

이중링크 형식 수평인입 집 크레인의 정적·동적 해석

Static and Dynamic Analysis for a Double Link Type Level Luffing Jib Crane

문 덕 흥¹⁾ · 허 철 원²⁾

D. H. Moon C. W. Hur

요 약 : 본 논문은 링크구성 설계를 통하여 결정된 하나의 이중링크 형식 수평인입 집 크레인에 대하여 작업위치에 따라 각 링크의 변위, 속도, 가속도 해석을 하고, 인입 가감속에 의한 관성력, 바람에 의한 풍하중, 크레인 자중 및 정격 권상하중 등이 크레인에 작용할 때 인입장치에 요구되는 정적 힘을 계산하였다. 모든 해석과정은 전산 프로그램으로 작성되었고, 프로그램의 신뢰성은 관련 범용 소프트웨어들의 해석 결과와 비교하여 검증하였다. 따라서, 본 논문에서 개발한 전산 프로그램은 이중링크 형식 수평인입 집 크레인의 설계 실무에 있어서 이동하중에 대한 인입궤적의 진폭 및 작업위치에 따라 인입장치에 요구되는 힘의 해석을 신속, 정확하게 처리할 수 있어 설계의 생산성 및 신뢰성 제고뿐만 아니라 기본설계 기술력의 확보 측면에서 그 의의가 있다.

ABSTRACT : As a link composition of a double link type level luffing jib crane was determined through the link composition design, the design to be considered will be computations of the luffing trajectory deviation at the fly jib tip and the required luffing device capacity. This paper is a study regarding the static and dynamic analysis for a mechanism of the crane. The objective of the static analysis is to determine the capacity and the dimension of luffing device when the crane selfload, rated hoisting load, wind load and inertia force are applied on the crane. The objective of dynamic analysis is to compute the luffing trajectory deviation, velocity and inertia force due to luffing acceleration for each link. All analyses are performed by computer programs. The reliability of the program was checked by results from analyses of the related commercial package. It is expected that the productivity and reliability of the design can be improved by this program which can rapidly and exactly deal with static and dynamic analysis for a given link composition of the crane.

핵심용어 : 이중링크형식, 수평인입 집 크레인, 정적 및 동적 해석

KEYWORDS : Double link type, Level luffing, Jib crane, Static and dynamic analysis

1) 정회원, 부경대학교 제어기계공학과 교수
2) 정회원, 부경대학교 학연협동기계공학과 박사과정, 한국 선급엔지니어링

본 논문에 대한 토의를 2001년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

수평인입 집 크레인인 인입 메카니즘에 따라 이중링크 형식(double link type), 스윙레버 형식(swing lever type), 로프평형 형식(rope balancing type) 등으로 분류할 수 있다.

스윙레버 및 로프평형 형식은 제철소, 조선소 등의 조립산업 현장에서 빠른 인입속도를 요구하지 않는 대형 블록의 조립에 주로 사용하고 있다. 그러나 이중링크 형식은 석탄, 철광석 및 곡물 등의 발크(bulk) 재료와 컨테이너 박스, 강판 및 강재, 일반 잡화물의 하역용과 제철소, 조선소 등에서 조립용 등으로 사용범위가 넓을 뿐만 아니라 크레인 구조에서 권상하중까지의 로프길이를 다른 두 형식에 비해 짧게 할 수 있는 구조이어서 인입시 가감속에 의한 하중의 흔들림(sway)이 적게 발생한다. 따라서, 속도를 높여 연속적으로 사용할 수 있어 하역능률이 좋고, 4절 링크구조로 약 300톤 정도의 하중을 취급할 수 있는 장비이므로 수요의 비중이 높다.

이 크레인의 링크구조 구성이 확정된 상태에서 고려해야 할 설계사항은 정적 및 동적 해석에 의한 인입장치의 용량과 치수를 결정하는 것이다. 이 크레인의 정적 및 동적 해석에 대한 연구 동향은 국내의 관련 기업의 경우 외국 선진사로부터 해석 소프트웨어를 구매하여 사용하거나 기술 개발 중이고, 개발이 완료되더라도 기술력 공개로 인한 경쟁력 저하를 감안하여 연구 내용을 대외 비로 하고 있는 실정이다.

본 논문은 이중링크 형식 수평인입 집 크레인인 집(jib)의 각도를 변화시켜 작업위치를 이동시키도 후크에 지지되어 있는 하중이 일정한 진폭 범위내(하중의 인입케적의 진폭차가 최대 선회반경의 1% 이내)에서 인입될 수 있도록 링크 구성설계가 확정된 상태에서 작업위치에 따라 각 링크 절점의 변위, 속도, 가속도 해석을 하고, 인입시 가감속에 의한 관성력, 바람에 의한 풍하중, 크레인 자중 및 정적 권상하중 등이 크레인에 작용할

때 인입장치에 요구되는 힘을 해석하였다.

모든 해석과정은 전산 프로그램으로 작성되었고 프로그램의 검증은 관련 전문 소프트웨어들의 해석결과와 비교하였다. 따라서, 본 논문에서 개발한 전산 프로그램은 이중링크 수평인입 집 크레인의 설계 실무에서 이동 하중에 대한 인입케적의 진폭 및 작업위치에 따라 인입장치에 요구되는 힘의 해석을 신속, 정확하게 처리할 수 있어 설계의 생산성 및 신뢰성 제고뿐만 아니라 기본설계 기술력의 확보 측면에서 그 의의가 있다.

