

영구자석을 적용한 탈/부착식 족장 개발

Development of Attachable/Detachable Scaffolding using Permanent Magnet

*이길형¹, 황영은¹, 오진오¹, 김세웅², 이상원³, 서동우³, #윤성호²

*G. H. Lee¹, Y. E. Hwang¹, J. O. Oh¹, S. W. Kim², S. W. Lee³, D. W. Seo³, #S. H. Yoon(shyoon@kumoh.ac.kr)²

¹ 금오공과대학교 기계공학부 대학원, ² 금오공과대학교 기계공학부 교수, ³ 엔에스티 기술연구소

Key words : Attachable/Detachable Scaffolding, Permanent Magnet, Mechanical Properties, Structural Test

1. 서론

족장은 조선소 천장 공사나 선박의 탱크 내부 등 높은 곳에서 하는 작업을 위해 설치하는 임시 가설물로 재료 운반이나 작업자의 이동 및 발판 역할을 하는 중요한 구조물이다. 조선소 현장에서 적용되는 기존의 족장은 족장을 고정하기 위한 지반이 필요하므로 공간의 제약이 있을 뿐 아니라 기계적 체결과 용접으로 족장을 조립함으로써 설치 및 제거시간이 많이 소요된다. 또한 해체 후 운반 및 보관에도 많은 시간과 비용이 발생한다.

영구자석은 우수한 탈/부착 성능으로 인해 산업현장에 널리 적용되어 왔으며 영구자석을 적용한 구조물의 개발 및 연구가 수행되어 왔다[1-4]. 이러한 영구자석의 성능을 족장에 적용한다면 기존 족장의 단점을 보완할 수 있을 뿐 아니라 선박 건조를 위한 작업장의 환경 개선 및 족장의 제작/설치에 따른 비용 절감을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 기존 용접 또는 조립식 족장을 대체하기 위해 영구자석을 적용한 탈/부착식 족장을 개발하고자 하였다. 이를 위한 우선 족장의 개발에 적용 가능한 영구자석을 선정하여 이들의 기계적 특성을 평가하고 족장 개발에 적용되는 영구자석 간의 배치에 따른 족장의 성능을 평가하였다.

2. 탈/부착식 족장 구조

Fig. 1에는 영구자석이 적용된 탈/부착식 족장의 형상이 나타나 있다. 여기에서 보면 영구자석은 족장의 상부와 하부에 각각 3개씩 총 6개가 적용된다. 영구자석(M5040B, MAGSWITCH)의 내부에는 이동자석과 고정자석이 있으며 이동자석과 고정자석을 둘러싸는 케이싱으로 구성되어 있다. 회전력을 부여하는 스틱을 이용하여 이동자석을 회전시키면 영구자석에는 자력이 발생한다. 영구자석이 적용된 족장은 선박의 내외벽 등 금속제로 된 피부착 구조물에 부착된다.

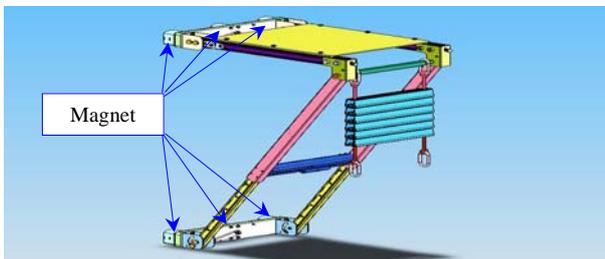
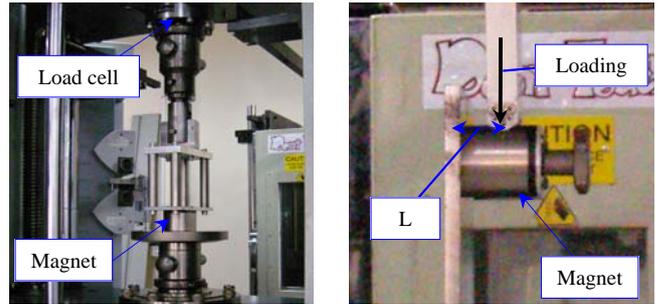


Fig. 1 Attachable/detachable scaffolding using magnet.

3. 영구자석의 기계적 특성시험

탈/부착식 족장에 적용되는 영구자석의 기계적 특성을 평가하기 위해 인장시험과 전단시험을 수행하였다. Fig. 2에는 영구자석의 인장시험 및 전단시험이 나타나 있다. 시험치구는 자력의 영향을 피하기 위해 영구자석 부착면을 제외하고는 모두 알루미늄으로 제작하였다. 하중시험장치는 Zwick/Z100(Zwick, Germany)으로 하중은 0.5mm/min의 변위 제어상태로 가하였으며 A/D 변환장치가 장착된 개인용 컴퓨터를 통해 작용하중과 변위 등의 자료를 수집하였다. 영구자석의 기계적 특성시험은 3회 반복하여 수행하였다. 특히 전단시험에서는 하중작용점에 대한

스팬을 고려하여 Fig. 2(b)에서와 같이 자석의 부착면으로부터 L=15mm, 25mm, 40mm의 각 지점에서 시험을 수행하였다.



