

상승식 타워크레인 지지구조의 안정성 검토 모델

A Model on the Stability Analysis of Supporting Structure of Climbing-Type Tower Cranes

호종관* 김아영** 김선국***

Ho, Jong-Kwan Kim, Ah-Young Kim, Sun-Kuk

요 약

최근 고층화, 대형화, 복잡화 된 건물의 신축이 증가하면서 장비의 사용이 증가하고 있다. 특히 공동주택이나 주상복합빌딩의 신축에 따른 고소작업이 증가하면서 타워크레인의 장비가 증가하고 있는 실정이다. 이러한 장비사용의 증가로 장비의 선정, 운용과 더불어 장비의 안정성 확보는 공사프로젝트의 중요한 관리요소로 작용한다. 최근 공사 시 구조물의 높이가 증가함에 따라 크레인의 위치가 수직상승하는 상승식 타워크레인의 사용이 증가하고 있다. 이에 본 연구는 상승식 크레인의 안정성을 검토하는 모델을 제시하였다. 본 모델은 상승식 크레인의 주변 환경 및 조건에 적절한 선정 뿐 아니라 제시된 3가지 타입의 지지부재인 Collar의 설계 및 안정성 검토 및 고정부의 설계, 검토 또한 손쉽게 이루어 질 수 있도록 하였다. 이러한 모델을 통하여 장비의 적절한 선정 뿐 아니라 지지부재 및 고정부의 설계검토를 통한 안정성 확보를 통하여 공사프로젝트의 효율적 수행이 가능해 질 것으로 기대 된다.

키워드 : 타워크레인 계획, 상승식 크레인, 안정성검토

1. 서 론

최근 건설 산업이 고층화, 대형화, 복잡화 됨에 따라 건설 산업에서의 장비 사용이 증가하고 있다. 그리고 공동주택이나 주상복합빌딩과 같은 고층공사의 수요가 늘어남에 따라 다른 양중장비에 비해 작업 생산성과 효율성이 높은 타워크레인의 활용이 증가추세를 보이고 있다.(고광일 외 2006) 또한 구문희(2006)의 최근 5년간 완성검사 대수 조사에 의하면 국내 타워크레인 현황은 2001년 2,104대에서 3,278대로 약55%가 증가하였다. 건설 장비 사용이 증가함에 따라 장비의 효율적인 선정 및 운용 뿐 아니라 안정성 확보 또한 프로젝트의 원가, 공기 등 측면에 영향을 미치는 매우 중요한 관리 요소로 작용하고 있다.

기존문헌을 살펴보면 Beavers 외 (2006)는 건설산업에서의 크레인 위험요소와 사고사례를 분석하였다. 또한Shapira, A 외 (2007)는 상승식 크레인은 30층 이상의 건물에서 벽이나 건물부

분에 크레인을 지지하여 설치에 드는 시간을 최소화시키며, 추가적인 크레인 선정을 제거한다고 하였다.

이러한 상승식 타워크레인의 경우 기존의 고정식 타워 크레인이나 이동식 크레인과는 다른 지지방식을 가지고 있다. 그러나 상승식 크레인의 선정이나 안정성에 관련한 연구가 매우 부족한 실정이다. 이에 상승식 타워크레인 지지구조의 안정성 검토에 관한 연구의 필요성이 제시된다.

본 연구의 목적은 상승식 타워크레인 지지구조의 안정성 검토 모델을 제시하는 것이다. 본 연구는 RC 및 철골구조이론을 접목하여 연구자가 전산시스템으로 개발하고, 실무적용을 통하여 그 효율성을 검증한 후 작성하였다. 본 연구를 통해 개발한 모델은 건설현장에서 사용이 증가되고 있는 상승식 타워크레인의 안정성을 확보 할 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 범위는 T형 상승식 타워크레인을 대상으로 하였다. 양중계획단계 시 고려해야 할 공정계획 수립, 장비선정, 대수 선정, 장비설치, 운영 및 해체 단계 중 타워크레인 장비 선정 단계에 국한하였다. 또한 선정된 장비의 안정성 검토 시 지지부재의 설계, 고정부의 설계가 검토되어야 하지만 본 연구에서는 지지

* 일반회원, 삼성물산 건설부문 기술본부 TA팀 장비전문위원
hjk111@samsung.com

** 일반회원, 경희대학교 일반대학원 석사과정(교신저자)
kays13@naver.com

*** 종신회원, 경희대학교 건축공학과 교수 공학박사
kimskuk@khu.ac.kr

부재의 설계에 국한하여 연구를 진행하였다.

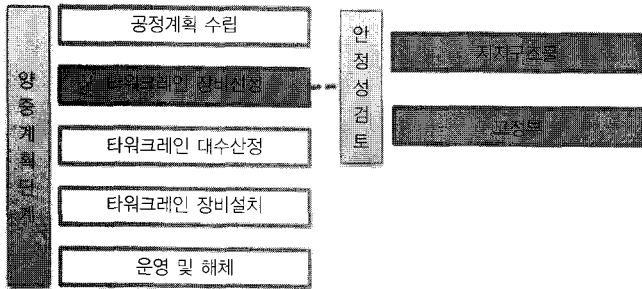


그림1. 연구의 범위

상승식 타워크레인 지지부재의 안정성검토를 위한 본 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

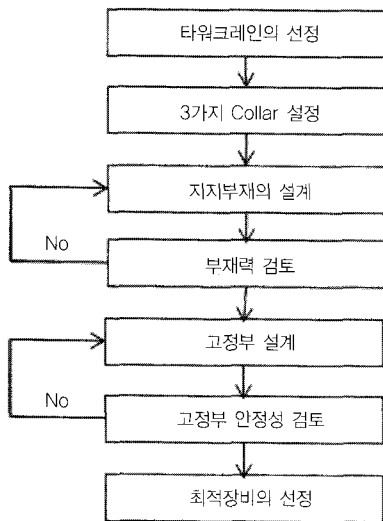


그림2. 연구 진행 순서

우선 건설프로젝트의 양중계획 및 크레인 선정 관련 연구 및 크레인의 안정성 검토에 관련된 기존문헌을 통해 상승식 타워크레인 안정성검토 연구의 필요성 및 연구방향을 도출한다. 또한 상승식 타워크레인에 대한 이론적 고찰을 수행한다.

