

# 초고층 건축공사의 양중계획 시스템에 관한 연구

## A Study on the Hoisting Planning System in Highrise Building Construction

김 정 진\*  
Kim, Jung-Jin

최 인 성\*\*  
Choi, In-Sung

### Abstract

A systematic hoisting planning for tower crane is the most important elements in highrise building construction. However without sufficient data, systematic approach, it is not with ease to produce an appropriate planning at the site. Therefore, this research aims at developing a systematic hoisting planning system in visual graphic with systematic procedure.

The result of this research is that developed system on hoisting load calculation, numbers and specification of tower cranes are graphically visualized easily at the site. The study of applying this system to real project proves that it presents a sufficient capability as a useful tool in the hoisting planning of highrise building projects.

키 워 드 : 양중계획, 타워크레인, 양중시스템, 초고층 건축공사

Keywords : Hoisting planning, Tower crane, Hoisting system, Highrise building construction.

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내초고층 현장의 골조층당 사이클 공정이 3~7일로 단축되고 있는 추세이므로 골조공사의 체계적인 양중계획을 세우지 않으면 양중장비의 효율성과 시공능률이 저하되어 공기단축이 어려워진다. 그러므로 초고층 건물 현장에서의 체계화된 양중계획은 필수적이다.

지금까지 현장에서의 양중계획은 담당자의 경험이나 주관, 장비업체의 기술보조에 의해 수립되는 경향이 크다. 양중실적자료가 부족하고, 활용하기 쉬운 객관적인 기준이나 도구가 없어 양중계획 수립에 어려움이 많아 검토내용의 상이, 누락 등 계획의 오류가 발생하며, 체계적인 지침이 없어 비효율성이 나타나고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 초고층 현장에서 실제 행해지고 있는 양중사례를 분석하고 양중계획에 활용할 수 있는 기초자료를 도출하고 향후 현장에서 양중계획의 체계화된 기본 틀로서 신속한 의사결정과 활용이 용이한 양중계획 시스템을 개발하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

연구의 진행은 1)양중계획 수립에 필요한 절차와 단계별로 고려해야 할 사항의 검토 2)국내 40~60층대 초고층 건물 4개 현장의 실제 Tower Crane(이하 "T/C"로 표기) 양중의 사례를 양중사이클 타임을 실제 측정하거나 각 현장별 실적자료를 근거로 분석하는 방법으로 조사하여 양중계획 수립 및 시스템

\* 공학박사, 정회원

\*\* 명지대학교 건축학과 교수, 정회원

개발을 위한 기초자료를 도출 3)양중실적자료를 활용하여 양중계획 시스템을 개발 4)개발된 양중계획 시스템을 실제 현장에 적용하여 타당성을 검증하는 단계로 진행하였다.

연구의 범위는 골조공사를 중심으로 한 T/C 장비에 한정하며 마감공사용 Hoist 장비는 제외하였다. 양중계획에 있어서는 T/C장비의 양중부하, 댓수, 위치, 기준선정 등에 한정하며 장비운용계획은 제외하였다. 양중계획의 사례 대상건물은 46~69층인 국내 초고층 주거건물을 중심으로 4개 현장을 대상으로 선정하였으며, 시스템 개발범위는 양중부하계산, T/C댓수, 장비위치선정, 장비기준결정을 위한 시스템을 개발하였다.

## 2. 양중계획의 일반적 고찰

### 2.1 양중계획의 영향요소

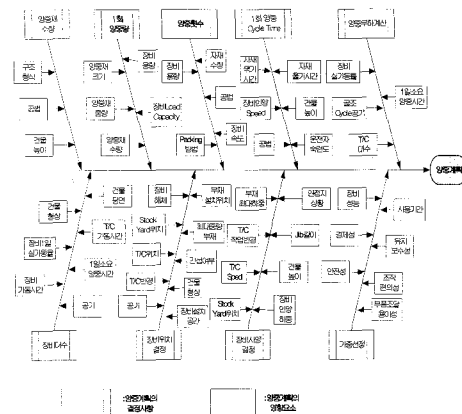


그림 1. 양중계획의 영향요소

양중계획 수립시 결정사항에 대한 영향요소를 구체적으로 나타내면 그림 1과 같다.

