

링크체인에 대한 3차원 모델링 및 응력해석

김태구 · 이상현 · 김성진* · 이성범*

인제대학교 보건안전공학과 · *인제대학교 기계자동차공학부

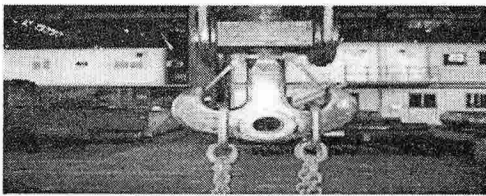
1. 서론

산업이 발전함에 따라 산업재해도 발생하게 되었다. 우리나라의 산업재해는 해마다 감소 추세를 보이고는 있으나, 주요 선진국에 비해서는 재해율이 높은 편이다. 따라서 재해를 감소시키기 위한 다각도의 노력이 필요하며, 특히 산업재해를 발생 형태별로 분류할 시 특정 4개부분(끼임·감김, 전도, 추락, 충돌)이 전체 재해중의 대부분인 62.3%를 차지¹⁾하고 있으므로 산업재해를 감소시키기 위해서는 위 4개부분에 대한 연구가 집중적으로 필요한 실정이며 본 연구에서는 이중 낙하에 의한 재해에 한부분을 차지하는 체인의 장착에 의한 응력분포 차이를 조사 및 분석하고자 하였다.

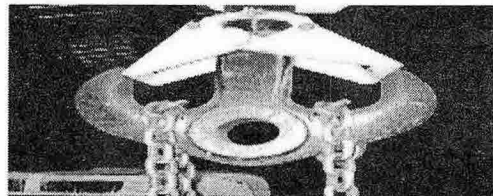
본 연구의 대상인 Chain은 금속체인 고리를 차례로 연결한 것으로 산업현장에서 인양작업 시 Wire rope보다 내열·내식성이 우수하고 형태변형이 잘 일어나지 않는 잇점이 있어 중량물과 고온물질 취급 작업장에서 사용되어 지고 있다.²⁾

하지만 실제 작업장에서는 올바른 사용법을 따르지 않고 임의로 그 용도를 변경내지 변형 하여 사용함으로 인한 재해가 해마다 꾸준히 발생하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 Chain의 올바른 사용방법에 따른 조작성을 유도하여 재해를 감소시키고자 3차원 모델링 및 응력해석에 주안점을 두고 올바른 사용법과 잘못된 사용법을 비교해석하여 작업자들에게 잘못된 사용법의 위해성을 객관적 지표로 수치화 함으로써, 이를 바탕으로 산업재해를 감소시킬 방안을 제시하고자 한다.



<올바른 사용법:Tension작용>



<잘못된 사용법:Bending작용>

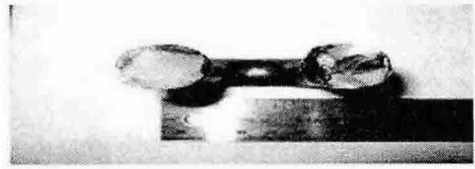
<Fig.1> 체인결기 방법

2. 본론

본 연구에서는 인양용 Hook에 사용되는 Chain인 실물을 토대로 CATIA와 ANSYS 응력해석프로그램을 이용하여 3차원 모델링을 실시하였다.



<Chain 실물형상>



<Chain 사고시편>

<Fig.2> Chain 시편

2-1. 유한요소 모델 및 재질

Crane Chain은 상하좌우가 대칭인 형상이므로 전체형상의 1/4만 모델링하여 유한요소모델을 생성하였다. 생성된 모델의 node 수와 element수는 아래의 <표 1>과 같다.

<표 1> 생성된 모델의 node 와 element

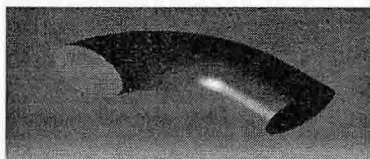
	CATIA	ANSYS
NODE	2505	1800
ELEMENT	10959	1463

Crane Chain의 재질은 재료시험을 통해 분석한 결과 AISI 8622 Steel로서 기계적 성질은 항복강도 805MPa, 극한강도1204MPa, 탄성계수 205GPa, 프아송비 0.25 이며, 화학적 성질은 아래의 <표 2>와 같다.