상승식 타워크레인의 지지구조물을 부재의 조합에 따라 3가지 타입의 칼라¹⁾를 제시한다. 본 연구에서는 칼라 지지보의 부재를 H형강으로 지지보강보는 H형강, 각형강관, L형강으로 한정하여 연구를 국한하여 수행하였고, 칼라의 선택은 칼라 지지보의 유형1, 칼라 지지보, 지지보강보의 유형 2 또는 칼라 지지보 1, 칼라 지지보 2의 유형 1+지지보강보를 선택하는 방법으로 3가지 유형의 칼라에 국한하여 연구를 수행하였다. 그 후 상승식 타워크레인의 선정 프로세스 및 칼라의 설계 및 검토를 실시한

다. 부재의 타입별 설계정보 및 해석 결과를 제시 한 후, 부재력 안정성 검토를 실시하여 최종 장비를 선정하게 된다.

2. 이론적 고찰

2.1 크레인 선정관련 연구

크레인 선정에 관련된 연구는 다음과 같이 진행 되었다. Gray and Little (1985)은 현장여건과 크레인 정보를 바탕으로 크레인을 선정하고, 크레인의 설치 환경과 크레인 조합을 선정 하는 부분으로 나누어 연구를 진행 하였다. 하지만 가정의 단순화로 다양한 제약 조건을 반영하지 못했으며 비용의 최소화를 대안으로 선택하고 있어 절절한 대안의 제시하지 못하고 있다.

Furusaka and Grat (1984) 의 연구는 임대, 설치, 해체비용을 최소로 하는 최적 크레인 선정방법을 제안하였으며 또한 건축물의 공사가 진행됨에 따라 용량이 큰 크레인으로 바꾸는 것이 더욱 최적화 된 조합으로 제시하였다. 그러나 현실적으로 타워 크레인을 자주 바꾸기 어려운 상황을 고려해 보았을 경우 이에 대한 한계가 있음을 알 수 있었다.

표1. 크레인 선정에 관련된 연구

연구자	연구내용
Colin Gray (1985)	- 현장여건과 크레인 정보를 바탕으로 제약조건들을 검토하여 크레인을 선정함 - 건물형태, 물량배분, 크레인 설치가능 위치를 고려하는 부분과 크레인의 조합을 선정하는 부분으로 나누어져 있음. - 비용을 최소로 하는 대안을 선택
Shuzo Furusaka (1984)	- 임대, 설치, 해체비용을 최소로 하는 목적함수를 사용한 최적 크레인 선정방법을 제안

국내 타워크레인 선정관련 연구를 살펴보면 김훈(2000)은 양중장비 선정을 위한 의사결정 모델을 제시하였고, 이현수 외(2002)는 고층건축공사에서의 타워크레인 계획 시 필요한 프로세스를 연구하였다. 또한 주진호 외(1994)는 타워크레인 선정 시 최적위치에 관한 연구를 진행하였다. 타워크레인에 대한 많은 국내 연구가 진행되고 있으나 고정식 타워크레인에 관한 연구에 국한 되었을 뿐 상승식 타워크레인에 대한 연구는 부족한 실정이다.

2.2 안정성 검토 관련 연구

크레인의 안정성 검토에 관련된 연구는 타워크레인의 선정연구에 비하여 많이 부족한 실정이며 다음 표 2와 같이 연구가 진행 되었다.

1) 칼라(collar): 건물의 층수가 올라감에 따라 상승된 크레인을 지지하는 구조물을 지칭함.

표2. 크레인 안정성 검토에 관련된 연구

연구자	연구내용
이병구, 노민래(2000)	- 사고원인 분석을 통하여 크레인의 기초앵커의 부재력 거동을 구조적으로 해석 - 현장에서 임의의 보조프레임 사용의 위험성 설명
이병구, 설종협(2002)	- 타워크레인의 지지방법을 구조적으로 접근하여 소개 - 지립식, 중간지리식의 형태로 나누어 기술함

이러한 연구 또한 타워 크레인 사고의 원인 분석에 관한 연구이며 크레인 설치 및 구조보강에 관한 연구가 진행은 되었지만 그 수가 많이 부족한 실정이다. 또한 이러한 타워 크레인의 안정성 관련 연구는 고정식(Stationary Type)에 한정되어 상승식 타워크레인의 기초 지지 및 구조적인 분석에 의한 안정성 검토에 관한 연구는 많이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서 상승식 타워 크레인의 선정 및 안정성 검토에 관한 연구가 필요함을 알 수 있었다.

본 연구에서 상승식 타워 크레인의 선정 및 지지구조물과 고정부의 설계 및 안정성 검토에 관한 연구를 수행 하였다.

2.3 상승식 타워크레인의 고찰

본 연구에서는 크레인의 여러 종류 중 지브형태는 트롤리식의 설치방법이 상승식인 타워크레인을 연구 범위로 하였다. 상승식 타워크레인의 정의는 건축 중인 구조물위에 설치된 크레인으로서 구조물의 높이가 증가함에 따라 자체의 상승 장치에 의해 수직방향으로 상승시킬 수 있는 크레인을 말하며 최근 고층 공사의 증가로 사용이 증가하고 있다.