### 2.2 양중계획의 수립절차

타워크레인 양중계획에 있어서 장비설치전에 결정해야 할 사항은 T/C의 댓수와 장비기종, 장비위치이므로 이를 T/C 댓수결정단계와 T/C 위치 및 기종선정단계로 크게 2가지로 구분하면 구체적인 양중계획 수립절차는 그림 2와 같다.

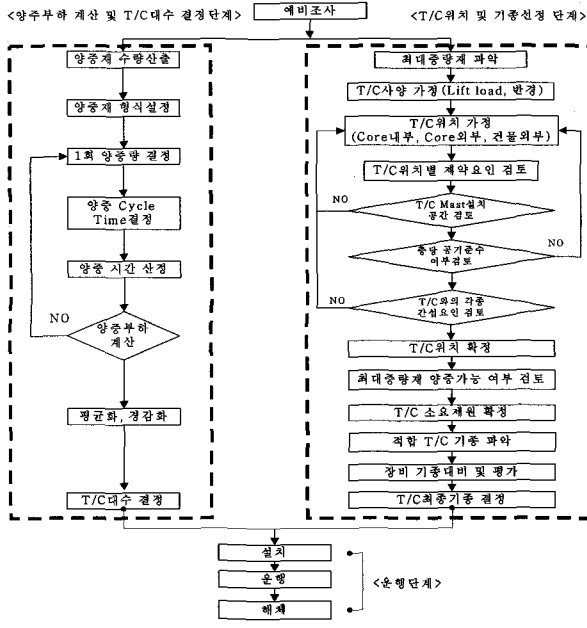


그림 2. 양중계획 수립절차

### 2.3 양중계획의 체크리스트

양중계획 수립시 절차별로 검토해야 할 사항을 구체적으로 나타내면 다음 표 1과 같다.

구분	단계별 검토사항	체크리스트
예비조사	도면수집	- 건물배치도, 평면도, 입면, 단면도 - 구조도면 및 부재리스트 - 부재별 중량표
	공법관련	- 거푸집공법 - 철근공법 - 콘크리트타설공법 - 철골공법 - PC공법
	시공계획서	- Stockyard위치, 크기, 골조공정표
	양중실적자료	- 양중사이클타입, 양중자재 류기방법 - T/C 댓수, 사양, 기종
양중부하계산	골조자재수량	- 자재별 수량표, 규격
	양중자재수량산출	- 양중관련자재 수량환산
	1회양중량결정	- 류기방법 결정
	양중횟수산출	- 횟수경감방법 검토
양중부하계산	양중사이클타입	- 부재별, 높이별, 사이클타입
	양중부하계산	- 기준층 양중소요시간 - 기준층 골조사이클공정 - 1일 양중소요시간 - 1일 가동시간 및 가동률
T/C 위치결정 단계	T/C 위치결정	- T/C 위치 가능 여부 - T/C과 건물과의 간섭여부 - T/C과 Stockyard - T/C과 최대 양중자재 중량 - T/C 반경 - T/C 설치, 해제방법 - T/C 장비 Type (luffing or T-Type) - T/C 수직이동방법 - T/C 최대인양하중
	T/C 장비기종 결정단계	T/C 사양 및 기종결정

## 3. 국내 초고층 현장의 양중사례 및 분석

초고층 현장에서 행해지고 있는 양중계획 실태를 파악하고 양중계획의 영향요소간의 관계를 분석하여 이를 근거로 양중계획 시스템 개발을 위한 기초자료로 활용하기 위하여 사례를 조사한다.

### 3.1 사례조사의 개요

#### 1) 조사대상건물

조사대상은 서울시에 위치한 초고층 주거건물 4개현장을 선정하여 구조체별로는 3개 철골조건물(59, 69, 69층)과 1개 RC조건물(46층)을 대상으로 하였다. 대상건물의 개요는 표 2와 같다.

#### 2) 조사내용 및 방법

양중계획에 영향을 미치는 영향요소를 중심내용으로 하여 각 현장에서의 주요 양중요소를 스톱위치로 실측하거나 실적자료를 활용하여 분석하였으며, 세부조사 및 조사방법은 표 4와 같다.