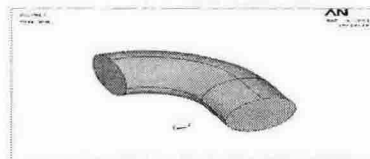
<표2 >Chemical composition of AISI 8622

Element	Percent(%)
C	0.244
Si	0.160
Mn	0.758
P	0.011
S	0.007
Ni	0.537
Cr	0.332
Mo	0.174

<그림 3>은 CATIA와 ANSYS로 모델링된 Crane Chain의 3차원 형상을 나타내고 있다.



CATIA model



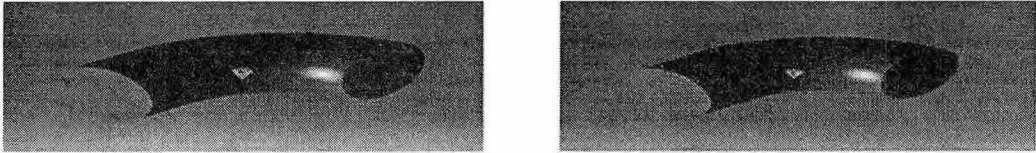
ANSYS model

<Fig.3> Crane Chain의 3차원 형상

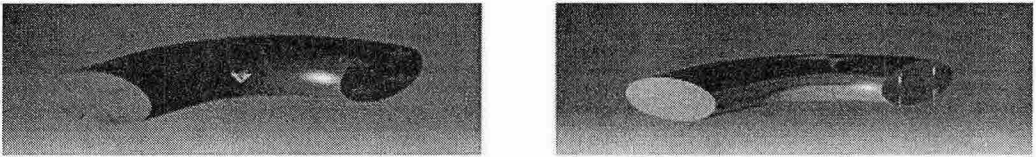
2-2. 해석방법 및 조건

2-2-1 CATIA를 이용한 해석

생성된 1/4의 유한요소 모델에 좌우대칭의 경계조건을 적용하고, Chain의 단면부에 하중의 조건(Tension, Bending) 및 크기(5ton, 8ton)를 변화시키며 해석을 수행하였다. 적용된 경계조건 및 하중조건은 아래 <그림 4>, <그림 5>와 같다.



<Fig.4> Boundary and load condition for Crane Chain(Tension)



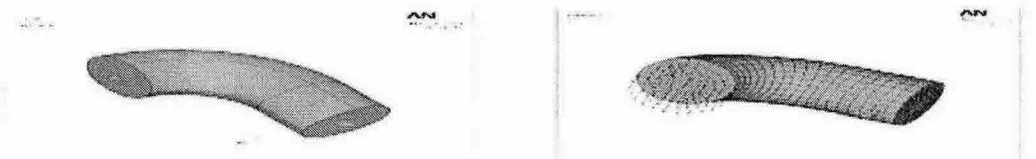
<Fig.5> Boundary and load condition for Crane Chain(Bending)

2-2-2. ANSYS를 이용한 해석

CATIA에서 생성된 모델과 같은 1/4의 유한요소 모델을 생성하였으며, 구속조건 및 하중조건 역시 CATIA에서 적용된 조건과 동일하게 부여되었다. 작용된 경계조건 및 하중조건은 아래 <그림 6>, <그림 7>과 같다.



<Fig.6> Boundary and load condition for Crane Chain(Tension)



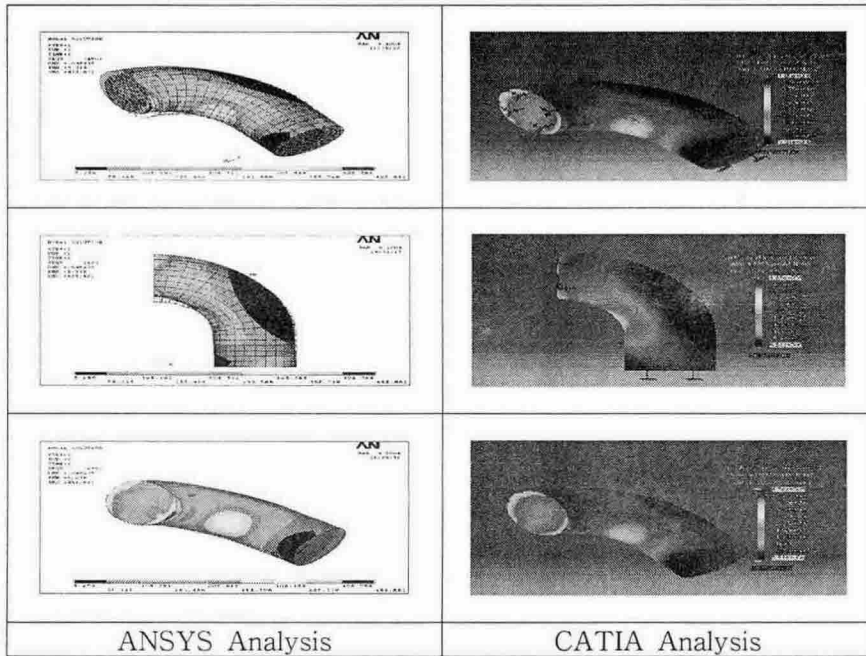
<Fig.7> Boundary and load condition for Crane Chain(Bending)