2. 이론

2.1 이중링크 형식 수평인입 집 크레인의 각 부 명칭

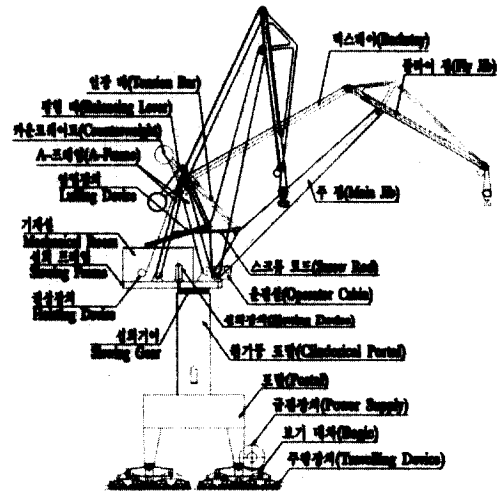


Fig. 2.1 General assembly

Fig. 2.1은 이중링크 형식 수평인입 집 크레인의 전경과 각부의 일반적 명칭을 나타낸다.

2.2 변위 해석

Fig. 2.2는 수평인입 집 크레인의 인입부의 링크 구조 구성을 나타낸다. Fig. 2.2에서 폐회로

O2, O4, B, A에서 벡터 방정식은 다음과 같다.

$$L1 + L4 + L3 - L2 = 0 \quad (1)$$

위의 식을 다음과 같이 복소수 형식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} l_1 \cdot e^{i\theta_1} - l_2 \cdot e^{i\theta_2} + \\ l_3 \cdot e^{i\theta_3} + l_4 \cdot e^{i\theta_4} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

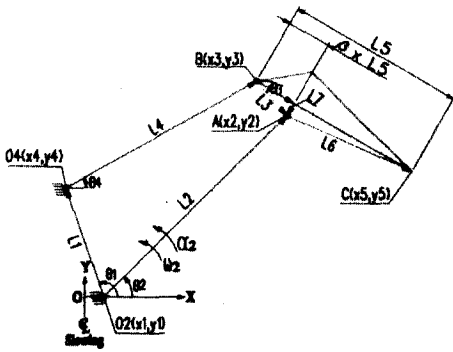


Fig. 2.2 Link composition

여기서 θ_2 는 플라이집 끝단의 선회반경 x_5 에 의해 결정되는 값이고 θ_1 과 각 링크 길이는 주어진 값이므로 2개의 미지수 θ_3 과 θ_4 를 가지는 일련의 비선형 방정식을 구성하고 있다. 그러나, (2)식을 실수부와 허수부로 분리하면 두 개의 방정식을 얻을 수 있다. 이 두 식에 삼각함수의 가법을 적용하여 두 개의 미지수를 구할 수 있다. 따라서, 각 링크의 크기와 방향을 모두 알 수 있으므로 각 링크 절점의 변위해석이 가능하다.

여기서, x_5 에 대한 y_5 값이 플라이집 끝단의 선회 반경에 따른 인입케적이 된다.

2.3 속도 차이법을 이용한 속도 해석^{(1),(2),(3)}

속도해석을 가장 쉽게 하는 방법은 입력링크

에서 시작하는 속도 선도를 작도하는 것이다. 이 선도에서 고정링크는 속도선도의 극(pole)이라고 하는 하나의 점으로 표현된다.

Fig. 2.2에서 L_2 가 ω_2 의 각속도로 반시계 방향으로 회전하고 있을 경우 카플러의 한 점인 플라이 집의 끝단 C점의 속도를 구해본다. 우선, 고정링크 L1은 속도 선도의 극 o로 표시하고 A 점의 속도는 다음 식으로 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} V_A &= \overline{O2 \cdot A} \cdot \omega_2 \\ &= l_2 \cdot \omega_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Fig. 2.3은 Fig. 2.2의 A, B, C점의 속도벡터 선도이다. V_A 는 Fig. 2.2의 $\overline{O2 \cdot A}$ 에 수직인 방향이고, 이것은 Fig. 2.3의 속도벡터 선도에서 oa에 해당한다. V_{BA} 는 \overline{AB} 에 수직하고 A 점 및 B점 모두 똑같은 강체 L3에 존재함을 안다. L4는 O4에서 고정 프레임에 힌지로 연결되어 있으므로 B점의 속도는 $\overline{O4 \cdot B}$ 에 수직함을 또한 알 수 있다. V_A 의 끝단에서 $\overline{A \cdot B}$ 에 수직한 선과 o에서 $\overline{O4 \cdot B}$ 에 수직한 선의 교차점을 b로 나타내고, ab는 V_{BA} 를, ob는 V_B 를 의미하고 있다. 폐회로 oab에서 다음의 벡터 방정식을 얻

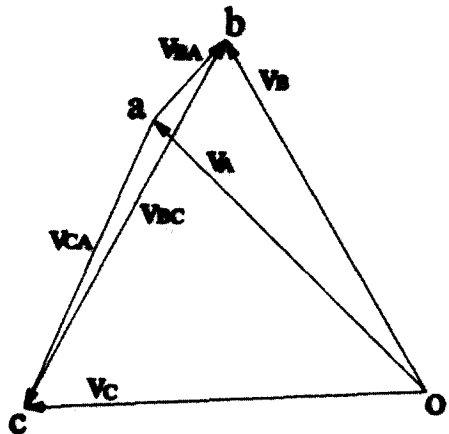


Fig. 2.3 Velocity vector diagram

을 수 있다.

$$V_B = V_A + V_{BA} \quad (4)$$

여기서, V_A 는 기저 벡터이고, V_{BA} 와 V_B 는 크기는 미지이고 방향은 기저인 벡터이므로 평면 삼각 벡터 해법을 이용하여 ab 와 ob 를 얻을 수 있다.

