

호이스트 및 크레인에 적용 가능한 안전후크와 X-jog 제품 설계 및 제작

나현호*† · 김도정** · 최주석** · 오우준** · 박제웅*** · 이천호****

*, ** (재)한국조선해양기자재연구원, *** 조선대학교, **** 디지털 산업기전

Product Design and Manufacture on Safety Hook and X-jog for application in Hoist and Crane

Hyun-Ho Na*† · Do-Jung Kim** · Ju-Seok Choi** · Woo-Jun Oh** · Jae-Woong Park*** · Chon-Ho Lee****

*, ** Regional Industry Support Team, Korea Marine Equipment Research Institute, 526-897, Korea

*** Naval Architecture and Ocean college of engineering Chosun University, 501-759, Korea

**** Automatic Control Design Department, Digital Electric Generation of Industry, Yeongam-gun 526-892, Korea

요 약 : 본 연구에서는 크레인 작업시 발생하는 제해발생 사례를 토대로 호이스트의 중량물 이탈 방지에 대한 연구를 수행하였으며, 안전고리의 결합으로 구성된 종래의 체결방식을 벗어나 구조물의 무게에 의한 자동 체결 및 결합 방식의 후크 및 특수목적용 가진 X-jog를 설계 및 제작하여 현장에 적용하고자 하였다. 주요 기구부의 3차원 상세설계와 구조해석을 통해 Safety Hook와 X-jog의 미소변형과 허용응력 이하의 구조안정성을 확인하였으며, 안전율은 일반적인 구조설계시 고려되는 안전율 1.2를 상회하는 평균 1.5를 나타냄을 확인하였다. 따라서, 본 연구에서의 Safety Hook와 X-jog는 구조물이 호이스트와 크레인에 부착되어 운용되어질시 구조적 안정성은 충분할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 호이스트, 크레인, 안전후크, 경량설계, 구조해석

Abstract : In this study, we performed a study on prevention of the escape hoist heavy objects on the basis of the case of a disaster occurring during crane operations. A safety hook of the automatic fastening and coupling method by the conventional coupling method, the weight of the outside consisting of a combination of a safety ring structure was designed and manufactured. The main mechanism three-dimensional detail design and structural analysis confirmed the structure and stability of small strain than the allowable stress of the Safety Hook with X-jog through. Safety factor was confirmed to represent the average 1.5 to 1.2 higher than the safety factor to be considered in the general design structure. Therefore, Safety Hook and X-jog in the present study is to be operated upon structural stability is a structure attached to the hoist and crane are considered sufficient.

Key Words : Hoist, Crane, Safety hook, Lightweight design, Static analysis

1. 서 론

산업 규모가 커지면서 크레인장비는 일반 제조 현장에서 부터 건설, 조선, 운송, 항공 등의 전 산업에 걸쳐 활용되고 있다. 최근 크레인의 중량물이 대형화됨에 따라 조선산업에서는 자재, 컨테이너, 블록 등의 적재 및 운반뿐만 아니라 심지어는 선박인양까지 크레인의 사용범위가 확대됨에 따라 고성능, 정밀제어에 상당한 기술이 요구되고 있으며, 특

히 사용의 편리성만큼이나 안전의 중요성이 강조되고 있는 품목 중 하나로써 이를 위한 많은 연구 및 사례분석이 이루어지고 있는 실정이다.

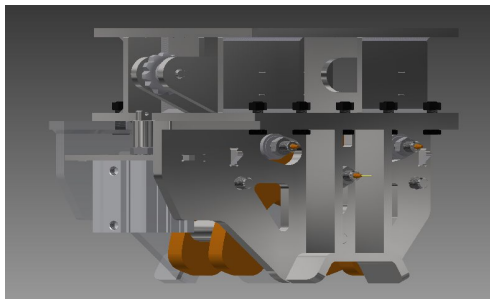
크레인의 대한 연구는 대부분 붐대, 링크, 거더, 지지부에 대한 구조, 형상 최적화 설계 등을 대상으로 선행되어 왔으며, 성능향상 또는 작업성 향상을 위한 경량설계, 최적위상 설계 등이 연구되었다(Yang and Chahande, 1995; Chiandussi et al., 2004). 크레인 작업의 안전성확보를 위한 연구로는 운전 시스템이나 운전시 구조적, 시스템적인 결합에 대한 완성도를 높이기 위한 연구가 수행되었다(Lim and Cho, 1995).

