

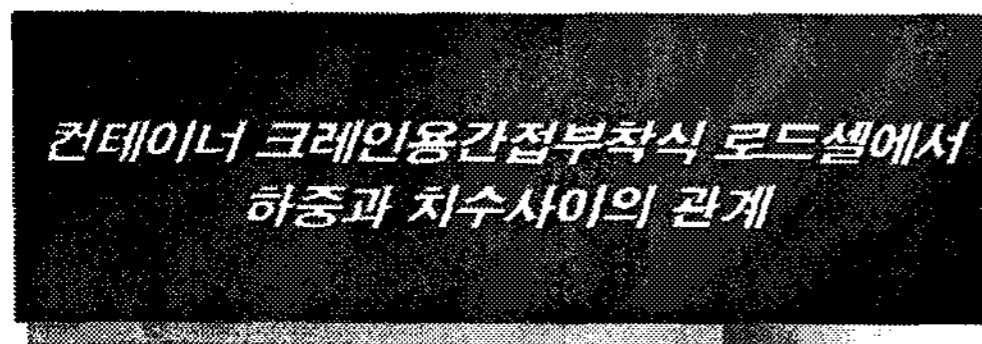
컨테이너 크레인용 간접부착식 로드셀에서 하중과 치수사이의 관계

† 이문재* · 한동섭** · 이성욱* · 심재준*** · 한근조****

*동아대학교 대학원, **동아대학교 BK21 총괄사업단, ***부산정보대학 자동차기계계열 교수, ****동아대학교 기계공학과 교수

요약 : 컨테이너 크레인은 대형구조물로서 차폐물이 거의 없는 항만에 설치되므로 풍하중에 의한 영향이 매우 크다. 또한 초대형 컨테이너선의 등장과 대형선사의 등장과 함께 항만하역장비도 대형화, 고속화, 자동화됨으로써 컨테이너 크레인에 작용되는 풍하중의 영향이 더욱 증가하고 있다. 이로 인하여 컨테이너 크레인은 강풍에 의한 재난사고 발생위험이 항상 존재한다. 이러한 사고를 예방하기 위한 기상 및 하중 통합 모니터링 시스템 장치의 개발이 필요하며, 이러한 장치를 개발하게 되면, 국내외의 기존 항만에 사용되고 있는 하역장비에 바로 설치할 수 있으며, 차후 개발되고 있는 자동화된 하역장비에도 적용이 가능함에 따라 관련 산업의 발전에 크게 기여할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 이러한 하중 통합 모니터링 시스템의 가장 기본이 되는 컨테이너 크레인의 각 레그 (Leg)부분에 부착되는 간접부착식 로드셀의 하중과 치수사이의 관계에 대한 연구를 제시하고자 한다.

핵심용어 : 충돌위험도, 최근접거리, 접근시간, 문턱값, 피항구역, 위험구역

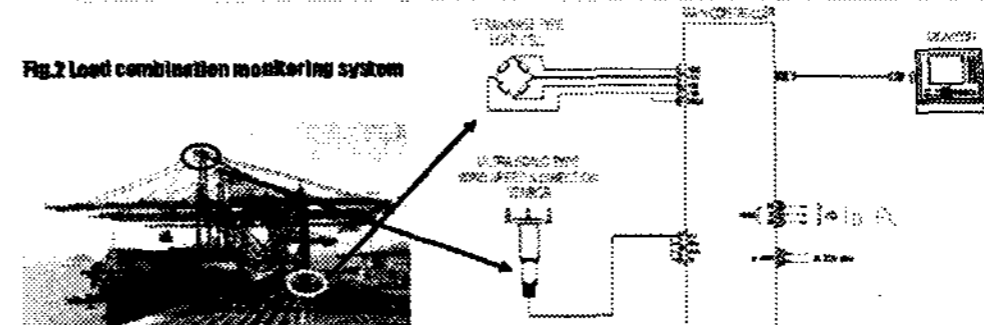


· 이문재 [동아대학교 대학원 기계공학과]
 · 한동섭 [동아대학교 BK21 총괄사업단]
 · 이성욱 [동아대학교 대학원 기계공학과]
 · 심재준 [부산정보대학 자동차기계계열]
 · 한근조 [동아대학교 기계공학과]

1. 서론

컨테이너 크레인용 기상 및 하중 통합 모니터링 시스템 개발

- 기상모니터링 : 조종파 풍향·풍속계 사용
- 하중모니터링 : 크레인에 간접 부착식 로드셀 개발
- 표시 및 저장 : 0.1초간격으로 풍향, 풍속, 하중상태를 동시에 표시 및 PC에 저장