한편 c 점은 $\triangle ABC \cong \triangle abc$ 가 되도록 위치를 배치시킨다. $\triangle abc$ 에서 V_{BA} 는 기저벡터이고 V_{CA} 와 V_{BC} 는 크기는 미지이고 방향은 기저인 벡터이므로 벡터해법을 이용하여 ca 및 bc 를 구하면 C 점의 속도 V_C 를 얻을 수 있다.

2.4 가속도 차이법을 이용한 가속도 해석^{(1),(2),(3)}

속도 차이법을 이용한 속도 해석의 경우와 같이, 가속도의 경우에도 가속도 도형을 그려서 풀 수 있는 벡터 방정식이 만들어진다. 이중링크 수평인입 집 크레인과 같이 운동 전달점들 모두가 R (회전)힌지로만 구성되어 있을 때 가속도 해석의 문제는 단순하다. Fig. 2.2에서 입력링크

$O_2 \cdot A$ 가 각속도 ω_2 와 각가속도 α_2 로 회전하고 있을 때 C 점의 가속도를 구해 보기로 한다. B 점의 가속도 A_B 는 Fig. 2.4의 가속도 벡터 선도에서 다음과 같다.

$$A_B = A_A + A_{BA} \quad (5)$$

여기서, A_A 는 A 점의 가속도이고, A_{BA} 는 A 점에 대한 B 점의 상대 가속도를 나타낸다.

A_B 와 A_A 는 A_{BO4} 와 A_{AO2} 로 각각 나타낼 수 있고, 식 (5)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$A_{BO4}^n + A_{BO4}^t = A_{AO2}^n + A_{AO2}^t + A_{AB}^n + A_{AB}^t \quad (6)$$

Fig. 2.4는 식 (6)을 나타내는 완성된 가속도 다

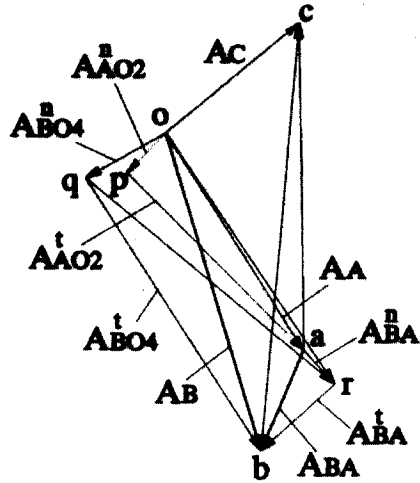


Fig. 2.4 Acceleration vector diagram

각형 벡터 선도를 보여 준다. 여기서, A_{BO4}^n , A_{AO2}^n , A_{AO2}^t 와 A_{BA}^n 는 기저벡터이고, A_{BO4}^t 와 A_{BA}^t 는 방향만 기저인 벡터이다. 따라서, Fig. 2.4의 가속도 다각형에서 삼각 벡터의 해법을 이용하여 링크의 각 절점의 가속도를 구할 수 있다.

2.5 크레인의 정적 해석

2.5.1 크레인의 자중 및 정격하중

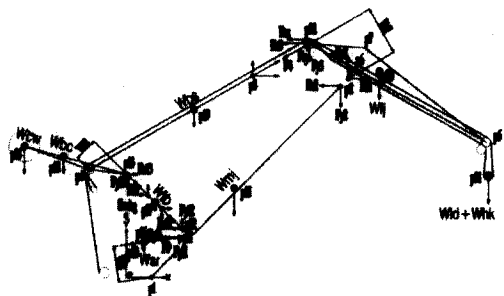


Fig 2.5 Force diagram

Fig. 2.5은 크레인에 작용하는 하중을 나타내고 있다. 크레인의 자중, 즉 플라이집의 자중 Wfj , 주집의 자중 Wmj , 백스테이의 자중 Wbs ,

인장 바의 자중 Wtb , 평형 레버의 자중 Wbc , 카운트 웨이터의 무게 Wcw , 스크류 로드의 자중 Wsr , 후크의 무게 Whk 및 정격 권상하중 Wld 등이 Fig. 2.5와 같이 작용할 때, 각 링크에 작용하는 힘과 인입에 요구되는 힘 $F9$ 를 다음의 힘의 평형 방정식을 이용하여 해석하였다.

$$\sum F = 0, \sum M = 0 \quad (7)$$

2.5.2 풍하중

크레인 구조물의 개개의 부재에 작용하는 풍하중은 다음과 같다.⁽⁴⁾

$$F = r \cdot A \cdot q \cdot Cf \quad (8)$$

여기서,

F : 풍하중(kgf)

r : 계산된 풍하중의 설계 적용과 관련된 계수

A : 유효 풍압 면적, 즉, 바람 방향에 수직한 평면으로의 투영 실면적(m^2)

q : 풍압력(kgf / m^2), $q = v^2 \cdot \sqrt[4]{h}/30$

v : 풍속력(m / s)

h : 지표에서 계산하고 있는 부재의 유효 풍압 면적 중심까지의 수직 높이(m)

Cf : 풍압 계수

식 (8)을 이용하여 계산한 각 블록의 풍하중이 각 블록의 풍압면적 도심에 작용할 때 식 (7)를 적용하여 인입장치에 요구되는 힘을 계산하였다.

2.5.3 관성력

2.4항의 가속도 차이법을 이용하여 링크 구조의 각 블록들의 무게 중심위치들과 권상하중의 중심 위치에서의 가속도들을 구한다. 구한 각 블록의 가속도와 질량을 곱하여 관성력을 계산하고 식 (7)를 적용하여 인입장치에 요구되는 힘을 계산하였다.