† Corresponding Author : hyunhona@komeri.re.kr, 061-460-5277

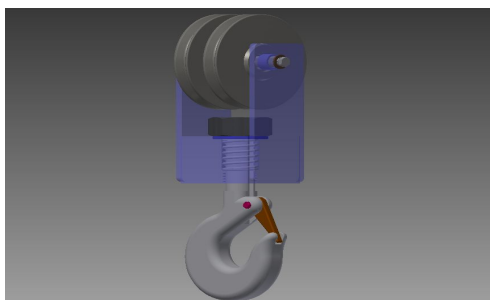
산업현장에서 발생하는 재해유형으로는 추락, 낙하·비래, 전도, 붕괴·도괴, 감전 등이 있으며 이와 관련하여 Kwak(2013)은 국내재해사례통계를 통해 중량물의 낙하, 비래에 따른 재해사례가 전체유형 중 33%로 가장 많음을 나타내었고, Lee(2014)는 크레인의 설치 및 해체, 인양, 상승, 보수 등의 작업유형중 인양시 발생하는 재해사례가 전체 작업유형 중 50%로 집계하였다. Kim(2012)은 크레인 종류별 재해발생률을 통계적으로 나타내었으며 천장크레인, 갠트릭크레인, 타워크레인, 지브크레인, 호이스트 등의 크레인 종류 중 호이스트에 의한 재해발생률이 가장 많음을 나타내었다. 또한, Yun(2014)은 천장 크레인에 의한 재해사례의 원인 분석에 따른 위험도수준을 나타내었으며 이중 후크해지장치 미설치 및 기능상실에 따른 중량물의 이탈에 사례를 최고수준의 위험으로 평가하였다.

크레인 재해사례에 대한 기존의 연구들은 산업현장에서의 재해사례분석을 통해 예방 대책을 제안하였으나 추가적으로 작업자의 안전을 보호하기위한 제품의 기본적인 안전장치에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 크레인 작업시 발생하는 재해발생 사례를 토대로 호이스트의 안전고리의 결합으로 구성된 종래의 체결방식을 벗어나 구조물의 무게에 의한 자동 체결 및 결합 방식의 후크 및 특수목적용 가진 X-jog를 설계 및 제작하여 현장에 적용하고자 하였다.



(a) Shapes of 3D modeling for Safety Hook



(b) Shapes of 3D modeling for X-jog

Fig. 1. Shapes of 3D modeling for Safety Hook and X-jog.

2. 시제품 설계

2.1 모델링

본 연구에서 사용된 연구모델은 구조물의 자중을 이용하여 자동으로 잠금장치가 작동되는 Safety Hook와 특수한 현장에서 집게 형태로 사용이 가능한 X-jog를 3D 모델링 하였다 (Seo et al., 2012). 설계완료된 안전후크와 X-jog는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

Safety Hook는 기본적으로 10Ton의 하중을 리프팅할 수 있도록 고안하였으며, X-jog는 구조물의 인양작업시 4개의 기본구성으로 단품의 용량은 2.5 Ton의 기준을 충족할 수 있도록 설계하였다. 기본재질은 구조용 압연강재인 SS400이며, 화학적 물리적 성질은 Table 1~2에서 보는 바와 같다.

Table 1. Mechanical properties of base metal

Base metal	Tensile strength (kg/mm ²)	Yield point (kg/mm ²)	Elongation (%)	Impact value (kg/cm ²)	Hardness (Hv)
SS400	43.5	32.5	25	6.2	128

Table 2. Mechanical properties of base metal

Material	Element (%)					
	C	Mn	Cu	Cr	Ni	Fe
SS400	0.15	0.69	0.04	0.08	0.50	Bal.

2.2 구조해석

Safety Hook는 중량물을 매달았을 경우 중량물의 자중에 의해 안전클립이 자동으로 닫혀 운송기기의 운용시 발생할 수 있는 안전사고인 중량물의 추락에 대하여 방지하고자 개발되었다. 또한, X-jog는 특수 목적용 후크로 T자형태의 걸림쇄가 있는 하우스징 제품에 대하여 인양 가능하도록 고안되었다.