2-3. 해석결과 및 고찰

2-3-1. 하중의 형태에 따른 해석결과

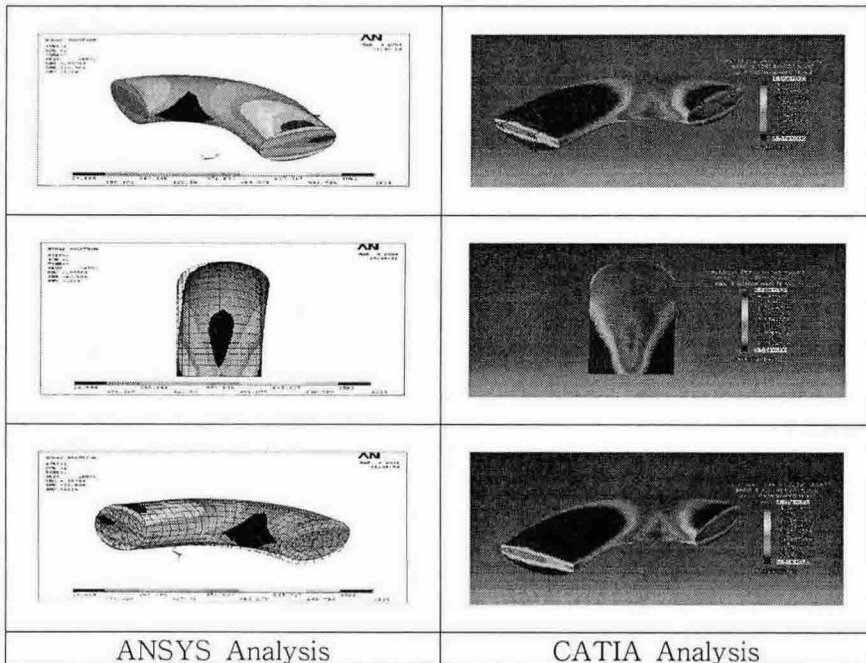
CATIA 와 ANSYS를 이용하여 Crane Chain이 단순 인장 형태의 하중을 받을 때와

굽힘 형태의 하중을 받을 때에 관해 각각 해석을 수행하였다. <그림 8>은 Tension이 작용하였을 경우 CATIA 와 ANSYS의 해석 결과를 나타내고 있다.



<Fig. 8> Stress analysis results(Tension 5ton)

<그림9>은 Tension이 작용하였을 경우 CATIA와 ANSYS의 해석결과를 나타낸다.