3. 수치해석 및 고찰

3.1 수치해석 모델

Fig. 3.1은 크레인의 링크 길이 및 블록 중량들에 대한 기호를 나타내고 있다. 수치해석 모델에 이용된 크레인의 설명은 다음과 같다.

최대 및 최소 선회 반경은 각각 35.0m 및 10.0m(플라이집 끝단의 최대 및 최소 선회반경은 로프리빙을 감안하여 각각 34.775m 및 9.775m로 함)이다.

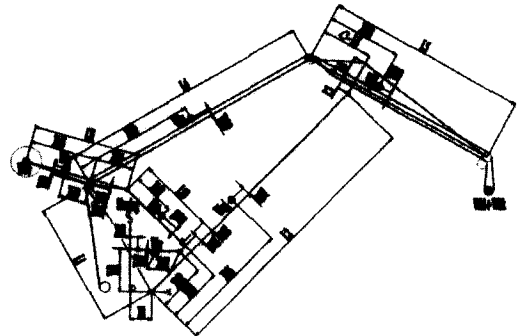


Fig. 3.1 Symbols of link dimensions and weights

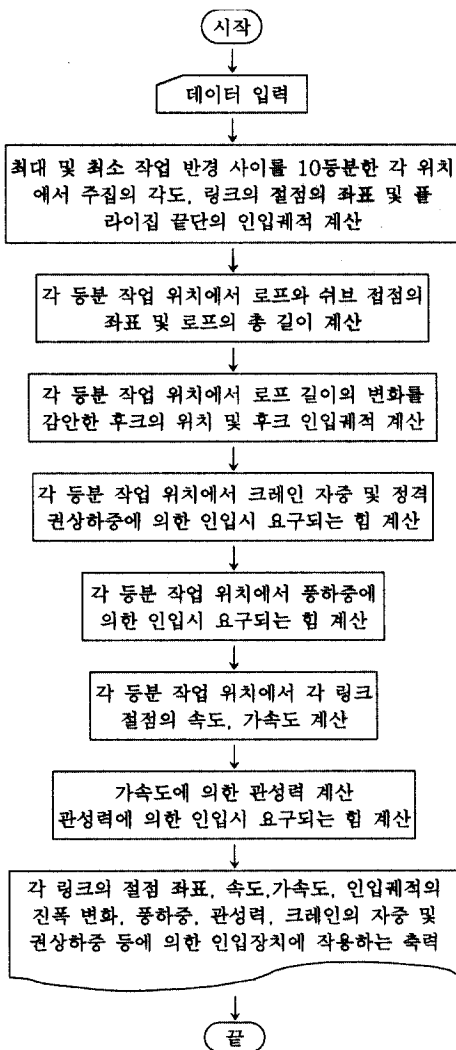
Table 3.1 Link dimension(mm) and weight(ton)

Xd1	Yd1	Xd2	Yd2	Xd3	Yd3	Xd4	Yd4
-1579.0	5450.0	5880.0	2120.0	5880.0	2120.0	1322.0	902.0
Xd5	Yd5	Xd6	Yd6	Xd7	Yd7	Xd8	Yd8
-3866.0	902.0	12723.0	67.0	2000.0	0.0	3822.0	0.0
Xd9	Yd9	Xd10	Yd10	Xd11	Yd11	L1	L2
-1924.0	793.0	11665.0	0.0	8576.0	208.0	12280.1	28500.0
L4	L5	L7	L8	L10	X1	β	Whk
23330.0	19280.0	572.0	3500.0	7644.0	1700.0	0.24243	3.0
Wm1	Wtb	Wsr	Wbc	Wcw	Wbs	W5	Wld
22.6	0.8	0.2	4.1	35.3	4.8	25.6	35.0

링크 치수 및 각 블록의 중량은 Table 3.1과 같다. 크레인의 정격 권상하중은 35.0ton이고, 작업시 최대풍속은 16.0m/s, 스크류 로드의 인입속도 및 가감 시간은 각각 1.866m/min 및 7.0초로 설정하였다. 이러한 기준하에서 최대 및

최소 작업위치 사이를 10 등분한 각 작업위치에서 각 링크 절점의 변위, 속도 및 가속도 해석을 하고, 아울러 인입시 가감속에 의한 관성력, 바람에 의한 풍하중 및 크레인 자중과 후크를 포함한 정적 권상하중 등이 크레인에 작용할 때 인입장치에 요구되는 힘을 해석하였다. 또한 권상로프의 2가지의 리빙방법에 따라 플라이집 끝단과 후크의 인입궤적을 각각 해석하였다.

3.2 수치해석 프로그램의 흐름도



3.3 프로그램의 신뢰성 검토

(1) 변위해석

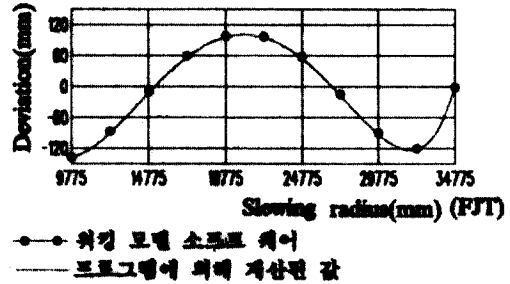


Fig. 3.2 Fly jib tip trajectory

Fig. 3.2는 플라이집의 끝단의 인입궤적에 대하여 워킹모델⁽⁵⁾ (working model)의 소프트웨어에서 계산한 값과 개발한 프로그램으로 해석한 값을 비교한 그래프이다.