Safety Hook와 X-jog는 최대 10 Ton의 중량물의 인양시 미치는 영향에 대한 안전성 평가를 위하여, 실질적으로 중량물이 매달리는 후크 부분과 집게 부분에 대한 구조해석을 수행하였다.

본 구조해석을 위하여 구조물의 형상에 대한 분석과 경계에 대한 변위, 하중경계조건의 분석을 통하여 해석을 하고자 하는 구조시스템의 해석조건을 설정하였으며(Sung et al., 2011), 아래의 Fig. 2와 같은 Flow chart의 흐름을 통하여 결과값을 도출하였다. Fig. 3은 Safety Hook와 X-jog의 하중조건을 나타낸 그림으로 중력에 의한 자중을 고려하였다. 또한,

호이스트 및 크레인에 적용 가능한 안전후크와 X-jog 제품 설계 및 제작

Safety Hook의 후크부와 X-jog의 집게부 각 4곳에 하중을 나누어 10Ton의 중량물이 매달렸을 시에 대한 조건을 주어 구조해석을 수행하였다. X-jog는 호이스트에 4개가 장착되며 허용중량에 대한 분할하중 조건으로 입력하였다.

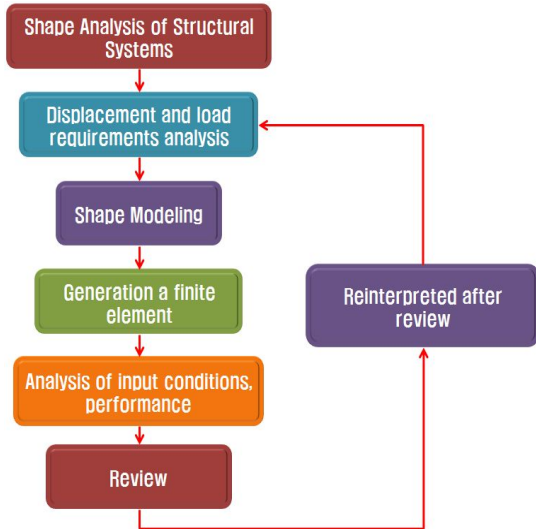
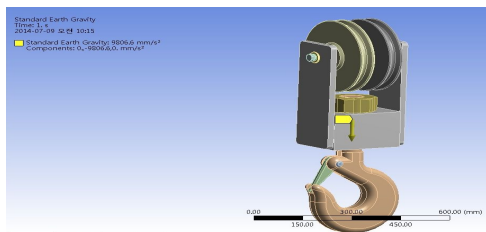
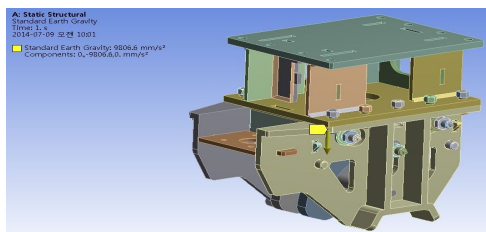


Fig. 2. Flowchart of Structural Analysis.



(a) Standard Earth Gravity of Safety Hook



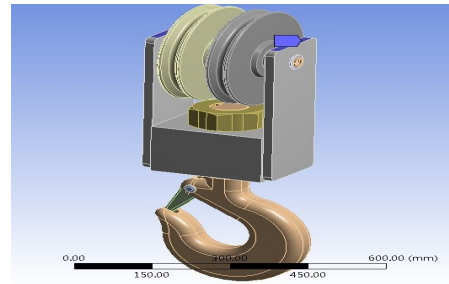
(b) Standard Earth Gravity of X-jog

Fig. 3. Standard Earth Gravity of Safety Hook and X-jog.