표3. 구분기준에 따른 타워크레인 종류

구분	유형	내용
지브형태	트롤리식	- 타워크레인의 주종을 이루는 형식이며, 주로 주변에 장애물이 없을 때 많이 사용
	리핑식	- 지브를 상하로 움직여 작업물을 인양할 수 있는 형식이며, 고공권 침해나 터 건물에 간섭이 있을 경우 사용
설치방법	고정식	- 고정식 설치방법으로 지반에 픽싱 앵커(fixing anchor)를 콘크리트 블록으로 고정하여 크레인을 지지
	상승식	- 상승식 설치방법으로 건물자체에 크레인을 지지

3. 상승식 타워크레인의 선정 및 설계 프로세스

3.1 상승식 타워크레인의 선정

다음은 본 연구에서 제시하고 있는 상승식 타워크레인의 선정 프로세스 및 고려사항을 나타낸 그림이다.

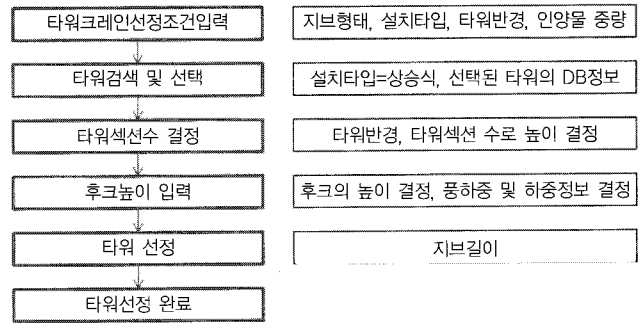


그림3. 상승식 타워크레인의 선정 프로세스

본 프로세스는 크레인 선정 시 고려해야 할 사항들을 각각의 단계별로 제시하고 있다. 가장 처음 크레인의 선정 시 타워선정 조건의 입력 사항으로 지브의 형태, 설치타입 및 타워의 반경 및 인양물의 중량을 고려하고 이를 통하여 그 조건에 맞는 타워를 검색하여 나열하게 된다. 이를 통해 담당자가 조건에 맞는 타워 크레인을 선택하게 된다. 이후 타워의 섹션 수 및 후크의 높이를 따른 타워 크레인을 선정할 수 있게 하였다. 이러한 프로세스는 상승식 타워 크레인의 지브형태 및 타워 크레인의 기종 선정 시 고려되어야 할 주변의 상황과 조건을 고려한 타워 크레인의 선정이 가능하게 하였다.

본 연구를 통해 개발한 상승식 타워크레인의 선정 프로세스 및 이를 통하여 구축된 시스템의 화면이다. 본 프로그램은 장비의 선정에서 기초판 규격결정 및 황지방법, 부재선정과 고정점에 대한 간단한 구조검토를 비전문가라도 비교적 쉽게 실시간으로 안정성 여부를 시뮬레이션할 수 있도록 하였다. 프로그램 구성은 프로젝트 설정, 타워크레인 설정, 기초설계, Wall Brace, Rope Guying, 결과보기로 나누어져 있다.

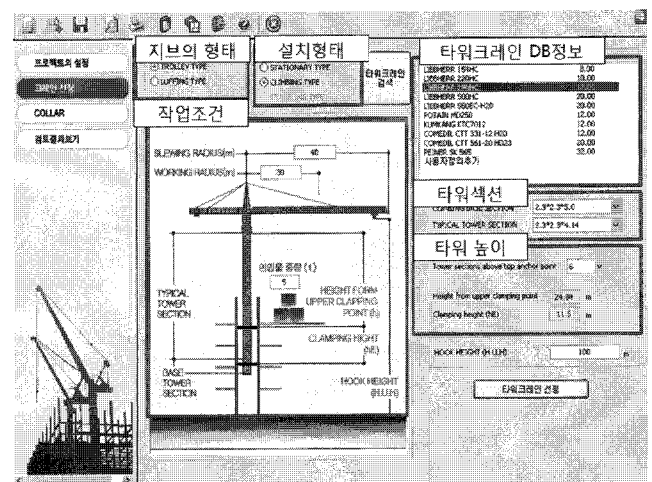


그림4. 상승식 타워크레인의 선정 과정

타워의 지브의 형태와 설치방법을 결정하고 지브의 길이 또는 최대 회전반경, 또한 타워의 중심부터 인양물 중심까지의 거리, 인양물의 중량을 입력한 후 본 모델에서 제시되는 타워크레인의 기종 중 적합한 기종을 결정한다. 그 후 1차 선정된 타워크레인의 베이스 섹션과 타워섹션의 크기를 선택하고 타워크레인의 지지 구조물인 칼라의 설치간격, 후크아래의 높이 값을 결정하여 타워크레인을 선정한다. 후크높이 값에 따라 타워크레인 지지구조물에 작용하는 하중이 달라진다.

3.2 칼라 설계

다음은 본 연구에서 제시하고 있는 상승식 타워크레인의 칼라의 설계 및 검토 프로세스 및 고려사항을 나타낸 그림이다.

