

# 가속환경시험을 통한 탈/부착식 족장용 영구자석의 내구성 평가 Evaluation of Durability for Permanent Magnet of Attachable/Detachable Scaffolding under Accelerated Aging Environment

\*황영은<sup>1</sup>, 오진오<sup>1</sup>, 이길형<sup>1</sup>, 김세웅<sup>2</sup>, 박완호<sup>3</sup>, 서동우<sup>3</sup>, #윤성호<sup>2</sup>

\*Y. E. Hwang<sup>1</sup>, J. O. Oh<sup>1</sup>, G. H. Lee<sup>1</sup>, S. W. Kim<sup>2</sup>, W. H. Park<sup>3</sup>, D. W. Seo<sup>3</sup>, #S. H. Yoon(shyoon@kumoh.ac.kr)<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>금오공과대학교 기계공학부 대학원, <sup>2</sup>금오공과대학교 기계공학부 교수, <sup>3</sup>엔에스티 기술연구소

Key words : Permanent Magnet, Mechanical Properties, Accelerated Aging Environmental Test

## 1. 서론

조선소 현장에서 적용되고 있는 족장은 선박 벽면에 철판을 용접하여 사다리 구조물을 철차로 연결한 방식과 작업장에 외부 철 구조물을 제작하는 방식이 있다. 이러한 방식들은 족장 설치 및 제거 시간이 많이 들고 고비용이 요구될 뿐 아니라 해체 후 운반 보관에도 많은 시간과 비용이 발생하게 된다. 따라서 기존 족장의 단점을 보완하기 위해 탈/부착 성능이 우수한 영구자석을 이용하여 조선소 현장에 직접 적용 가능한 탈/부착식 족장을 개발하고자 하는 연구가 진행되어져 왔다[1].

영구자석을 이용한 탈/부착식 족장이 조선소와 같은 환경에 장기간 적용되기 위해서 족장의 성능이 유지되어야 하며 특히 족장의 성능에 크게 미치는 영구자석에 대해 자연환경인자를 고려한 내구성의 조사가 필요하다. 본 연구에서는 조선소 현장에서 영구자석이 받게 되는 저온, 고온, 염분 등의 환경인자의 노출시간에 따른 영구자석에 대한 인장시험과 전단시험을 수행하여 영구자석의 내구성을 평가하였다.

## 2. 가속환경시험

Fig. 1에는 영구자석을 적용한 탈/부착 족장이 사용되어지는 해수환경, 고온환경, 저온 환경 등에 노출된 영구자석에 대한 염수침수시험, 고온시험, 저온시험 사진이 나타나 있다. 염수침수시험을 위해서는 염수용액이 담긴 용기에 영구자석을 규정된 기간 동안 완전 침수시켰다. 이때 염수용액은 염화나트륨 순도 99.9%의 정제염과 증류수를 혼합하여 해수와 가장 유사하도록 만든 5% 소금물이며 해수용 비중계를 사용하여 비중계 눈금이 1.0259~1.0329에 되도록 제조하였다[2,3]. 영구자석에 대한 고온 환경시험인 경우 오븐을 사용하였으며 오븐 내부 온도는 80℃를 적용하였다. 영구자석에 대한 저온환경시험을 위해서는 일정한 저온을 적용할 수 있는 냉동 챔버가 적용되었으며 챔버 내부 온도는 -25℃를 적용하였다. 특히 고온 및 저온 환경시험이 진행되는 동안 내부 온도가 일정하게 유지되도록 점검하였다. 염수침수, 고온 및 저온 환경에 대해 영구자석의 노출시간은 각각 1일, 3일, 5일, 7일, 9일을 고려하였으며 노출 전과 비교하여 영구자석의 내구성을 조사하였다.