(2) 속도해석

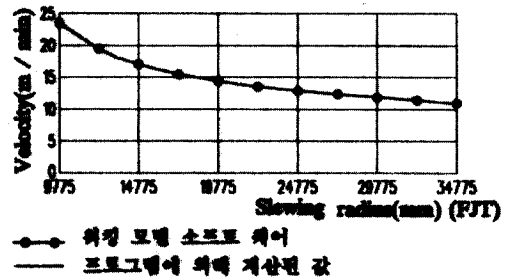


Fig. 3.3 Velocity

Fig. 3.3은 P5점에 대하여 워킹모델에서 속도 해석한 값과 개발한 프로그램으로 해석한 값을 비교한 그래프이다.

(3) 가속도 해석

Fig. 3.4은 P5점에 대하여 워킹모델에서 가속도 해석한 값과 개발한 프로그램으로 계산한 값을 나타내고 있다.

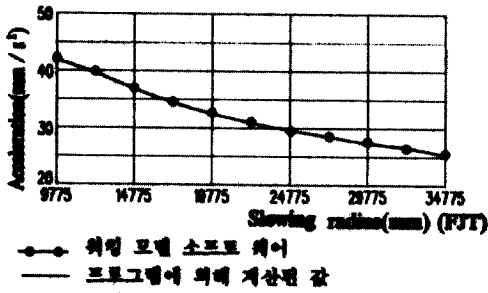


Fig. 3.4 Acceleration

(4) 정적 해석(인입장치에 작용하는 힘)

Fig. 3.5는 크레인 자중 및 권상정격 하중을 인입시키는데 인입장치에 요구되는 힘을 범용 구조해석 패키지 STAAD III⁽⁶⁾에 의한 해석 결과와 비교한 그래프이다.

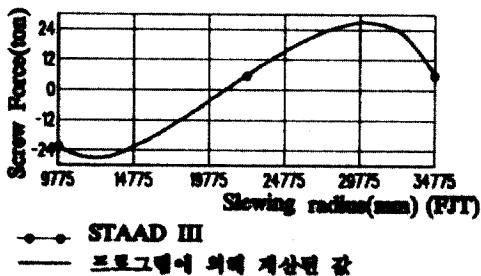


Fig. 3.5 Screw luffing force diagram

본 논문에서 개발한 이중링크 수평인입 집 크레인의 정적 및 동적 해석의 전산 프로그램의 신뢰성을 검토하였다. 정적 해석은 범용 구조해석 패키지인 STAAD III에 의한 해석과 비교하였다. 동적 해석은 워킹모델(working model)의 소프트웨어에 의한 해석과 비교하였다.

Fig. 3.2, Fig. 3.3, Fig. 3.4 및 Fig. 3.5에서 보는 바와 같이 본 논문에서 개발한 프로그램의 해석치와 범용 소프트웨어의 해석치가 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

3.4 변위해석(인입궤적)

Fig. 3.6는 2개의 권상 로프리빙 방법을 나타

내고 있다. Fig. 3.7 및 Fig. 3.8는 Fig. 3.6에 나타난 권상로프 리빙 경로1 및 경로2에 대한 플라이집 끝단과 후크의 인입궤적의 해석 결과 및 작업위치에 따라 후크의 높이를 똑같이 두고 링크 형상 변화에 따른 권상 로프의 총 길이를 계산해서 최대 작업반경 위치에서의 권상로프의 총 길이와의 차이 등을 각각 나타내고 있다. 이 때 권상드럼은 작동하지 않는 상태이다.

Fig. 3.6(a)에 나타난 권상로프 리빙 시스템의 경로1은 드럼에서 후크까지 가는 경로와 후크에서 고정 슈브 10번까지 돌아오는 경로가 측면에서 볼 때 일치하지 않는 경우이다. 반면 Fig. 3.6(b)의 경로2는 드럼에서 후크까지 가는 경로와 후크에서 고정 슈브 9번까지 돌아오는 경로가 측면에서 볼 때 일치하는 경우이다. 이 두 개의 로프 리빙경로에 의해 인입궤적에 미치는 영향을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 경로1의 경우, 드럼을 작동하지 않는 상태에서 작업반경이 변하더라도 후크의 기준 높이를 최대 선회반경 위치에서의 후크 높이로 일률적으로 적용했을 때 최대 선회반경 위치에서 최소 선회반경 위치로 인입됨에 따라 권상로프의 총 길이는 증가하고 있다. 이것은 인입 반경위치에 따라 링크 형상의 변화와 더불어 로프 슈브간의 거리 및 로프의 슈브접선길이가 달라지는 로프리빙 경로이기