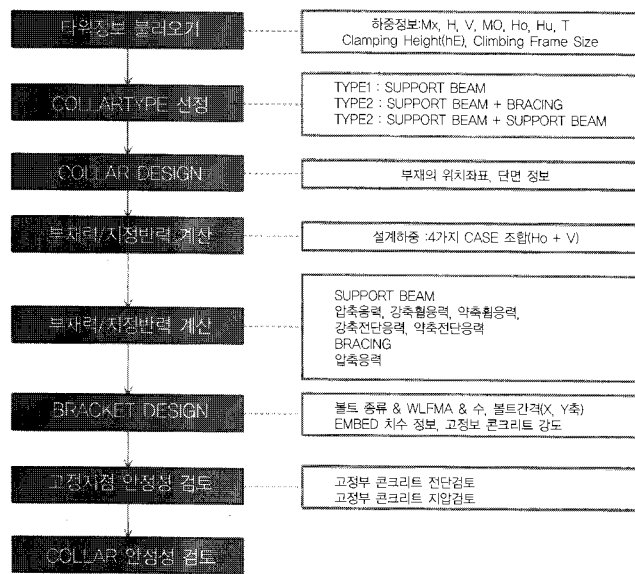


그림4. 상승식 타워크레인의 선정 과정

앞 단계에서 선정된 상승식 타워 크레인의 칼라의 유형을 정하고 설계를 한 후 부재력과 지정 반력을 검토한다. 그 후 부재의 안정성 검토를 위해 칼라 지지보의 압축응력, 강축휨응력, 약축휨응력, 강축전단응력, 약축전단응력을 검토하고 지지보강보의 압축응력을 검토한다. (지지보강보의 압축응력 검토의 경우 유형 2의 경우 해당) 그 후 브라켓의 볼트종류, 지름, 수 간격 및 고정부 콘크리트의 강도를 결정하게 되고 고정부 콘크리트의 전단강도와 지압을 검토하여 고정지점의 안정성 검토한다. 이를 통하여 상승식 타워 크레인을 지지하는 칼라의 설계 및 검토를 통한 안정성 검토를 수행하였다.

본 연구에서 제시되는 상승식 타워크레인의 칼라설계 및 검토 프로세스 및 이를 통하여 구축된 시스템의 화면이다.

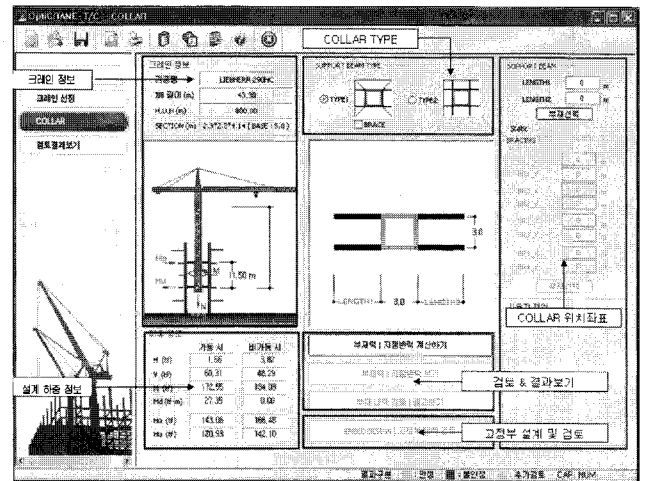


그림6. 칼라 화면 구성

본 화면은 선정된 타워크레인의 정보를 확인할수 있는 부분, 칼라의 유형을 설정하는 부분, 칼라의 평면을 설계하는 부분과 안정성 검토 및 검토 결과를 확인하는 부분 그리고 고정부설계 검토 부분으로 이루어져 있다.

타워크레인의 기종 선정 후 타워크레인의 지지부재인 칼라를 설계하게 된다. 이때 지지부재의 타입을 결정하게 되고 각각의 사이즈를 입력한 후 칼라 지지보 또는 지지보강보의 부재를 선정하게 된다.

4. 지지구조물 및 고정부의 설계 및 안정성 검토

4.1 칼라 유형의 설정

본 연구에서는 상승식 타워 크레인의 선정 및 안정성 검토 모델 구축을 위하여 크레인 지지구조물의 설계와 부재내력 검토, 고정지점 설계 및 검토의 기능에 대한 연구를 진행하였다.

지지 구조물의 부재의 종류는 칼라 지지보 과 지지보강보이며 부재의 조합에 따라 지지구조물을 3가지 유형으로 분류하여 연구를 진행하였다. 그 3가지 지지물은 다음 표 4와 같다.

표4. 칼라의 3가지 유형

유형1	유형2	유형3
칼라 지지보	칼라 지지보 / 지지보강보	칼라 지지보1 / 칼라 지지보2
SUPPORT BEAM TYPE TYPE1 TYPE2 TYPE3	SUPPORT BEAM TYPE TYPE1 TYPE2 TYPE3	SUPPORT BEAM TYPE TYPE1 TYPE2 TYPE3

칼라 지지보의 부재는 H형강, 지지보강보는 H형강, 각형강관, L형강 등 3가지 종류의 압연형강을 사용하여 칼라를 설계가 가능하도록 하였다. 칼라의 고정부 설계를 한 후, 볼트 내력검토와 콘크리트의 전단검토와 지압검토를 통해 안정성을 검토하였다.²⁾ 본 모델에서 칼라의 선택은 표 4의 그림과 같은 방법으로 유형1, 유형 2 또는 유형1 + 지지보강보를 선택하는 방법으로 3 가지 유형의 칼라를 선택할 수 있게 하였다.

4.2 칼라 부재 설계

칼라의 유형을 결정한 후 선정된 부재의 설계는 부재의 치수와 부재의 종류를 선택함으로써 이루어지게 하였다.

1) 칼라 지지보

본 화면은 유형 3을 선택하였을 때 시스템에서 제공하는 모습의 예이다. 유형3의 경우 칼라 지지보 + 지지보강 보로 구성되므로 각각의 부재의 치수를 입력하고 부재의 단면을 선택함으로써 부재의 설계를 하게 된다. 이때 칼라 지지보의 경우는 H형강만 선택이 가능하다.