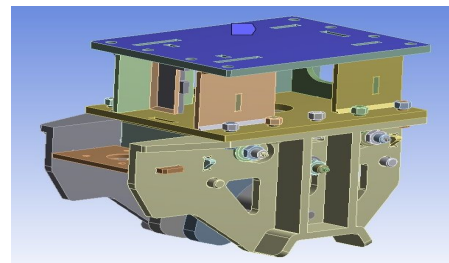
본 구조물은 작업장에서 운용시 호이스트의 상쉬브와 결합될 수 있는 구조로 설계 및 제작되었으며, Safety Hook의 상부와 X-jog의 Upper Plate의 경계조건은 아래의 Fig. 4와 같다. 또한, 두 모델에 대하여 Body 상단면에 기존 호이스트 및 크레인고 고정되는 부분의 변위를 X, Y, Z축 모든 자유도

를 구속하여 외력에 영향을 받지 않도록 하였다. Safety Hook와 X-jog의 유한요소정보는 Table 3에서 보는 바와 같으며, 각 요소는 곡면형상에 맞는 Tetra요소와 Hex요소를 혼합하였다. 각 요소의 크기는 3~5 mm를 유지하였으며, Fig. 5~6은 Meshing이 완료된 유한요소 모델을 나타내는 그림이다.

구조해석에 사용되는 하중조건은 Fig. 7~8에서 보는 바와 같으며, 직접적으로 중량물과 체결되는 후크부와 집게부에 하중을 적용하여 구조 안정성을 파악하였다.



(a) Boundary Conditions of Safety Hook



(b) Boundary Conditions of X-jog

Fig. 4. Boundary Conditions of Safety Hook and X-jog.

Table 3. Information of Finite Element

Type	Detail	Safety Hook	X-jog
Element	Element size	3.0	5.0
	Nodes	375,770	752,787
	Elements	206,718	325,072

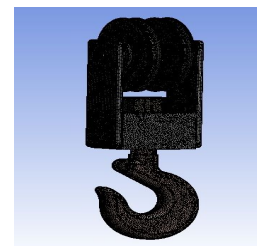


Fig. 5. Finite element model of Safety Hook.

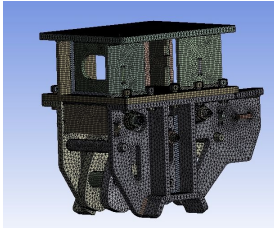


Fig. 6. Finite element model of X-jog.

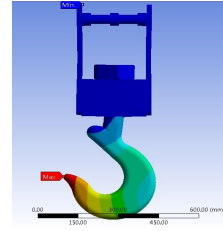


Fig. 9. Magnitude Deformation of Safety Hook(Max. 0.49 mm).

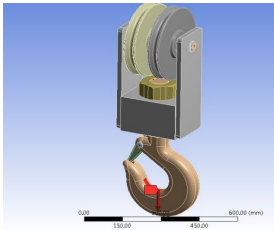


Fig. 7. Load condition of Safety Hook.

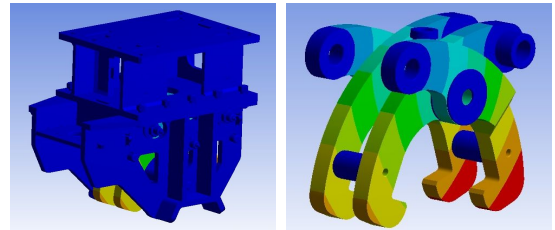


Fig. 10. Magnitude Deformation of X-jog(Max. 0.27 mm).

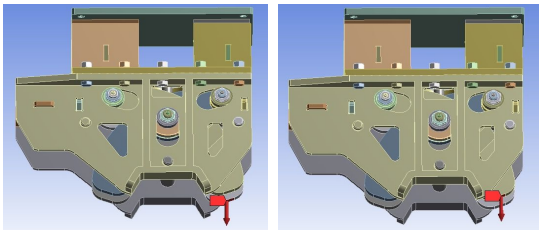


Fig. 8. Load condition of X-jog.

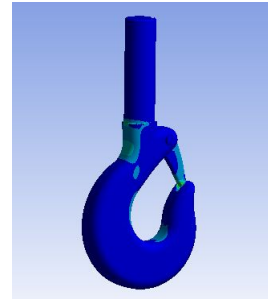


Fig. 11. Equivalent Stress of Safety hook(Max. 63 Mpa).