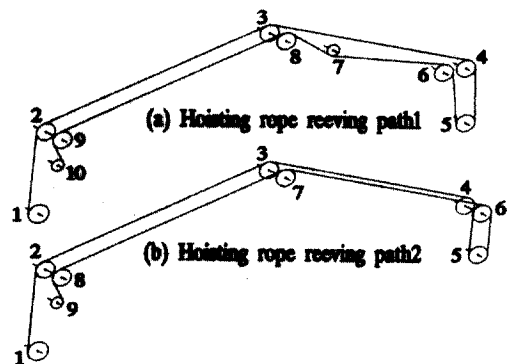


Fig. 3.6 Hoisting rope reeving system

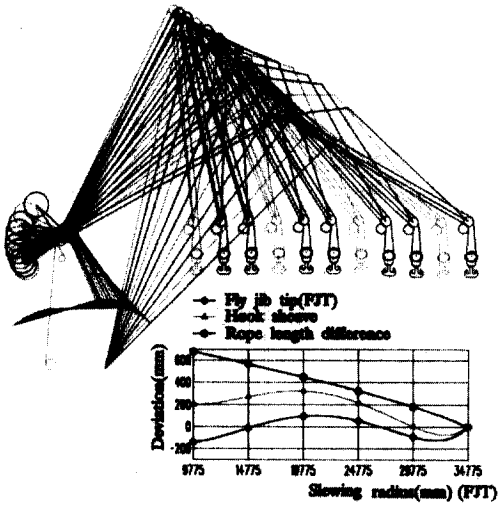


Fig. 3.7 Fly jib tip and hook trajectory by hoisting rope reeving path1

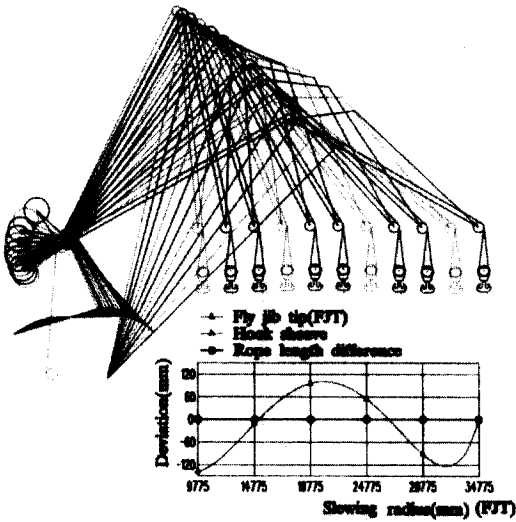


Fig. 3.8 Fly jib tip and hook trajectory by hoisting rope reeving path2

때문이다. 따라서, 후크의 인입궤적은 작업 반경 위치에 따라 권상 로프의 총 길이 차이 발생으로 인하여 플라이집 끝단의 인입궤적과 일치할 수 없게 된다. Fig 3.7는 이 결과를 나타내고 있다.

- (2) 경로2의 경우 작업 반경 위치가 이동됨에 따라 권상로프의 총 길이 변화가 없는 리빙 시스템을 알 수 있고, 플라이집 끝단과 후크의 인입궤적이 일치하고 있다. Fig. 3.8는 이 결과를 나타내고 있다.
- (3) 따라서, 권상로프 리빙 시스템의 경로에 따라 플라이집 끝단과 후크에 지지되어 있는 하중의 인입궤적이 상이할 수 있음을 알 수 있다.

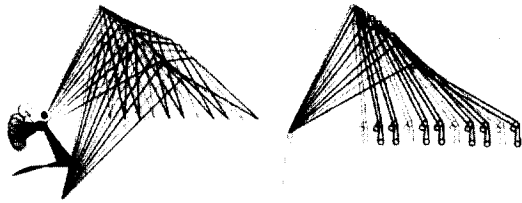


Fig. 3.9 Graphics display of link trajectory Fig. 3.10. Graphics display of hoisting rope reeving trajectory

Fig. 3.9와 Fig. 3.10은 링크 구성과 권상로프의 인입궤적에 대한 해석결과를 나타낸 것이다. 이중링크 수평인입 집 크레인 선회 반경 위치에 따라 구조물의 형상이 바뀌게 된다. 선회반경 위치에 따라 Fig.2.2에 나타난 절점좌표에 대한 변위해석 결과를 작도하면 Fig.3.9와 같다.

변위해석에 의한 작도로 인입 과정에서 유동링크 및 블록간의 간섭을 검토해야 한다. Fig.3.11 (b),(c)에서 나타난 바와 같이 링크 구조가 최소 선회반경 위치 부근으로 인입되었을 때 백스테이와 인장 바에 있는 가로 바(cross bar)가 서로

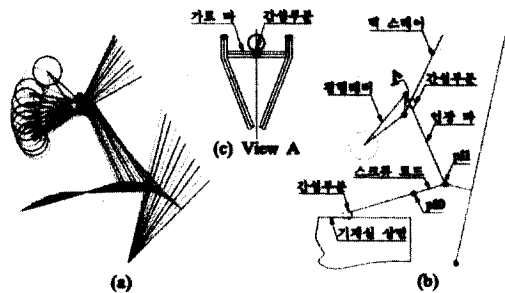


Fig. 3.11 Structure interference

간섭이 일어나는지를 확인해야하고, 간섭이 발생할 경우 이 가로 바의 위치를 이동시키거나 평형 레버의 초기각을 재설정해야 한다.

P10과 P11은 각각 스크류 로드와 A-프레임 및 주집 상에 연결되는 한지 위치들이고 이 두 점의 위치에 따라 스크류 로드의 인입 거리와 인입시 방향이 결정된다. 완전히 인입된 위치에서 두 점간의 거리가 너무 짧게 되면 스크류 보호 카바를 설치할 수가 없게 되고, 너무 길게 되면 세장비가 증가하여 압축에 대한 허용좌굴강도가 떨어지게 되므로 불리하게 된다.

Fig. 3.11(b)에서 보는 바와 같이 최소 선회반경 위치로 크레인이 인입되었을 때 스크류 로드의 기울어짐에 의한 뒤쪽 끝단부와 기계실 상부가 간섭될 수 있으므로 변위 해석에 의한 작도로 확인할 필요가 있다.