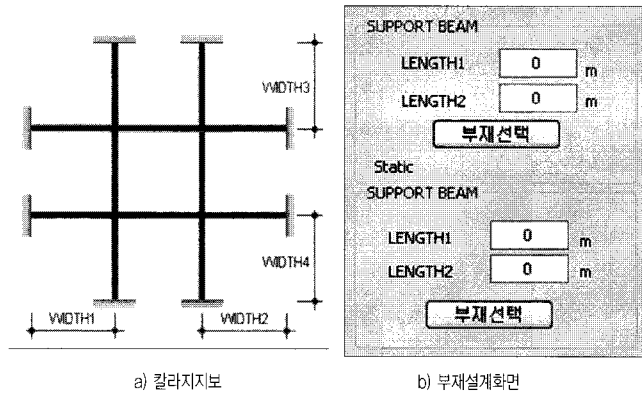


그림7. 칼라 화면 구성

2) 지지보강보

다음은 지지보강보의 설계과정이다. 본 화면은 지지보강보의 부재단면을 선정하는 모습이다. 지지보강보의 경우 X축, Y축 길이 값을 입력한 후 부재의 단면을 선택한다. 지지보강보의 경우

- 2) 본 분석모델에서 적용되는 설계기준은 다음과 같다.
- 한국, 건축구조설계기준 (KBC-LSD05)
- 한국강구조학회, 강구조설계기준 (KSSC-ASD03)
- 대한건축학회, 강구조 계산규준 (AIK-ASD83)
- 미국강구조협회, 허용응력설계법 (AISC-ASD89)
- 미국강구조협회, 하중저항계수설계법(AISC-LRFD2K)
- 영국, 강구조 한계상태 설계기준 (BS5950-DK)

부재선택이 H형강과 각형강관, L형 형강 중 한가지로 가능하다.

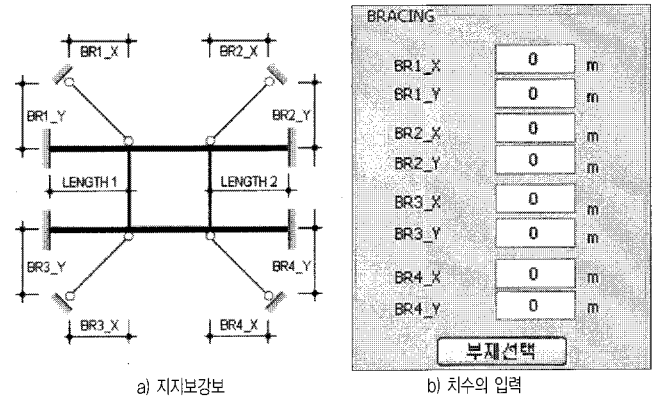


그림8. 지지보강보의 설계

4.3 칼라의 안정성 검토

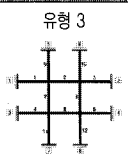
1) 칼라의 부재력, 지점반력 계산

본 연구에서 제시되는 상승식 타워크레인의 지지부의 3가지 타입의 칼라의 부재별 설계정보 및 해석 결과이다. 각각의 설계정보와 해석결과로 설정하였다. 아래의 설계정보는 크게 각각의 자재인 S.B(Support Beam) 와 BR(Brace)로 분류하였으며 이에 따라 위치정보, 재질, 부재단면의 항목으로 나누었다. 또한 각각의 항목에 따라 길이, 타입과 사이즈에 대한 항목을 설계정보로 설정하고 해석결과는 최대 부재력과 최대지점반력으로 다음 표4와 같은 힘들이 검토되어 부재력 및 지점 반력을 해석하여 안정성 검토를 실시하게 된다.

표5. 부재력 지점반력의 계산

칼라 유형	구분	설계정보	해석결과
유형 1	S.B	<ul style="list-style-type: none"> • 위치정보 - Length 1, Length 2 • 재질 : SS400 • 부재단면 - 부재 : H - SIZE : 사용자 지정 	<ul style="list-style-type: none"> 최대부재력 - Ps, Vx, Vy, Mx, My (element 1~6번 중 max) 최대지점반력 - Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz(B.C. 1~4 중 max)
	BR	-	-
유형 2	S.B	<ul style="list-style-type: none"> • 위치정보 - Length 1, Length 2 • 재질 : SS400 • 부재단면 - 부재 : H - SIZE : 사용자 지정 	<ul style="list-style-type: none"> 최대부재력 - Ps, Vx, Vy, Mx, My (element 1~6번 중 max) 최대지점반력 - Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz (B.C. 1~4 중 max)
	BR	<ul style="list-style-type: none"> • 위치정보 - 지지보강보 1/2/3/4 Length • 재질 : SS400 • 부재단면 - 부재 : H, □, L, O - SIZE : 사용자 지정 	<ul style="list-style-type: none"> 최대부재력 - Ps(element 9~12중 max) 최대지점반력 - Fx, Fy, Fz - Mx = My = Mz = 0 (B.C. 5~8 중 max)
유형 3	S.B1	<ul style="list-style-type: none"> • 위치정보 - Length 1, Length 2 • 재질 : SS400 • 부재단면 - 부재 : H - SIZE : 사용자 지정 	<ul style="list-style-type: none"> 최대부재력 - Ps, Vx, Vy, Mx, My (element 1~6번 중 max) 최대지점반력 - Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz (B.C. 1~8 중 max)

표5. 부재력 지점반력의 계산

결과 유형	구분	설계정보	해석결과
유형 3 	S.B2	<ul style="list-style-type: none"> 위치정보 - Length 1, Length 2 •재질 : SS400 •부재단면 - 부재 : H - SIZE : 사용자 지정 	최대부재력 - Ps, Vx, Vy, Mx, My (element 7~12 중 max) 최대지점반력 - Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz (B.C. 1~8 중 max)

2) 부재력과 지점반력의 검토

부재설계가 끝나면 칼라의 최대 지점부재력과 최대지점반력의 해석을 통한 안정성 검토를 실시한다. 부재의 치수와 종류를 결정하면 부재력과 지점반력이 다음 그림9와 같이 나타나게 된다.