동아대학교 기계공학과 구조강도해석실 연구실

1. 서론

통합 모니터링 시스템 개발의 필요성

- 현재 항만에서 사용되는 모니터링 시스템
 - 기상모니터링 : 풍향풍속계를 컨테이너 크레인의 상단에 설치하여 운영
 - 하중모니터링 : 구동 시 와이어호프에 작용하는 하중만을 모니터링 함
- 기상상태에 따른 크레인의 하중상태에 대한 모니터링 시스템은 갖춰지지 않음
- 그래서 기상상태를 확인하고 장비 관리자가 직접 계류장치를 작동시키는 기존 방식으로는 갑작스러운 돌풍 등에 의한 사고를 예방하기 어려움
- 따라서 풍해에 의한 컨테이너 크레인의 사고를 예방하기 위해서 기상 및 하중을 통합하여 모니터링하는 장치의 개발이 필요함

동아대학교 기계공학과 구조강도해석실 연구실

1. 서론

기상환경의 변화

- 엘니뇨(El-nino), 라니냐(La-nina)와 같은 기상환경의 변화
- 부산의 경우 최대순간풍속이 증감을 반복하면서 계속해서 증가추세에 있음
- 크레인의 대형화로 강풍에 의한 전도와 이월과 같은 재난 사고 발생 위험 증가

구분	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
순간 최대풍속	21.2	32.7	27.9	34.7	42.7	29.0	26.4
풍향	WSW	SSE	W	E	SE	SW	NE



Fig. 1 Crane failure of ShinGamman berth

동아대학교 기계공학과 구조강도해석실 연구실

† 교신저자 : 이문재(정회원), mlanholic@naver.com 051)200-6989

* lsw1126@korea.com 051)200-6989

** 정회원, dshan@dau.ac.kr 051)200-6989

*** shimji@bit.ac.kr

**** 종신회원, gjhan@dau.ac.kr 051)200-7650

2. 간접부착식 로드셀의 구조해석

로드셀의 기본형상

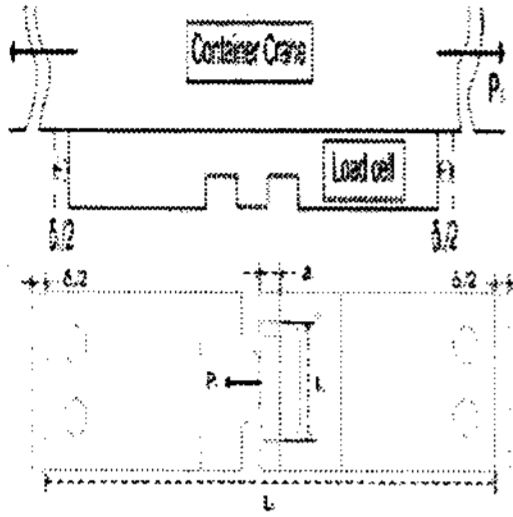


Fig.3 Basic shape and dimension of Load cell

- l : 측정부위의 홀의 길이
- a_L : 측정부의 폭
- L_L : 로드셀의 길이
- R_L : 로드셀의 길이에 대한 측정부의 길이비

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

3. 간접부착식 로드셀의 구조해석

구조해석을 위한 모델링과 유한요소모델

모델링 및 구조해석 사용프로그램
: Invector 10, Ansys workbench 10.0

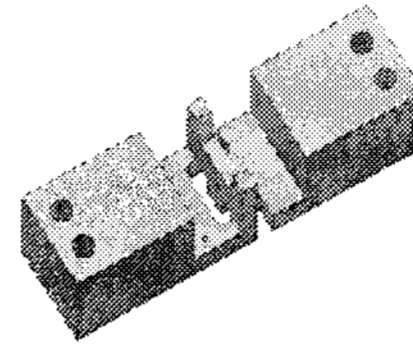


Fig.4 Modeling shape of load cell for structural analysis

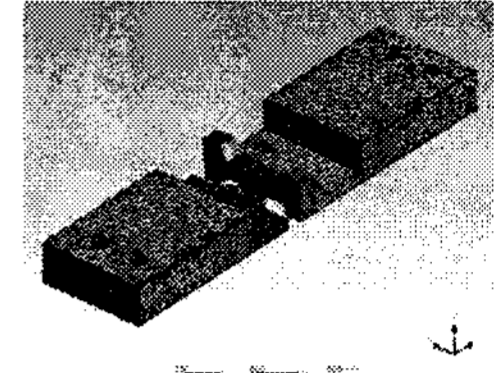


Fig.5 Meshed shape of load cell for structural analysis

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

2. 간접부착식 로드셀의 치수설계

측정부의 폭

컨테이너 크레인에 작용하는 하중을 PS라고 할 때, PS에 의해 로드셀에 전해지는 하중을 PL, 발생하는 변위를 δ_L 이라고 하면,

$$\delta_L = \frac{(\sigma_S) L_L}{E_S}$$

$$\delta_L = \frac{P_L \cdot l}{48EI} \rightarrow P_L = \frac{48EI}{l^3} \cdot \delta_L$$