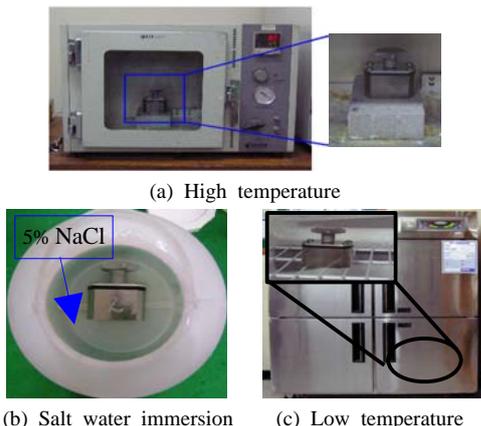
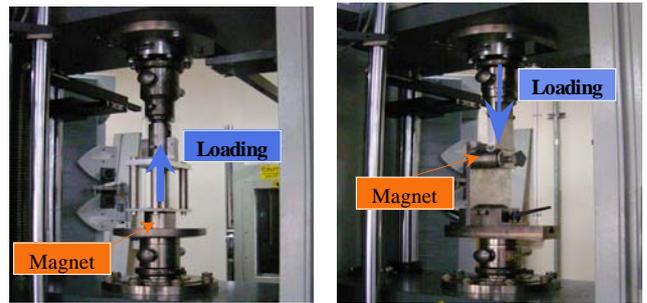


Fig. 1 Environmental tests for permanent magnet.

## 3. 기계적 특성 시험

환경인자가 영구자석의 기계적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 영구자석에 대해 인장시험과 전단시험을 수행하였다. Fig. 2에는 영구자석의 인장시험 및 전단시험이 나타나 있다. 이때 시험치구는 로드셀에 대한 자력의 영향을 배제하기 위해 영구자석 부착면을 제외하고 모두 알루미늄으로 제작하였다. 하중시험장치는 Zwick/Z100 (Zwick, Germany)으로 하중은 0.5mm/min의 변위 제어상태로 가하였다. 작용하중과 변위 등의 자료는 A/D 변환장치가 장착된 개인용 컴퓨터를 통해 수집하였다. 영구자석의 인장시험 및 전단시험은 각 환경인자의 노출시간에 따라 수행되었으며 각 노출시간에서 3회 반복하여 수행하였다.



(a) Tensile test (b) Shear test  
Fig. 2 Mechanical tests for permanent magnet.

## 4. 시험 결과

Fig. 3에는 인장시험을 통해 얻은 영구자석의 전형적인 하중-거리 선도가 나타나 있다. 여기에서 보면 하중은 선형적으로 증가하다가 최대하중에 이르게 되면 영구자석과 피부착면이 서로 분리되면서 점차 감소한다. 이러한 양상은 3회 반복 수행된 시험결과에서도 동일함을 알 수 있다.

Fig. 4에는 염수침수환경, 고온환경, 저온환경에서 영구자석의 노출시간에 따른 최대인장하중 변화가 나타나 있다. 여기에서 보면 고온환경에 노출되기 전의 경우 최대인장하중의 평균은 2579N이며 1일 노출이 되면 2579N, 3일 노출은 2595N, 5일 노출은 2570N, 7일 노출은 2619N, 9일 노출은 2557N을 나타낸다. 노출시간에 따라 증감이 반복되는 양상이 나타나지만 최대 9일 노출이 되면 0.8% 정도 감소한다. 염수침수환경에 노출되기 전의 경우 최대 인장하중의 평균은 2638N이며 1일 노출은 2558N, 3일 노출은 2570N, 5일 노출은 2627N, 7일 노출은 2651N, 9일 노출은 2558N을 나타낸다. 마찬가지로 노출시간에 따라 증감이 반복되는 양상이 나타나며 최대 9일 노출이 되면 3.0% 정도 감소된다. 저온환경에 노출되기 전의 경우 최대인장하중의 평균은 2534N이며 1일 노출은 2553N, 3일 노출은 2654N, 5일 노출은 2596N, 7일 노출은 2602N, 9일 노출은 2627N을 나타낸다. 영구자석이 저온환경에 노출이 되면 노출시간에 따라 최대인장하중은 점차 증가하는 양상이 나타난다. 환경인자에 노출된 영구자석의 최대 인장하중은 노출시간에 따라 노출 전에 비해 증감하는 양상이 나타나지만 최대 증가폭이 5% 미만임을 알 수 있다. 이로 미루어

보면 영구자석은 환경인자에 큰 영향을 받지 않고 비교적 안정적인 임을 알 수 있다.