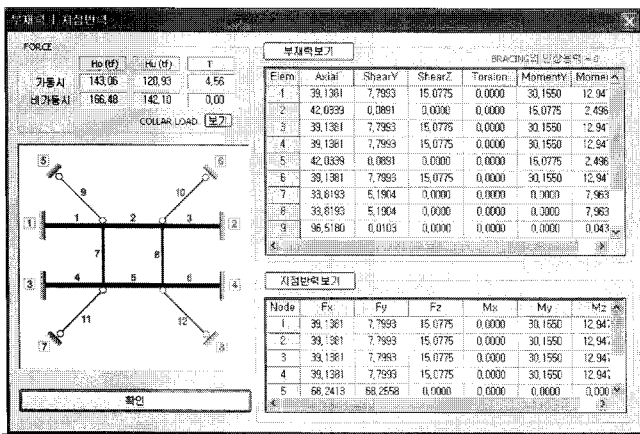


그림9. 부재력 및 지점반력

부재력의 경우 다음 표 6의 항목들로 나타나며 각각의 힘들이 검토 되었다. 또한 부재별로 작용하는 힘과 모멘트를 확인 할 수 있게 하였다.

표6. 부재력검토 항목 및 설명

항목	설명
Elem	각Element의 부재번호
Axial	부재에 길이방향으로 작용하는 압축력
ShearY	부재의 약축방향으로 작용하는 전단력
ShearX	부재에 강축방향으로 작용하는 전단력
Tosion	부재의 길이방향을 중심으로 한 비틀림
MomentY	부재에 강축방향으로 작용하는 휨모멘트
MomentZ	부재에 약축방향으로 작용하는 휨모멘트

지점반력 해석의 경우 다음 표 6과 같은 힘이 해석되고 이를 통한 안정성 검토가 이루어진다.

표7. 고정부 검토 항목 및 설명

항목	설명
Node	고정부의 지점번호
Fx	X축 지점 반력
Fy	Y축 지점 반력
Fz	Z축 지점 반력
Mx	X축 중심의 휨모멘트
My	Y축 중심의 휨모멘트
Mz	Z축 중심의 휨모멘트

3) 부재내력 검토결과

부재설계 후 부재력과 지점반력의 해석을 통하여 안정성을 검토를 진행하였다. 그림 10. 그림 11은 이러한 안정성 검토를 마친 결과를 모델에서 제시하고 있는 모습이다. 이전 단계에서 입력된 칼라의 사이즈와 부재의 종류에 따라 칼라 지지보의 압축 응력, 강축휨응력, 약축휨응력, 조합응력, 강축전단응력, 약축전단응력을 검토하였으며 그 결과를 파란색과 빨간색으로 안정함과 불안정함을 나타낸다.

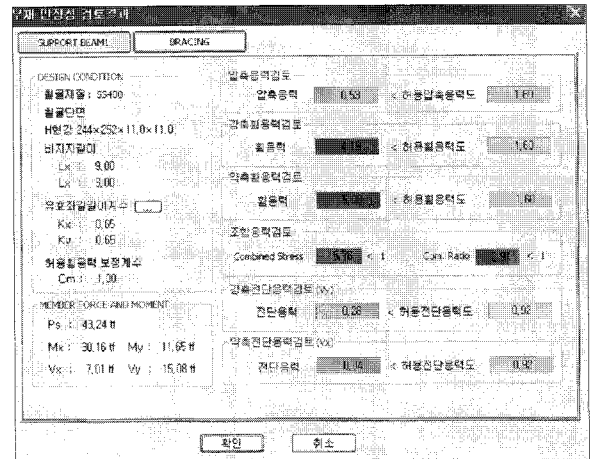


그림10. 칼라 지지보의 안정성검토

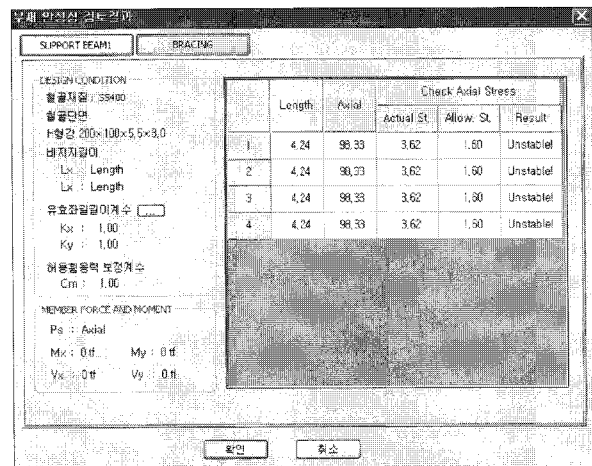


그림11. 지지보강보의 안정성 검토

지지보강보는 압축응력검토를 통하여 안정성 검토를 한다. 다음 표 8은 본 모델에서 안정성 검토 화면에서 제시하는 용어의 설명이다. 본 모델에서 부재는 모두 SS400으로 설정하였으며 모멘트 분포계수는 항상 1.00으로 보았다.