$$M_{max} = \frac{P_L \cdot l}{4} = \frac{12EI}{l^2} \cdot \delta_L$$

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

3. 간접부착식 로드셀의 구조해석

□ Mechanical properties of SNCM439

Item list	Description
SNCM 439	
Tensile strength	980.7 Mpa
Yield strength	883 Mpa
Density	7.81X10⁻⁶ kg / mm³
Elastic modulus	210GPa
Poisson ratio	0.3

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

2. 간접부착식 로드셀의 치수설계

측정부의 폭

$$\sigma_{L,max} = \frac{M_{max}}{I} \cdot c = \frac{12E_L}{l^2} \cdot c \cdot \delta_L$$

$$= \frac{6E_L \cdot a_L}{l^2} \cdot \delta_L = \frac{6E_L \cdot a_L}{l^2} \left(\frac{\sigma_S}{E_S} \right) \cdot L_L$$

$$\frac{1}{a_L} = 6 \left(\frac{E_L}{E_S} \right) \left(\frac{\sigma_{L,max}}{\sigma_S} \right) \left(\frac{L_L}{l^2} \right)$$

$$\therefore a_L = \frac{1}{6} \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_{L,max}} \right) \left(\frac{l^2}{L_L} \right) \cdot \delta_L = \frac{1}{6} \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_L} \right) \cdot \delta_L \cdot l^2$$

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

3. 간접부착식 로드셀의 구조해석

로드셀 기본모델의 $L_L=200mm$, $h=40mm$
설계변수를 L_L , R_L 로 하여 $L_L=100, 150, 200mm$, $R_L=1.8, 2.0, 2.2$
로 하여 9 case로 구조해석 수행 (강제변위 0.01mm)

	$L_L=100$	$L_L=150$	$L_L=200$
$R_L=1.8$	[Case 1] $h=18, m=2.025$	[Case 2] $h=27, m=4.556$	[Case 3] $h=36, m=8.1$
$R_L=2.0$	[Case 4] $h=20, m=2.5$	[Case 5] $h=30, m=6.625$	[Case 6] $h=40, m=10$
$R_L=2.2$	[Case 7] $h=22, m=3.025$	[Case 8] $h=33, m=6.806$	[Case 9] $h=44, m=12.1$

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

3. 간접부착식 로드셀의 구조해석

부착식 로드셀의 구조해석

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
Nodes	92936	106151	119032	97686	108642	152456	99091	116075	136061
Elements	54537	58580	57535	55660	56230	30133	56740	59385	61895

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

3. 간접부착식 로드셀의 구조해석

로드셀의 구조해석

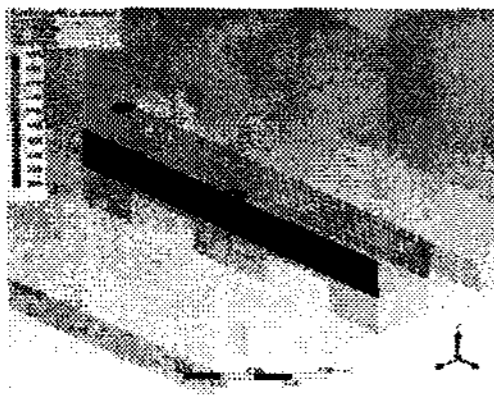


Fig. 8 von-Mises stress distribution of strain gauge part

	Stress (MPa)	Strain (mm)
Case 1	63.130	3.156e-004
Case 2	62.322	3.116e-004
Case 3	50.566	2.528e-004
Case 4	57.022	2.851e-004
Case 5	41.486	2.074e-004
Case 6	45.180	2.259e-004
Case 7	50.910	2.546e-004
Case 8	39.038	1.952e-004
Case 9	42.183	2.109e-004

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실

4. 결론

로드셀의 안전율을 5.0으로 고려하여
접착부의 폭 aL=3.888mm, hL=25mm로 구할 수 있었다

스트레인게이지의 장착부의 면적과 홈의 길이가 작아질수록
응력과 변형률이 증가하는 것을 알 수 있음

향후, 컨테이너 크레인에 로드셀을 부착시켜 구조-연성해석을
수행하여 기상방재를 위한 기상 및 하중모니터링 시스템
구축에 있어 큰 도움이 될 것이라 기대됨

동아대학교 기계공학과 구조강도분석실