2.3 구조해석 결과

설계된 모델의 구조적 안정성 평가를 위하여 해석은 상용 프로그램인 ANSYS를 이용하였으며, Fig. 9~15는 변형, 등가 응력, 안전율의 결과를 나타내는 그림이다. 구조해석 결과 ANSYS의 구조해석을 통해 Safety Hook와 X-jog의 변형량은 각각 0.4985 mm, 0.273 mm의 미소변형이 일어남을 확인하였으며, Safety Hook와 X-jog의 최대응력은 각각 63 Mpa, 42 Mpa로 나타났다. 일반적으로 허용응력내의 응력집중은 구조물의 안정성을 평가하는 지표로 판단이 가능하며, 본 연구에서는 부재의 항복강도의 17%, 11% 수준으로 구조물이 호이스트와 크레인에 부착되어 운용되어질시 구조적 안정성은 충분할 것으로 판단된다. 또한, X-jog의 안전장치의 개폐의 유무에 관여하는 중앙 샤프트의 해석결과, 허용응력 이하의 응력집중을 확인하였지만, 충분한 구조적 안정성 확보를 위하여 샤프트의 두께를 증가시켰다.

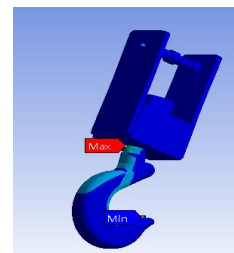


Fig. 12. Equivalent Stress of Safety hook fixed point.

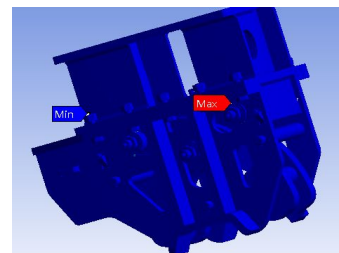


Fig. 13. Equivalent Stress of X-Jog(Max. 42 Mpa).

호이스트 및 크레인에 적용 가능한 안전후크와 X-jog 제품 설계 및 제작

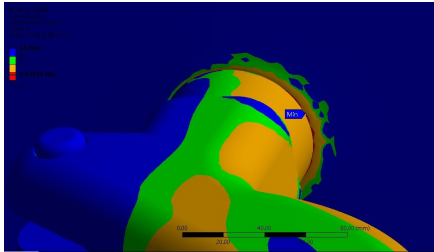
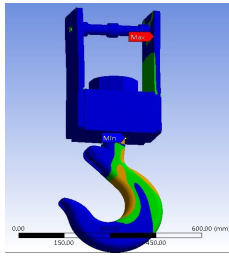


Fig. 14. Minimum point of Safety Factor For Safety Hook (Safety Factor-1.5).

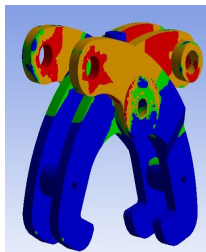


Fig. 15. Minimum point of Safety Factor for X-jog (Safety Factor-1.5).

3. 시제품제작

3.1 안전후크

기초 설계된 3D모델링과 구조해석을 바탕으로, 21개의 단품을 제작하여 Safety Hook의 제작을 완료하였다. 아래의 Fig. 16은 제작이 완료된 Safety Hook를 나타내는 그림이며, 기존 호이스트 및 크레인과 체결을 가능하게 하는 슈브, 메인 프레임, 자동 안전후크의 고정을 위한 베어링, 중량물에 의한 안전클립의 체결을 위한 스냅링등의 부품의 조립을 통하여 시제품 제작을 완료하였다.

3.2 X-jog

호이스트의 상슈브와 결합될 수 있는 구조로 설계 및 제작된 X-jog는 로드엔드 베어링, 부싱, 샤프트등의 33개의 단품의 조립으로 구성하였으며 Fig. 17은 제작이 완료된 시제품을 나타내는 그림이다.



Fig. 16. Production of safety hook.



Fig. 17. Production of X-jog.

3.3 테스트 베드

제작이 완료된 Safety Hook와 X-jog의 실 중량 테스트를 위하여 공인된 로드셀을 포함한 테스트베드를 제작하였다. 부하하중은 정격대비 안전율 1.5를 만족하는(Safety Hook-15 Ton, X-jog-3.75 Ton) 중량을 적용하여 신뢰성을 확보하였다. Table 4는 테스트베드의 기본제원을 나타내는 표이며, 완성된 시제품은 Fig. 18에서 보는 바와 같다.