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

4. 족장 구조물 시험

Fig. 3에는 영구자석간의 거리에 따른 족장 구조물 시험이 나타나 있다. 여기에서 보면 영구자석이 고정되는 Support part의 상단 부분에는 수평방향으로 2개의 영구자석을 적용하고 하단 부분에 1개의 영구자석을 적용하여 역삼각 형태로 영구자석을 배치하였다. H는 수평방향으로 영구자석간의 거리를 나타내며 V는 수직방향으로 영구자석간의 거리를 나타낸다.

족장 구조물 시험은 수직방향 V의 아래로부터 50mm 간격을 두고 Loc 1, Loc 2, Loc 3, Loc 4로 지정하였다. 또한 수평방향 H는 지정된 각 위치마다 200mm, 300mm, 400mm, 500mm를 고려하였다. 시험은 영구자석의 각 위치에서 3회 반복하여 수행하였다. 하중은 3mm/min의 변위 제어상태로 가하였으며 영구자석 부착면과 하중 작용점과의 거리는 450mm를 적용하였다. 하중작용점에서 집중하중의 영향을 배제하기 위해 40mm×200mm 사각 블록을 이용하여 분포하중으로 가하였다.

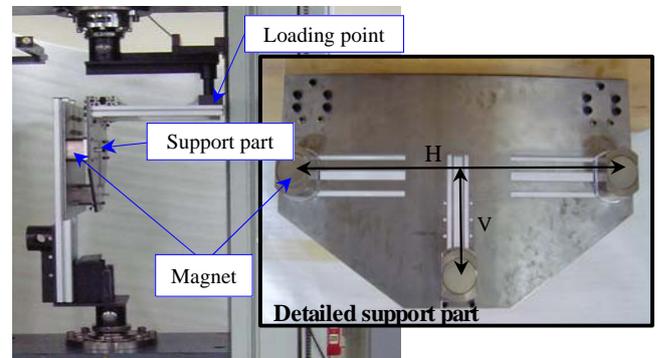


Fig. 3 Structural test by varying with magnet positions.

5. 시험 결과

5.1 영구자석의 기계적 특성 평가

Fig. 4에는 인장시험을 통해 얻은 영구자석의 하중-거리 선도가 나타나 있다. 여기에서 보면 하중은 선형적으로 증가하다가 최대하중에 이르게 되면 영구자석과 스테이지가 서로 분리되면서 점차 하중이 감소함을 알 수 있다. 영구자석과 스테이지와의

간격은 최대하중을 지나면서 발생하며 간격 2mm까지 하중이 급격하게 감소하다가 이후 간격이 더 증가하게 되면 하중은 서서히 감소한다. 3회 반복 수행된 하중-거리 선도를 보면 기울기가 다소 다르게 나타나고 있는데 이는 자석의 상단에 부착되어 있는 핀 조인트가 초기에 인장하중을 받게 되면 불균일하게 접촉되어 하중-거리 선도의 기울기에 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

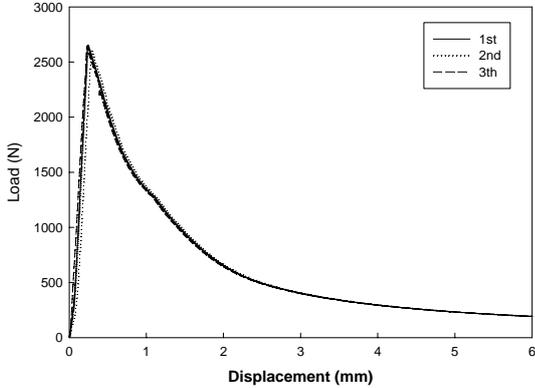


Fig. 4 Load-displacement curve of tensile test.

Fig. 5에는 전단시험을 통해 얻은 영구자석의 하중-거리 선도가 나타나 있다. 여기에서 보면 450N 부근까지 점차 선형적으로 증가하다가 하중이 더 이상 가해지면 영구자석이 부착면에서 미끄러짐이 발생하면서 작은 폭의 하중 감소를 나타내고 이후 영구자석은 다소 일정한 하중을 유지하면서 부착면을 따라 이동함을 알 수 있다. 하중작용점의 스패 길이에 대한 영향을 조사하면 최대전단하중은 스패 길이가 증가할수록 증가하지만 하중-거리의 초기 기울기는 점차 낮아짐을 알 수 있다. 특히 스패 길이가 40mm인 경우는 기울기가 다소 불균일하게 나타나는데 이는 스패 길이가 길어질수록 하중작용점에 대해 자석의 모멘트가 더 크게 발생하기 때문이다. 스패 길이가 짧은 경우는 자석의 케이스에 해당하는 부착면과 피부착면에 균일한 마찰력이 발생하여 선형적인 기울기가 나타난다. 이에 반해 스패 길이가 긴 경우 불균일한 마찰력이 발생하고 케이스의 부착면 하부에 피부착면과 국부적인 마찰력 발생으로 비선형적인 기울기가 나타난다. 또한 스패 길이가 긴 경우의 최대전단하중은 국부적으로 스패 길이가 작은 경우보다 다소 크게 나타난다.