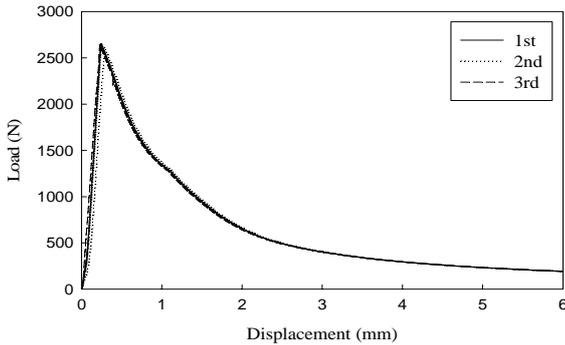


Fig. 3 Typical load-displacement curve for tensile test.

판단된다. 이러한 현상으로 인해 영구자석의 최대전단하중은 노출시간이 증가함에 따라 점차 감소한다.

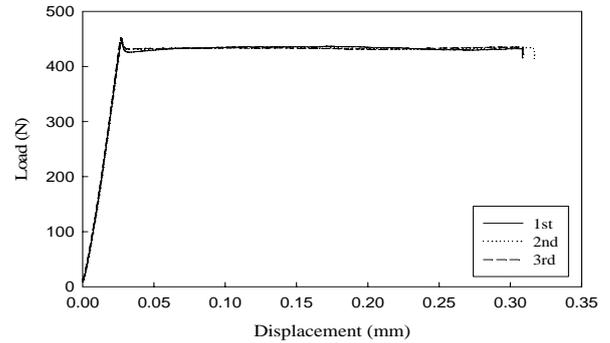


Fig. 5 Typical load-displacement curve for shear test.

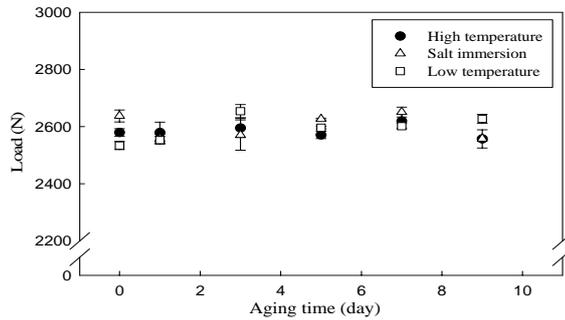


Fig. 4 Maximum tensile load with various aging time in environmental conditions.

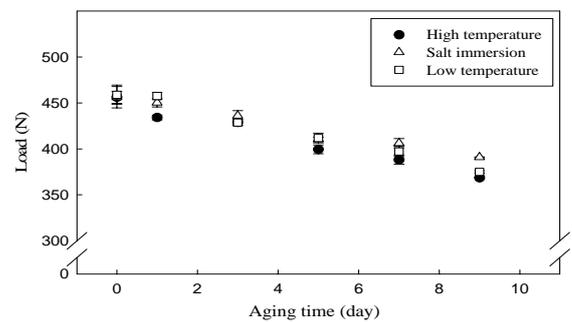


Fig. 6 Maximum shear load with various aging time in environmental conditions.