표 2. 사례조사건물의 개요

구분	A현장	B현장	C현장	D현장
위치	서울 ○○동	서울 □□동	서울 ◇◇동	서울 <<동
건축면적(m <sup>2</sup> )	455,149.2(m <sup>2</sup> )	223,020.6(m <sup>2</sup> )	386,974.6(m <sup>2</sup> )	145,200(m <sup>2</sup> )
지상층면적(m <sup>2</sup> )	260,726.4(m <sup>2</sup> )	142,758(m <sup>2</sup> )	62,214.9(m <sup>2</sup> )	35,508(m <sup>2</sup> )
기준층면적(m <sup>2</sup> )	1,642(m <sup>2</sup> )	2,190(m <sup>2</sup> )	1,018(m <sup>2</sup> )	1,040(m <sup>2</sup> )
층 수(층)	59	69	69	46
건물높이(m)	229.6	262.5	256	164
층고(m)	3.2	3.2	3.2	3.2
건물용도	APT	APT+Officetel	APT	APT
	Corewall: RC조	Corewall:RC조	Corewall:RC조	Corewall:RC조
	기둥,보:철골조	기둥,보:철골조	기둥,보:철골	기둥: RC
	Slab:Deck + concrete	Slab:Deck + concrete	Slab:deck +concrete	Slab: RC
적용공법	Corewall:ACS form	Corewall:ACS form	Corewall:ACS form	corewall:ACS form
	Conc: 고강도	Conc:고강도	Conc: 고강도	Conc:고강도
	Conc타설:CPB	Conc타설:CPB	Conc타설:CPB	Conc:CPB
	철골1개월 길이	철골: N공법	Unit철골	철골Unit기둥
층당 골조공기	3일	4개층	3일	3일
T/C 대수	2대	3대	2대	1대

- 1) ACS : Auto Climbing System의 약자로서 유압에 의해 자동상승하는 거푸집 시스템
- CPB : Concrete Placing Boom의 약자로서 자동으로 회전하면서 콘크리트를 타설하는 장비
- N공법 : 철골기둥 Joint를 1개층에 집중시키지 않고 2~4개층으로 분산하여 시공하는 공법
- Unit철골 : 철골부재를 공장에서 선조립하여, 현장에서 설치하는 공법

표 3. 현장별 T/C 장비제원

사양	A현장		B현장			C현장		D현장
	#1호	#2호	#1호	#2호	#3호	#1호	#2호	#1호
기종	M220D (18톤)	300E-G7 (28톤)	M380D (32톤)	M440D (32톤)	315HC-L (24톤)	SK565 (32톤)	M380D (32톤)	500HC (20톤)
제조사	FAVCO	WOLFF	FAVCO	FAVCO	LIEBHERR	PEINER	PAVCO	LIEBHERR
TYPE	Luffing Climbing	Luffing Climbing	Luffing Climbing	Luffing Climbing	Luffing Climbing	T-type Climbing	Luffing Climbing	T-type Climbing
Lift Capacity	18톤	28톤	32톤	32톤	24톤	32톤	32톤	20톤
Tip load	4톤	5.2톤	6.5톤	9.3톤	6톤	11.1톤	10.3톤	10톤
작업반경	47.5m	50m	50m	50m	50m	50m	36.6m	51.7m
자립높이	40m	42m	40m	40m	52m	66m	48m	69.6m
마스트 크기(m)	2.0*2.0 *4.0	2.0*2.0 *4.5	2.4*2.4 *4.0	2.7*2.7 *4.0	2.44*2.44 *5.8	2.37*2.45 *4.0	2.4*2.4 *4.0	2.45*2.45 *5.8
Power Type	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Electric	Electric	Diesel	Electric
Jib길이	50m	50m	50m	50m	50m	63m	-	50m
Tail Radius	7.2	7.2	6.5	8.5	7.2	22.4	-	16.1
양중 속도	2fall	53m/min	85m/min	74m/min	87.5m/min	61m/min	63m/min	-
	1fall	106m/min	170m/min	148m/min	145m/min	122m/min	125m/min	100m/min
Luffing 속도	72sec	180sec	90sec	90sec	126sec	-	-	-
Slewing	1rpm	0.65rpm	1rpm	1rpm	0.7rpm	0.85rpm	-	0.6rpm
T/C부품최대중량	7.7톤	13톤	15톤	15톤	18.4톤	17톤	-	15.95톤