3.5 속도해석

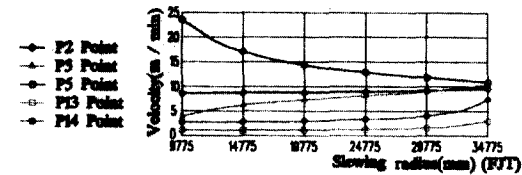


Fig. 3.12 Velocity

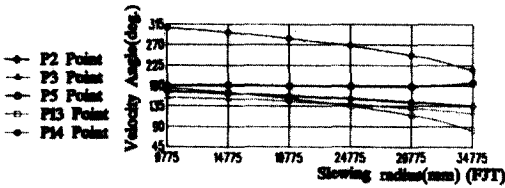


Fig. 3.13 Velocity direction

Fig. 3.12 및 Fig. 3.13은 스크류 로드가 인입속도 1.866m/min로 일정하게 인입될 때 Fig. 2.5의 P2, P3, P5, P13 및 P14 지점들에 대한 선회반경에 따른 속도의 크기 및 방향을 각각 나타낸 그래프이다.

작업반경에 걸쳐 속도변화가 가장 큰 지점은 플라이집 끝단 P5이고 최소 선회 반경쪽으로 갈수록 그 폭이 증가하고 있다. 이것은 Fig. 3.9에서 보는 바와 같이, 인입단계별 플라이집 끝단의 수평이동 거리는 같은데 비하여 스크류 로드의 길이 변화는 최소 선회 반경쪽으로 갈수록 작아지고 있기 때문이고 시각적으로 확인할 수 있다.

나머지 점들의 속도는 최대 선회반경에서 최소 선회반경으로 크레인이 인입됨에 따라 감소하고 있는데 P2점은 전체 인입 구간에 걸쳐 완만하게 감소하고 있고 P3점은 최소 선회반경 부근에서 변화폭이 크고, P13 및 P14점은 최대 선회반경 부근에서 변화폭이 증가하는 경향을 보이고 있다. 속도의 방향 변화폭이 큰 지점은 P13과 P14이고 거의 없는 지점은 P5점이다. 그리고 P2와 P3은 완만한 변화폭을 가지는 경향을 보이고 있다.

3.6 가속도 해석

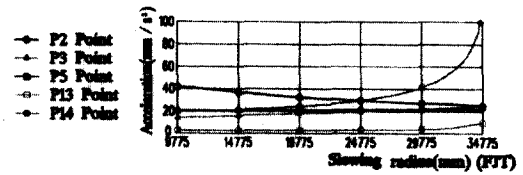


Fig. 3.14 Acceleration

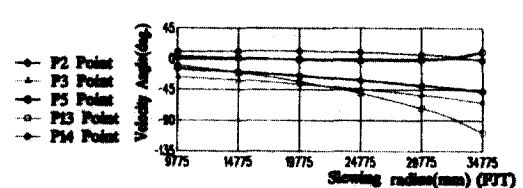


Fig. 3.15 Acceleration direction

Fig 3.14 및 Fig. 3.15은 스크류 로드의 인입속도가 1.866m/min이고 가감시간이 7.0초일 때 선회반경에 따라 Fig. 2.5의 P2, P3, P5, P13 및 P14점의 가속도 크기 및 가속도 방향의 해석 결과를 각각 나타내고 있다. 최소 선회 반경

쪽으로 인입됨에 따라 P2점의 가속도 크기는 증가하고 있으나 나머지 점들은 감소하는 경향을 보이고 있다.

가속도 크기의 변화폭이 가장 큰 점은 P14이고 특히 최대 선회반경 부근 위치에서 더 큰 변화를 보여 주고 있다. 이것은 Fig. 3.9에서 인입 단계 별 변위의 변화를 볼 때 P14점은 최대 선회반경 부근의 위치에서 회전각과 접선 변위의 변화폭이 다른 지점들에 비해 크게 나타나고 있기 때문이고 Fig. 3.12 Fig. 3.13의 속도해석에서도 확인할 수 있다. 즉 최대 선회반경 부근에서 P14점이 다른 점에 비해 속도 크기 및 방향의 변화폭이 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서, 최대 선회반경 부근에서 법선 및 접선 가속도가 다른 지점에 비해 크게 되어 이 두 개의 가속도 성분을 합성할 경우 더 큰 가속도 변화폭을 가지게 됨을 알 수 있다. P2점의 가속도 방향은 크레인이 최대 선회반경에서부터 감소되다가 최소 선회반경쪽으로 인입됨에 따라 다시 증가하는 경향을 보이고 있다.

그러나 나머지 점들은 최대 선회 반경에서 최소 선회 반경쪽으로 인입됨에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다. 이들 점 중 P13점이 전체 선회반경에 걸쳐 가속도 방향 변화폭이 가장 크게 나타나고 있다.

3.7 정적해석(인입장치에 요구되는 힘)

Fig. 3.16은 Table 3.1의 크레인 자중 및 정격 권상하중, 16.0m/s의 풍속에 의한 구조물에 부과되는 풍하중, 인입장치의 가속도 4.443mm/s^2 에 의한 각 링크 블록 및 권상하중에 발생하는 관성력 등이 크레인에 작용했을 때 크레인을 인입시키는데 요구되는 스크류 로드의 축력을 해석한 그래프이다.

이 때 풍하중은 최대 선회반경쪽으로 작용할 때, 관성력은 최대 선회반경에서 최소 선회반경쪽으로 크레인이 인입될 때를 고려하였다. 풍하중과

관성력 방향이 반대로 작용할 수도 있으므로 최대 인입력은 각각의 인입력 절대값을 합한 값이 될 것이다.

풍하중 및 관성력에 의한 최대 인입력과 링크들의 자중을 포함한 권상 하중에 의한 최대 인입력과의 백분율을 각각 계산해 보면 약 30% 및 10% 정도이다.