표8. 안정성검토 결과 항목 및 설명

항목	설명
Material	모든 부재는 SS400으로 설정
Section Size	선정된 부재의 이름
Unbraced Length	부재의 중 지지되지 않은 길이
Lx	X축 비지지길이

표8. 안정성검토 결과 항목 및 설명(계속)

항목	설명
Ly	Y축 비지지길이
Effective Length Fact	유효좌굴길이계수(K/L)
Kx	X축 방향 유효좌굴길이계수
Ky	Y축 방향 유효좌굴길이계수
Cm	모멘트 분포계수(항상 1.00으로 봄)
Ps	압축력
Mx	보의 강축 휨응력
My	보의 약축 휨응력
Vx	보의 강축 전단응력
Vy	보의 약축 전단응력

4.4 고정부 설계 및 내력검토

지지 구조물인 칼라의 선정 및 안정성 검토를 마친 후 고정부의 설계 및 검토과정을 실시한다. 본 과정에서 볼트의 개수와 간격, 볼트의 종류, 고정부의 길이와 폭을 입력하여 볼트 및 고정부의 설계를 한 후 콘크리트 구조물의 안정성을 검토하게 된다. 본 모델에서 제시되는 고정부의 설계 및 검토 과정은 지점에서 하중의 정보를 확인하고 고정부를 설계한 후 콘크리트 구조물의 안정성을 검토 결과를 확인 것으로 이루어진다.

다음은 고정부의 볼트 안정성 및 콘크리트 안정성을 검토한 본 모델상의 화면이다.

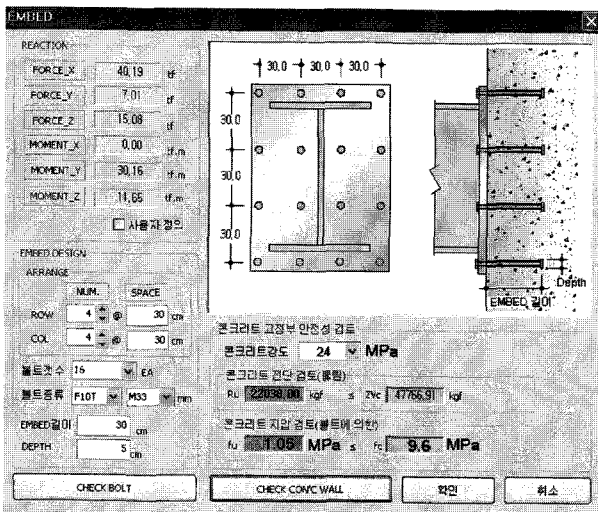


그림12. 칼라 고정부 설계 화면

본 모델은 고정부의 설계는 고정부의 설계와 콘크리트 구조물의 안정성 검토로 이루어진다.

1) 고정부 설계

① 설계하중

본 모델은 고정부의 설계는 지점반력 중 가장 큰 경우에 대하여 안정하게 설계하도록 제시되었으나 사용자가 지정한 임의의 값에 대하여 고정부를 검토 할 수 있게 하였다.

② 볼트의 설계 및 안정성 검토

먼저 볼트의 배열수와 볼트간의 간격, 볼트의 개수와 볼트의 종류를 결정하여 볼트의 설계를 하고 Embed의 깊이 값과 머리의 지름을 정하여 Embed의 설계를 할 수 있게 하였다.

이때 설계하중에 대한 안정성검토 또한 이루어져 볼트의 단면적이 부족할 경우, 다음과 같은 조치를 해야 한다.

- 볼트의 지름을 키운다.
- 볼트 개수를 늘린다.
- 볼트간의 간격을 넓게한다.
- 고정부의 길이 또는 폭 값을 키운다.

2) 콘크리트 구조물의 안정성 검토

고정부의 볼트와 Embed의 설계가 안정하다는 결과를 얻은 후 콘크리트이 안정성 검토를 한다. 콘크리트의 안정성 검토에서는 콘크리트의 강도를 설정한 후 콘크리트의 전단응력검토와 콘크리트의 지압응력검토 두 가지 항목의 검토를 한다.

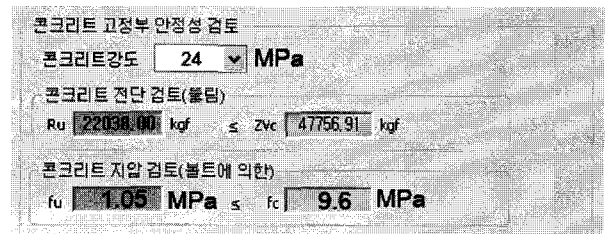


그림13. 고정부의 안정성 검토

① 콘크리트의 전단응력 검토

콘크리트의 전단응력검토는 다음 표9의 식에 의하여 검토된다.

표9. 콘크리트 전단응력 검토 항목

항목	산정식
검토기준	$R_u \leq ZV_c$
전단력 Ru	$V_c = 1.7(\text{하중계수}) \times T_b$
허용전단응력도 ZVc	$ZV_c = 0.85 \times 1.1 \times \sqrt{F_{ck}} \times B_o \times d$ $B_o = 3.14 \times (d + D)$

② 콘크리트의 지압응력 검토

콘크리트의 지압응력은 다음 표10의 식에 의하여 계산되며 검토된다.

표10. 콘크리트 지압응력 검토 항목

항목	산정식
검토기준	$f_u \leq f_c$
지압력 fu	$f_u = \frac{V_b \times 1000}{D_b \times d}$ (D _b : 볼트 지름)
허용지압응력도 fc	$f_c = 0.4 \times F_{ck}$

단, 단면전체에 하중이 가하여질 경우 지압력(f_u)는 다음의 허용지압응력도(f_c)값에 의하여 선정된다.

$$\text{허용지압응력도}(f_c) = 0.3 \times \text{콘크리트강도}(f_{ck})$$

단면에 부분적으로 하중이 가하여질 경우

$$\text{허용지압응력}(f_c) = (0.5 - 0.2 \times A'/A) \times \text{콘크리트강도}(f_{ck})$$

A' : 단면의 전체면적

A : 하중이 가하여지는 면적

5. 결론

본 연구는 최근 고층공사의 증가로 사용이 증가하고 있는 상승식 타워크레인의 안정성 확보를 위하여 지지부재 및 고정부의 선정 및 안정성 검토를 위한 모델을 제안하였다.