표 4. 사례조사내용 및 조사방법

양중process별 구분	사례조사 내용	조사 및 분석방법
1) 골조자재수량 산출	지상층 골조 양중자재 수량 기중층 골조 양중자재 수량	도면 및 실적자료
2) 양중자재 뭉기 방법	현장별 양중자재 뭉기방법 및 수량	실적치
3) T/C 배치계획	현장별 T/C 위치 T/C 위치결정요인	실적자료
4) T/C 위치 및 정비사양	현장별 T/C 정비사양	실적자료
5) 골조공사 층당사이클공정	현장별 골조층당 사이클 (계획공정)	계획자료
6) 자재별 1회 양중사이클타임	자재별 사이클공정 건물높이별 사이클공정 뭉기 방법별 사이클공정	측정 횟수 각10회 현장 각5회 스톱워치로 각10회 측정
7) 1일 양중횟수	1일 양중회수 분석	실적치 또는 현장측정치
8) 1일 양중시간	1일 양중시간 분석	실적치 또는 현장측정치
9) 장비 가동률	현장별 T/C 1일장비 가동률	현장별 실적치 분석
10) 양중시간의 직종별 구성비	양중시간의 직종별 구성비	실적치에 의한 양중시간 구성비 분석

표 5. 부재별 양중 사이클타임 요약

구분	1회 양중량	1회 양중 사이클타임	조건
부재			
철골기둥	1매	16' 59"	50층 건물높이
철골Girder & Beam	2~3매 1매	25' 18" 9' 37"	
Deck plate	70~100매	20' 45"	50층
철근	2~4톤	11' 56" 8' 24"	철골현장(60F) RC현장(40F)
Slab 거푸집 panel	36매	7' 28"	RC현장 3개층 이동

표 6. 높이별 양중 사이클타임 요약

구분	건물높이별	1회 양중사이클타임
자재		
철골기둥	20층(66m)	30분 18초
	60층	29분 56초
철골보	47층	8분 55초/매
	60층	10분 39초/매
철근	20층	7분 42초
	40층	8분 24초

표 7. 뭉기방식에 따른 양중 사이클타임 요약

뭉기방식	1회양중량	1회 양중사이클타임	조건	단축효과
Unit 철골보	2~4매	·17분 17초/1회 ·7분 55초/매	출발층 : 1F 도착층 : 50F	17%
다량뭉기 철골보	6~8매	·31분 24초/1회 ·4분 59초/매	출발층 : 12F 도착층 : 60F	35%

### 3.2 사례조사의 분석

40~60층 건물의 양중사례 조사 및 분석을 통한 결과를 향후 초고층 프로젝트 양중계획시 기초 자료로 활용하고 또한 시스템 개발의 기초자료로 활용하기 위하여 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

#### 1) 부재별 1회 양중 사이클타임

현장별로 실제 측정된 부재별 양중 사이클타임을 정리하면 표 5와 같으며, 제 4 장 양중계획 시스템 개발을 위한 기초자료로 활용하고, 향후 양중계획 수립시 초고층 주거건물의 자재별 양중 사이클타임 실적자료로 활용할 수 있다.

#### 2) 건물높이별 양중 사이클타임

표 6에서와 같이 높이에 따른 양중 사이클타임 차이는 철골기둥, 보, 철근 모두 거의 없음을 알 수 있다. 이것은 작업인원의 숙속효과, T/C운전원의 조작숙련도, 고층부 자재의 경량화, T/C 인양속도 등으로 인해 저층부와 고층부와의 높이별 사이클타임에는 크게 차이가 없는 것으로 본다.

#### 3) 뭉기방식에 따른 양중 사이클타임

표 7과 같이 철골빔을 유닛화하거나 다량 뭉기하여 양중하는 경우에 유닛화 하는 부재수와 뭉기수량에 따라 다르나, 약 15~35%의 양중시간 단축효과가 나타났으며, 향후 양중계획시 양중부하 경감을 위하여 이 방식을 적극 도입해야 할 것으로 본다.