Table 4. Information of Test-bed

Part	Specification	
Test Frame	20t Plate, SS400	
	2,400 mm * 2,200 mm * 1,000 mm	
Sheave	Ø358, FC20, 20Ton	
Hydraulic Cylinders	Inner Diameter : Ø160, Stroke : 600 mm	
	Load Diameter : 90 mm	
Hydraulic Unit	758 mm * 506 mm * 450 mm, 120 Kg	
	Hydraulic pump : 8.3 cc/rev,	
	Hydraulic oil tank : 12,800L	
Field testing	Applied Load of Safety	Applied Load of X-jog
	15Ton	3.75Ton



Fig. 18. Production of Test-bed.

4. 결론

호이스트 및 크레인에 적용 가능한 Safety Hook와 X-jog의 개발을 위하여 모델링 및 구조해석, 시제품 제작, 성능평가를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) ANSYS의 구조해석을 통해 Safety Hook와 X-jog의 변형량은 각각 0.4985 mm, 0.273 mm의 미소변형이 일어남을 확인하였다.
- 2) Safety Hook와 X-jog의 최대응력은 각각 63 Mpa, 42 Mpa로 나타났으며, 부재의 항복강도의 17%, 11% 수준으로 구조물이 호이스트와 크레인에 부착되어 운용되어질시 구조적 안정성은 충분할 것으로 판단된다.
- 3) 본 연구에서의 Safety Hook와 X-jog의 안전율은 일반적인 구조설계시 고려되는 안전율 1.2를 상회하는 평균 1.5를 나타냄을 확인하였다.
- 4) 시제품의 성능평가를 위한 테스트 베드를 제작하여 실제 하중(안전율 1.2고려)을 적용하여 테스트 한 결과, 안전장치의 작동 및 중량에 대한 신뢰성을 확보하였다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부, 한국연구재단, 전남과학기술진흥센터에서 지원하는 “전남 과학연구단지 기초원천연구

개발지원사업”에 의해 이루어졌으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

References

- [1] Chiandussi, G., I. Gaviglio and A. Ibba(2004), “Topology Optimisation of an Automotive Component Without Final Volume Constraint Specification”, *Advances in Engineering Software*, Vol. 35, pp. 609-617.
- [2] Kim, E. M.(2012), “A Study on Safety Measures of Crane using by Accident Analysis”, Master thesis of Seoul National University of Science and Technology, pp. 66-69.
- [3] Kwak, H. J.(2013), “A study on the mobile crane a accident case through the analysis of safety measures : Centering around construction site apply”, Master thesis of Myongji University, pp. 3-7.
- [4] Lee, H. S.(2014), “A Study on the Accident Analysis and the Control of Tower Cranes”, Master thesis of Seoul National University of Science & Technology, pp. 20-27.
- [5] Lim, O. K. and H. Cho(1995), “Optimal Shape Design of Excavator Boom Using the Semi- Analytical Method”, *J. of KSME*, Vol. 19, No. 1, pp. 301-309.
- [6] Seo, J. G., S. S. Hong, J. D. Jang and I. S. Joo(2012), “A Study on Optimization Of Damper Stopper Shape Using The Dynamic Analysis”, *Spring conference Proceeding of the KSAE*, pp. 633-636.
- [7] Sung, S. H., S. S. Hong, J. D. Jang, I. S. Joo and D. S. Bae(2011), “A Study on Impact and Stress of Torque Converter Damper using The Dynamic Motion”, *KSAE*, pp. 720-723.
- [8] Yang, R. J. and A. I. Chahande(1995), “Automotive Applications of Topology Optimization”, *Structural Optimization*, Vol. 9, pp. 245-249.
- [9] Yun, H. S.(2014), “A Study on cause analysis and prevention of fatal accidents by overhead crane”, Master thesis of Inje University, pp. 24-29.

Received : 2014. 11. 24.

Revised : 2015. 01. 28. (1st)

: 2015. 02. 16. (2nd)

Accepted : 2015. 02. 25.