본 연구의 효과적인 진행을 위하여 다음과 같은 순서로 연구를 진행 하였다.

기존의 크레인관련 연구를 통하여 상승식 타워크레인의 연구와 크레인의 안정성관련 연구의 필요성을 인식하여 이를 위한 연구를 진행하였다.

상승식 크레인의 지지부재를 3가지 타입으로 설정하였다. 이렇게 설정된 지지부재를 칼라라하고 각각의 칼라는 칼라 지지보과 지지보강보의 조합으로 구성하였다.

상승식 타워크레인의 선정조건인 지브의 형태, 설치타입, 타워의 반경, 인양물의 중량, 타워의 섹션 및 후크의 높이에 따른 상승식 타워크레인을 선정하였다. 이후 선정된 크레인을 지지할 지지부재의 사이즈와 부재를 선정하여 지지구조물을 설계하고, 설계 된 지지구조물의 부재별(칼라 지지보, 지지보강보)에 대한 안정성 검토를 하였다. 위의 과정을 통하여 선정된 지지구조물이 적정하다고 판정된 후 고정부의 설계를 실시하였다. 고정부의 설계는 고정부의 볼트의 개수와 간격 볼트의 종류를 입력하고 고정부의 길이와 폭을 입력하면 제공되는 시스템 모델에서 설계된 고정부의 모습을 확인할 수 있다. 다음 단계로 콘크리트의 강도를 입력하여 콘크리트의 전단(휨)과 볼트에 의한 콘크리트의 지압응력 검토를 통하여 선정된 볼트 및 콘크리트에 대한 고정부의 안정성을 검토 한 후 최적 장비선정 및 안정성 검토를 가능하게 하였다.

본 연구는 상승식 타워크레인의 선정 및 안정성 확보를 위한 지지구조물 및 고정부의 안정성 검토를 위한 모델을 제시하였다. 본 모델을 통하여 상승식 타워크레인의 적절한 선정 및 안정

성확보 또한 가능할 것으로 기대된다. 본 연구에서는 칼라 지지보의 부재를 H형강으로 지지보강보는 H형강, 각형강관, L형강으로 한정하여 연구를 수행하였다. 향후 연구에서 다양한 재료의 형강을 이용한 칼라의 설계에 관한 연구가 이루어진다면 상승식 타워크레인의 지지구조물 및 고정부의 설계가 보다 쉽고 안정성을 확보하기 쉽게 되고 이는 효율적이고 실용적인 장비의 선정이 가능하게 하게 할 것이다.

참고문헌

1. 고광일, 오우훈, 이은택 (2006) 건축용 타워크레인 마스트의 횡방향 지지요소인 월타이 부재력 특성곡선, 한국강구조학회논문집, 18권 6호, pp. 697~706.
2. 구문희(2006). "한국의 타워크레인 기술동향 및 안전대책." 제5회 한중일 국제 크레인 심포지엄 발표자료.
3. 김훈 (2000). 고층건축공사의 리프트 선정 의사결정 모델에 대한 연구. 한양대학교 석사논문.
4. 이명구, 노민래 (2000). 기초앵커 불량사공에 따른 타워크레인 사고의 원인분석. 한국산업안전학회 추계학술발표회 논문집, 한국산업안전학회, pp. 411~416.
5. 이병구, 설종협 (2002). Tower Crane 설치계획 및 구조보강 방법 소개, 건설기술, 제23권, 쌍용건설 기술연구소, pp. 33~37.
6. 이현수, 채희동, 장명훈 (2002). 고층건축공사의 타워크레인 계획 프로세스 개발. 대한건축학회 논문집(구조계), 제 18권 제6호, pp. 119~126.
7. 주진호, 이덕찬, 신현식 (1994). 고층건축공사에 있어서 타워 크레인의 최적위치선정 방안에 관한 연구. 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), 제12권 제1호, pp. 491~494.
8. Aviad Shapira, Gunnar Lucko, Clifford J. Schexnayder (2007). Cranes for Building Construction Projects. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, V133, N9, pp. 690~700.
9. Colin Gray, James Little(1985). A systematic approach to the selection of an appropriate crane for a construction site. Construction Management and Economics, 3, pp. 121~144.
10. J. E. Beavers, J. R. Moore, R. Rinehart, W. R. Schriver(2006). Crane-Related Fatalities in the Construction Industry. ASCE Journal of Construction

Engineering and Management. V132, N9, pp. 901~910.

11. Shuzo Furusaka, Colin Gray (1984). A Model for the Selection of the Optimum Crane for Construction Sites. Construction Management and Economics, 2, pp. 157~176.

논문제출일: 2008.01.31

심사완료일: 2008.03.14

Abstract

Recently construction equipments have been used in line with building the structures that have become taller, larger and complex. And as the works at the elevated level for apartment and residential-commercial building projects have been on the rise, the number of tower cranes mobilized tends to be increased too. Due to such an increase in using the equipment serves the critical factor for the project management. The climbing-type tower crane, which increases its height following the structure, has been increased and the need for selecting the optimal model has been increasingly important in securing the stability. The study hereby proposes the model to evaluate the stability of the climbing-type tower crane. The model was designed to assist in selecting the type of crane as well as in developing the design of Collar comprising the 3 types of support member, evaluating the stability and designing the embed. The model proposed is expected to make commitment in selecting the optimal type of equipment and evaluating the support member and embed for enhancing the stability, thereby ultimately enabling to implement the project in efficient way.

Keywords : Tower Crane Planning, Climbing Crane, Stability analysis