표 8. 1일 평균 양중횟수 및 구성비

현장	구분	양중횟수 구성비(%)				1일 평균 양중 횟수	
		철골	철근	거푸집	기타		
C현장(SRC)조		52.5	19	8	20.5	100	24.9회/일
D현장(RC)조		-	40.7	49.3	10	100	19.2회/일

표 9. 구조형식별 T/C 1일 평균가동시간 및 가동률

현장별 (구조형식별)	T/C	1일 평균 T/C가동시간	1일 평균 T/C 가동률(%)	
			T/C 호기별	평균 가동률
A(SRC조)	1호기	7시간 18분	73	79.5%
	2호기	8시간 40분	86	
	소계	15시간 58분		
B(SRC조)	1호기	6시간 11분	61.9	67.6%
	2호기	7시간 14분	72.3	
	3호기	6시간 53분	68.8	
	소계	20시간 37분		
C(SRC조)	1호기	10시간 5분	100.1	98%
	2호기	9시간 32분	99.7	
	소계	19시간 37분		
D(RC조)	1호기	4시간 57분	49.5	49.5%

표 10. T/C 양중시간의 공종별 구성비

현장별	T/C호기별	공종별 양중시간 구성비(%)			계(%)
		철골	RC	기타	
B	1호기	90.8	0.8	8.4	100
	2호기	66.8	8.2	25	100
	3호기	72.4	5.8	21.8	100
	평균	76.7	4.9	18.4	100
C	1호기	68.5	11	20.5	100
	2호기	73.9	2.4	23.7	100
	평균	71.2	6.7	22.1	100

표 11. 현장별 최대중량 부재명

현장별	구조형식	부재명	중량(톤)
A	SRC	Belt truss층의 보	14톤
B	SRC	철골기둥	14톤
C	SRC	Belt truss층의 기둥	33톤
D	RC	ACS form 최대 크기	10톤

표 12. 현장별 T/C위치 결정요소

현장별	T/C 현황			순위별 T/C위치 결정요소	비고
	T/C위치	Type	대수		
B	건물 core내부	Luffing	3대	① 층당(3일)공정준수 ② Zone별 공정간섭배제 (Zone별 각1대 배치) ③ T/C 해체가능 위치	
C	core 외부	Luffing & T-type	2대	① Corewall 내부 공간부족으로 인한 마스트설치불가, T/C Climbing불가 ② CPB(core내)와 T/C의 상호간섭 ③ 최대중량 부재와 T/C와의 거리	
D	건물외부	T-type	1대	① 층당 공정준수(4-day 골조 Cycle) ② T/C 설치로 인한 잔여공정지연 최소화 ③ Cost 대비(Climbing type과 Telescoping type와의 Cost대비)	

4) 1일 평균 양중 횟수의 자재별 구성비

철골조에서는 철골재가 가장 많은 양중횟수를 차지하고 있고 RC조에서는 거푸집재료가 가장 많은 양중을 하고 있음을 알 수 있다.

표 8과 같이 SRC와 RC조의 1일 양중횟수를 비교해 보면 SRC조가 RC조보다 양중횟수가 약간 많음을 알 수 있으며, SRC조는 1일 평균 양중횟수가 19~25회/일 정도이며, RC조는 20회 정도이다.

5) 1일 평균 T/C 가동시간 및 가동률

표 9에서 조사된 SRC조 건물의 1일 평균 T/C 가동시간은 15시간에서 20시간이며 RC조 D현장의 1일 평균 T/C가동시간은 5시간/일로서 상당히 짧다. 이 원인은 RC조에서 상당한 부분을 차지하는 코어벽 및 기둥거푸집 자재를 시스템화 하여 T/C에 의존하지 않고 유압에 의한 자동상승장치로 양중함으로써 양중 시간을 대폭 단축하였기 때문이다. 향후 양중계획수립 시에도 공법개선을 통한 양중부하 경감방법을 적극 검토할 필요가 있다.

6) T/C양중시간의 공종별 구성비

표 10의 T/C 양중시간의 공종별 구성비에서 SRC조 건물에서는 주종을 이루는 철골부재의 양중시간이 71~72%로서 대부분을 차지하고 있다. RC관련 자재의 양중시간은 5~7%에 지나지 않는다.

7) 최대하중의 양중자재

양중장비용량에 가장 영향을 미치는 초고층 현장의 요소는 최대중량부재로서 표 11과 같다.

