유리하다고 사료된다.

- 300일 동안의 시뮬레이션은 물론 FRP 소형어선의 음극방식을 직접 적용 시험하여 축의 상태를 비교분석한 결과에 의하면, 무방식한 것은 STS강 축에 많은 부식이 진행되었으나 음극방식한 조건의 경우의 축은 부식이 전혀 진행되지 않았음을 관찰 확인 할 수 있었다. 즉 희생양극에 의해 음극방식한 축의 경우는 그 음극방식전류의 영향으로 $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$ 의 양극반응이 억제되었기 때문이라고 사료된다.

2006년도 제3차년도 연구사업('06.2.9~10.31)에서는 상기 음극방식의 2종 스테인리스강 축을 사용하고 있는 FRP 어선을 대상으로 효율적이고 경제적인 경량의 Al계 희생양극을 응용 설계·제작하여 실용화하기 위한 제품 개발을 목표로 하고 있으며, 협동연구기관과 참여기업과의 유기적인 정보 교환을 통하여 더욱더 저렴하고 효율성이 높은 Al계 경량합금재를 보급하여 FRP 어선 2종 스테인리스강 축의 선미관내 공식 발생 등의 부식 현상을 완전히 해소할 수 있도록 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 'UHLIG'S CORROSION HANDBOOK', R. Winston Revie, (John Wiley & Sons Inc.), 2000
2. G.C.Wood, W.H.Sutton, J.A. Richardson, T.N.K, Riley and A.G.Malherbe ; Localized Corrosion, NACE, 526, 1974
3. Denny A. Jones, N. Ramachandran Nair, Corrosion NACE, Vol.41[6], 357, 1985
4. 알루미늄 핸드북, (社)일본輕金屬協會, 1988
5. 杉本澤田, 森岡 ; 日本金屬學會, Vol.34, 312, 1970
6. '알루미늄 표면技術便覽', 日本輕金屬出版, 1980
7. 內山休男 ; 日本防食技術, Vol.39, 263~270, 1980
8. '防食技術便覽', p516, 日本腐食防食協會, 1985
9. 金子富士男, 柴田孝夫, 長坂孝雄, 日本金屬表面技術, Vol.32[2], 89, 1981
10. 井康彦外, 日本輕金屬學會, Vol.38[2], 114, 1988
11. 嶋摩 ; 日本金屬協會, Vol.46, 973, 1982
12. 高橋務 ; 日本防食技術, Vol.32, 424~425, 1983
13. 馬飼野信一 ; 日本防食技術, Vol.32, 712~717, 1983
14. '電氣化學便覽', 日本電氣化學協會(丸善(株)), 1985
15. 'ALUMINIUM', Kent R. Van Horr, American Society for Metals, 209, 1982
16. 'Pitting Corrosion of Metal' ; Z.Szklarska-Smialowska, NACE, 39, 1986
17. '실용방식공학' ; 전대희(태화출판사), 1989
18. 李明勳外2, 日本金屬學會, Vol.57[6], 686~691, 1993
19. 일본학술진흥회 제 97위원회 전기방식 제 12 분과회보고. [유전양극시험법 및 등 해설]방식 기술, 19, 190(1970)
20. 부식방식협회 54-1 유전양극시험법분과회 보고, [유전양극시험법 및 등 해설] : 방식 기술, 31, 612(1982)
21. Australian Standard, Association of Australia, 2239-1979
22. NACE STANDARD TM 0190-90(1990)
23. 부식방식협회 제87회 부식방식 심포지움 자료(1991)
24. DET NORSKE VERITAS : Recommended Practice RP B401 Cathodic protection Design, Mar 1986

이 논문은 선박검사기술협회 자체연구개발 사업으로 이루어진 것임을 밝힙니다.