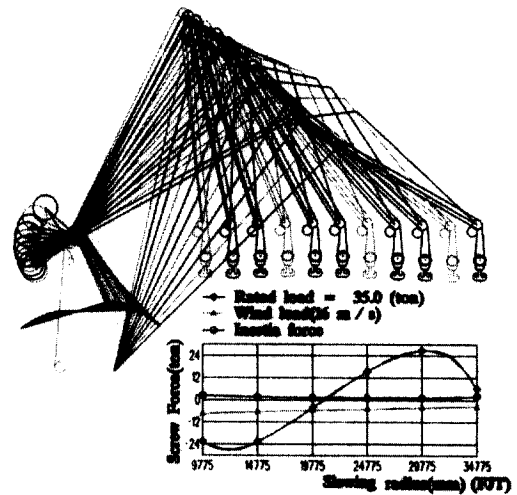


Fig. 3.16 Screw luffing force diagram

크레인의 인입에 요구되는 힘은 인입 장치, 즉 모터, 감속기, 브레이크, 스크류 로드 등 기계품들의 용량과 크기를 결정하는 주요한 사항이다. 정격 권상 하중을 최대 작업 반경에서 최소 작업 반경까지 인입시킬 때 이 힘은 통상 인장력에서 압축력으로 바뀌게 된다. 이 때 최대 인장력과 압축력의 절대 크기가 거의 같도록 카운트 웨이트의 무게 W_{cw} 를 설정하는 것이 인입장치의 용량을 작게 할 수 있는 하나의 방법이 될 수 있다.

카운트 웨이트의 무게는 인입장치에 작용하는 힘에 매우 예민하고 잘 못 설정할 경우 인입장치의 용량이 부족하게 되어 인입 작동이 되지 않는 상태를 초래할 수 있다. 또한 이 무게는 크레인 전체의 안정도 및 차륜압에도 영향을 크게 미치므로 유의해야 할 것이다.

4. 결론

Table 3.1과 같이 이중링크 수평인입 집 크레인의 결정된 하나의 링크 구조 구성에 대하여 최대 및 최소 작업반경 사이를 10등분한 각 위치에서 각 링크 절점의 변위해석, 스크류 로드의 인입 속도가 1.866m/min일 때 링크 각 절점의 속도 해석, 스크류 로드의 인입 가감속 시간이 7.0초일 때 각 링크 절점의 가속도 해석, 인입시 가감속에 의한 관성력과 풍속 16.0m/s에 의해 부과되는 풍하중 및 크레인의 자중과 정격 권상하중 35.0ton 등이 작용할 때 크레인을 인입시키는데 요구되는 정적 힘의 해석에 대한 결과들을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 권상로프 리빙 방법에 따라 플라이집 끝단의 인입케적과 후크의 인입 케적이 일치하지 않을 수도 있음을 알 수 있다.
- (2) 풍하중 및 관성력에 의한 스크류 로드에서 작용하는 최대 인입력과 크레인의 자중 및 정격 권상하중에 의한 최대 인입력과 백분율을 각각 계산해보면 약 30% 및 10% 정도임을 알 수 있다.
- (3) 변위해석 결과의 작도를 통하여 작업 영역내에서 유동 링크간 또는 유동 링크와 고정 프레임간의 간섭여부를 설계단계에서 검토할 수 있다.
- (4) 최대 및 최소 선회반경 내에서 속도 크기의 변화폭은 가장 크나 속도 방향의 변화폭이 가장 작은 위치는 플라이집 끝단 P5임을 알 수 있다.
- (5) 선회반경 영역에 걸쳐 가속도의 변화폭이 가장 큰 위치는 카운트 웨이트의 중심 P14이고 가속도 방향의 변화폭이 가장 큰 지점은 평형레버와 인장 바의 연결점인 P13임을 알 수 있다.
- (6) 이중링크 수평인입 집 크레인의 링크 구조 구성이 결정된 상태에서 변위, 속도, 가속도 및 인입장치에 소요되는 힘을 해석하는데 있

어서, 본 논문에서 개발한 전산 프로그램은 이들 해석을 신속 정확하게 처리할 수 있어 설계의 생산성 및 신뢰성 제고뿐만 아니라 기본설계의 기술력 확보 측면에서 그 의미가 있다.

5. 향후 연구과제

본 논문은 이중링크 형식 수평인입 집 크레인의 기본 설계 과정에서 링크구성설계가 확정된 상태에서 크레인 링크구조의 정적 및 동적 해석에 관한 내용이며 크레인 링크 구조에 대한 향후 지속할 연구과제 및 목표는 다음과 같다.

- (1) 강도 및 진동해석
- (2) 피로해석
- (3) 내구연한 평가
- (4) 일련의 해석과정을 종합한 이중링크 형식 수평인입 집 크레인의 전문 해석 패키지 개발

참고 문헌

1. 백윤수 외2명 공저 "기구학" 회중당 1996 pp. 190 ~207, 275~294
2. 김재도 외5명 공저 "최신 기구학" 범한서적주식회사 1992, pp. 112~121, 204~212
3. Kenneth J. Waldron, Gary L. Kinzel, "Kinematics and Dynamics, and Design of Machinery" Willey 1999 pp. 51~64
4. BS(British Standard) 2573 Part 1 : 1983 pp. 8~12
5. Knowledge Revolution's Working Model combines advanced motion simulation technology with sophisticated editing capabilities to provide a complete, professional tool for engineering and animation simulation
6. STAAD III is the leading Structural Analysis and Design software from Research Engineers, Inc. (REI), California, U.S.A.

(접수일자 : 2000년 6월 24일)