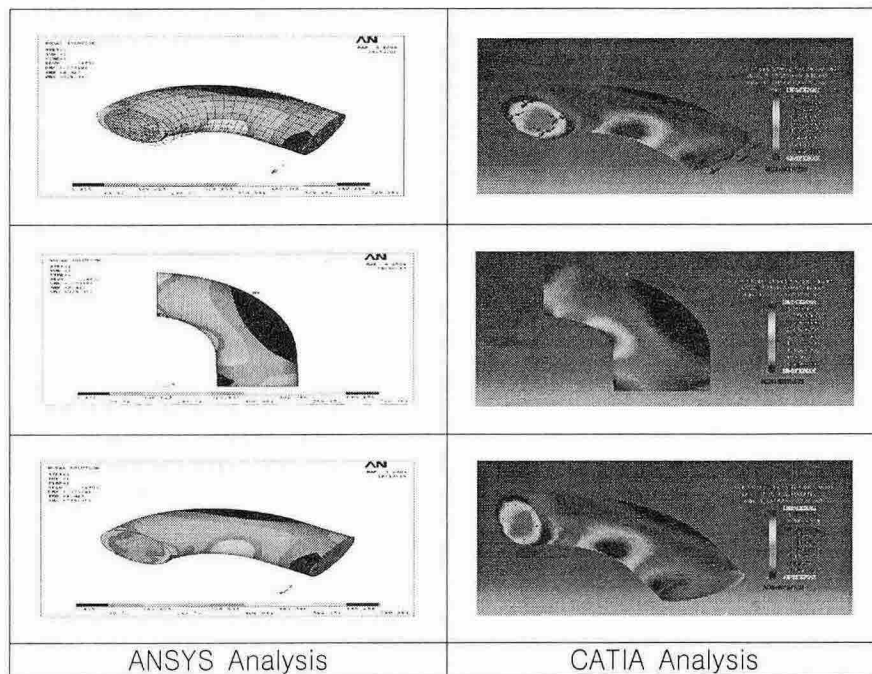


<Fig. 9> Stress analysis results(Bending 5ton)

위의 결과에서 알 수 있듯이 단순 인장(Tension)이 작용하였을 때 ANSYS 와 CATIA의 해석 결과 값은 Maximum Von-Mises 응력으로 각각 455MPa 과 466MPa로 나타났으며, 굽힘(Bending)이 작용하였을 때 ANSYS 와 CATIA의 해석 결과 값은 Maximum Von-Mises 응력으로 각각 1214MPa 과 1126MPa 나타났다. 각각의 결과 값에 약간의 오차는 있지만 ANSYS, CATIA의 결과 값이 거의 일치함을 알 수 있다. 단순 인장으로 5ton의 힘이 작용하였을 경우 CATIA 와 ANSYS의 해석 결과 값은 약460MPa 정도로 재료의 항복강도 보다 낮음을 확인할 수 있다. 반면 굽힘 하중으로 5ton의 하중이 가해졌을 경우 해석 결과 값은 약1170MPa정도로 재료의 극한강도(1204MPa)에 비슷한 값을 나타냄을 확인할 수 있었다. 또한 작용하는 하중의 형태에 따라 Crane Chain에 작용하는 응력 값의 차이가 약 2.5배정도로 굽힘 하중이 작용하였을 경우 단순 인장이 작용하였을 때 보다 상당히 높게 결과가 나타났다.

2-3-2. 최대허용하중

Crane Chain에 작용시킬 수 있는 최대 하중은 단순인장의 형태로 8ton 정도의 하중을 견딜수 있음을 아래 <그림 10>에서 알 수 있다.



<Fig. 10> Stress analysis results(Tension 8ton)

단순 인장의 형태로 8ton의 하중이 작용하였을 경우 해석 결과 값은 Maximum Von-Mises 응력으로 각각 729MPa(ANSYS), 745MPa(CATIA) 정도로 재료의 항복응력(805MPa)에 조금 못 미치는 결과 값이 나타났다.

3. 결 론

본 연구에서는 선박용 Crane Chain의 하중의 형태(단순인장, 굽힘)에 따른 Chain의 변형거동 예측 및 최대허용 하중을 구함으로써 선박용 Crane Chain의 구조적 안정성에 대해 평가하였다. 위의 해석 결과에서 알 수 있듯이

- 1) Hook에 Chain이 장착되는 형태에 따라 작용하는 하중의 형태가 달라짐을 알 수있었다. 특히 굽힘 하중이 작용할 경우 단순인장이 작용할 때 보다 응력 값이 약 2.5배정도 높게 나타남을 알 수 있었다.
- 2) 하중의 형태의 변화는 제품의 파손 여부에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 3) 단순인장 하중 작용 시 Chain이 견딜 수 있는 최대 하중은 약 8ton 정도임을 알 수 있었다.

또한 본 연구에서는 정적인 상태의 해석만 수행하였지만, 향후 체인의 용접부위를 고려한 해석이 연구되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2003년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

참고문헌

1. 한국산업안전공단, 주요국의 산업재해 현황 및 통계제도, 2003.6
2. 정명진, 우홍식외4명, 최신 기계안전공학, 신광 문화사, 2000.3
3. 태성에스엔이 FEM사업부 유한요소해석입문과 선형해석, 도서출판 계림, 2000
4. 태성에스엔이 FEA사업부 ANSYS 사용자를 위한 예제 모음집, 도서출판 계림, 2002
5. ANSYS를 이용한 유한요소해석, 공문각, 2001.
6. ANSYS와 유한요소법, 시그마프레스, 2003.
7. The Finite Element Method in Mechanical Design, 시그마프레스, 1993.
8. 공학도를 위한 유한요소법, 사이텍미디어, 2000.
9. A First Course in the Finite Element Method (Third Edition), BROOKS/COLE, 2002