Fig. 5에는 전단시험을 통해 얻은 영구자석의 전형적인 하중-거리 선도가 나타나 있다. 여기에서 보면 450N 부근까지 점차 선형적으로 증가하다가 하중이 더 이상 가해지면 영구자석이 피부착면에서 미끄러짐이 발생하면서 작은 폭의 하중 감소를 나타내고 이후 영구자석은 다소 일정한 하중을 유지하면서 피부착면을 따라 이동함을 알 수 있다. 또한 3회 반복 시험을 하더라도 같은 양상의 시험결과가 나타남을 알 수 있다.

Fig. 6에는 염수침수환경, 고온환경, 저온환경에서 영구자석의 노출시간에 따른 최대전단하중 변화가 나타나 있다. 여기에서 보면 고온환경에 노출되기 전의 경우 최대전단하중의 평균은 448N이며 1일 노출은 434N, 3일 노출은 429N, 5일 노출은 399N, 7일 노출은 388N, 9일 노출은 369N을 나타낸다. 노출시간이 증가함에 따라 점차적으로 감소하는 양상을 나타내며 9일 노출이 되면 노출 전에 비해 17.6% 정도 감소한다. 염수침수환경에 노출되기 전의 경우 최대전단하중 평균은 452N이며 1일 노출은 450N, 3일 노출은 436N, 5일 노출은 410N, 7일 노출은 406N, 9일 노출은 391N을 나타내며 염수침수환경에 최대 9일 노출이 되면 노출 전에 비해 13.5% 정도 감소한다. 고온환경에서와 마찬가지로 염수침수환경에 영구자석이 노출이 되면 노출시간에 따라 점차 감소함을 알 수 있다. 저온환경에 노출되기 전의 경우 최대전단하중 평균은 440N이며 1일 노출은 457N, 3일 노출은 429N, 5일 노출은 412N, 7일 노출은 397N, 9일 노출은 375N을 나타낸다. 노출 초기에 최대전단하중이 다소 증가가 진행되지만 노출 시간이 더 길어지면 점차 감소함을 알 수 있고 최대 9일 노출이 되면 노출 전에 비해 14.8% 정도 감소함을 알 수 있다. 환경인자에 노출된 영구자석의 최대전단하중은 노출시간에 따라 점차 감소함을 알 수 있다. 이는 인장시험을 통해 알 수 있듯이 자석의 중심 내부에 위치하고 있는 영구자석인 이동자석과 고정자석은 환경인자에 영향을 받지 않지만 이러한 영구자석을 감싸고 있는 케이싱의 표면에 노화가 발생하여 전단하중이 작용되면 피부착면과 케이싱의 부착면 사이에 마찰력이 감소되었기

본 연구에서는 영구자석을 적용한 탈/부착식 족장이 설치되어 지는 조선소의 환경을 고려하여 저온, 고온, 염분 등과 같은 환경인자에 영구자석이 노출될 경우의 환경시험을 수행하고 노출시간을 달리한 영구자석에 대해 인장시험과 전단시험을 수행하였다. 환경인자에 영구자석이 노출된 경우 인장 시험을 통해 얻어진 영구자석의 최대인장하중은 환경인자에 노출이 되어도 비교적 안정적이지만 영구자석의 최대전단하중은 환경인자에 노출된 경우 노출 전에 비해 노출시간에 증가함에 따라 점차 감소하였다. 이에 대한 원인은 환경인자에 영구자석이 노출 되면 영구자석의 케이싱 표면에 노화가 발생하여 구조물의 부착면과 케이싱의 부착면 사이에 발생하는 마찰력이 감소되었기

### 5. 결론

후기

본 연구는 2007년 중소기업청의 산학연협력 기업부설연구소 설치 사업의 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

1. 이길형, 황영은, 오진오, 김세웅, 이상원, 서동우, 윤성호, "영구자석을 적용한 탈/부착식 족장 개발," 한국정밀공학회 춘계 학술대회, 647-648, 2008.
2. ASTM D1141, Annual Book of ASTM Standards, 11.02, American Society for Testing and Materials, 2003.
3. ASTM B117-97, Annual Book of ASTM Standards, 03.02, American Society for Testing and Materials, 1997.