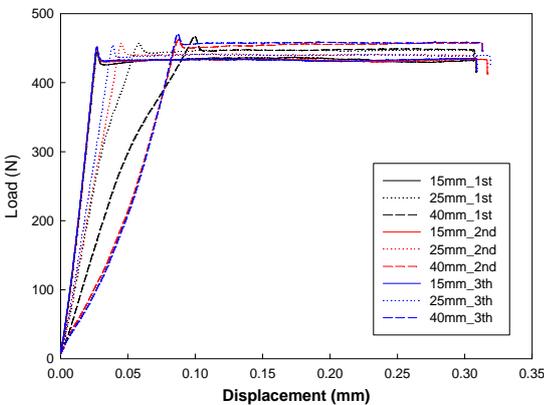


Fig. 5 Load-displacement curve of shear test.

5.2 영구자석간의 거리에 따른 족장 구조특성 평가

Fig. 6에는 영구자석간의 배치에 따른 족장의 구조시험을 통해 얻어진 하중-거리 선도의 변곡하중과 최대하중이 나타나 있다. 변곡하중은 부착면에 영구자석의 전면이 다 부착되어 있는 경우 하중-거리 선도가 선형에서 비선형으로 변화하는 하중이며 최대하중은 변곡하중 이후 하중이 더 증가함에 따라 영구자석의

접착면에 최초 미끄러짐이 발생할 경우의 하중이다.

영구자석의 수직위치인 Loc 1, Loc 2, Loc 3, Loc 4에서의 변곡하중을 살펴보면 영구자석간의 수평거리가 길어질수록 변곡하중은 점차 감소한다. 영구자석간의 수평거리가 200mm일 경우 수직거리 Loc 1에서의 변곡하중은 1169N, Loc 2는 1049N, Loc 3은 850N, Loc 4는 661N으로 변곡하중이 Loc 1에서 가장 높게 나타난다. 하중-거리 선도에서 영구자석의 수직위치인 Loc 2, Loc 3, Loc 4에서의 최대하중은 영구자석간의 수평거리가 길어질수록 최대하중은 점차 감소하지만 영구자석의 수직위치인 Loc 1의 경우 영구자석의 수평거리가 400mm와 500mm에서 최대하중이 다른 수평거리에 비해 높게 나타난다. 이는 하중-거리 선도에서 200mm와 300mm의 경우 비선형 구간에서 급격한 하중감소 후 완만한 하중증가를 나타내었지만 400mm와 500mm의 경우 하중-거리 선도에서 선형구간 이후 급격한 하중감소가 없이 비선형적인 하중 증가를 나타내어 최대하중이 높게 나타난다.

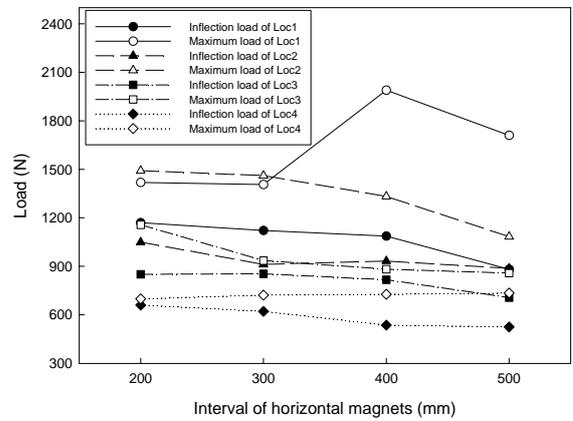


Fig. 6 Results of structure test at regular intervals of magnet positions.

6. 결론

본 연구에서는 영구자석을 적용한 탈/부착식 족장을 개발하기 위해 영구자석의 기계적 특성시험과 영구자석간의 거리에 따른 족장 구조시험을 수행하였다. 영구자석의 인장시험과 전단시험을 통해 영구자석의 성능을 평가하였으며 족장 구조시험을 통하여 영구자석의 배치에 따른 변곡하중과 최대하중을 통해 족장의 설계 조건에 맞는 영구자석의 최적화된 위치를 선정할 수 있었다. 영구자석을 적용한 탈/부착식 족장을 실제 작업환경에 적용하기 위해서는 이동 및 설치의 용이성을 확보하기 위한 족장 경량화 연구 및 족장의 운용환경을 고려한 내구성 평가가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

후기

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

참고문헌

1. 한승철, 이화조, "자력선 유도를 이용한 벽면 이동 로봇용 영구자석바퀴의 탈착에 관한 연구", 19, 143-149, 2002.
2. 한승철, 이화조, 김은찬, "영구자석 휠을 이용한 벽면 이동 로봇의 설계시의 제약사항들에 대한 연구", 21, 77-84, 2004.
3. Ohji, T., Ichiyama, S., Amei, K., Sakui, M., Yamada, S., "A new conveyor system based on a passive magnetic levitation unit having repulsive-type magnetic bearings", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 272-276, E1731-E1733, 2004.
4. 한형석, 성호경, 신병천, "영구자석을 이용한 자기부상열차 개발 동향", 한국철도학회지, 30, 36-41, 2006.