50층 이상 초고층 건물은 구조적으로 수평변위를 줄이기 위하여 아웃-리거(Out rigger)층이 있는 경우가 대부분이다. 아웃-리거층의 부재가 대형재로서 최대하중이 되는 경우가 많으므로 양중계획시 충분히 고려해야 할 부분이다.

8) T/C위치결정을 위한 요소

각 고층 건축현장에 있어서 타워크레인 위치는 주로 층당골조공정, 타워크레인 설치공간, 상호간섭여부에 따라 결정되었다. 위치결정 우선순위는 각 현장별 상황과 여건에 따라 다르므로 각 현장별 T/C 위치결정요소를 정리하면 표 12와 같다.

이 요인들을 T/C위치결정을 위한 시스템 개발에 활용한다.

3.3 양중계획의 문제점 및 개선점

양중 사례조사 및 분석을 통하여 현재 초고층 현장에서 행해지고 있는 양중계획상의 문제점을 도출하면 표 13과 같다

문제점을 개선하기 위해서는 양중장비계획은 물론 양중운영상의 계획에 대한 세부적인 고려가 필요하며, 양중부하경감을 위한 자재의 기계화, 시스템화, 경량화, 양중 파레트의 정형화가 필요하다. 또한 실적 양중자료에 대한 데이터베이스의 구축을 통하여 양중계획을 체계화해야 한다.

표 13. 양중사례를 통한 문제점 및 개선점

문제점	원인	개선점
양중작업상 류기작업시간의 편차가 크다	· 신호수 결 1인이 류기 작업을 수행하여 sling해체 및 류기작업이 지연 · 자재를 신속히 찾지 못해 바로 류기 작업이 지연되고 있음	· 류기 작업을 숙련화된 2인 1조로 고정 배치 · 스톡야드에서의 자재 시공순서별 배치 및 stock관리 · 자재하역의 체계화 · 부재의 유닛화
자재 양중과 양중사이의 유휴시간 발생	· 양중계획이 시간표대로 구체적이고 정확하게 계획되어 있지 못함 · 장비가 업체에 맡겨져 사용되고있음	· 1일 양중운영계획의 체계화 · 양중자료의 데이터베이스화 필요
자재물기 작업시간의 편차가 크다.	· 하역장소를 정확히 잡지 못하여 신속히 도막 접지시키지 못하고 지연됨	· 도막장소의 사전확정과 부근 현장정리 · 인접부근의 간섭요소 정리로 신속한 접지 유도
부재재등의 1회 류기방법의 편차가 크다	· 매 양중 류기방법이 불규칙하여 류기 작업이 지연되며 · 자재물기의 불안정으로 상승이동시에도 신속하지 못함	· 정형화된 파레트를 활용하여 안전하고 신속한 양중 및 하역 · 잡자재 양중은 특수 파레트나 컨테이너박스를 활용
RC자재 제레식 자재사용으로 양중횟수 증가 (거푸집, 목재)	· 양중자재가 정형화되어 있지 않아 양중횟수가 많아지고 양중 사이클타임 길어짐	· T/C에 의한 양중의존도 경감방안 · 시스템화된 자재 사용 · 기계화된 자재로 양중부하 경감 · 유압에 의한 ACS거푸집활용 확대(corewall, 외부기둥, 벽)

### 4. 양중계획 시스템 개발

양중계획절차 및 고려사항 대한 실적자료를 활용하여 객관적인 기준과 체계를 바탕으로 현장에서 활용이 용이한 양중계획 시스템을 개발하고자 한다.

#### 4.1 시스템 개발

##### 1) 개발방법과 범위

양중계획시스템은 계획 담당자가 양중 부하계산, T/C 대수, 기준, 위치 등을 체계적인 절차에 의해 결정할 수 있도록 지원하는 시스템으로서 양중계획 수립 절차순서에 따라 고려해야 할 사항을 쉽게 입출력하며 현장에서 사용이 용이하도록 시각적으로 구현하도록 한다.

##### 2) 시스템 구성 및 프로세스

양중계획 시스템은 양중부하 산출, T/C 위치결정, T/C 기준 결정으로 구성되며, 세부적인 내부 적용 프로세스는 그림 3과 같다.

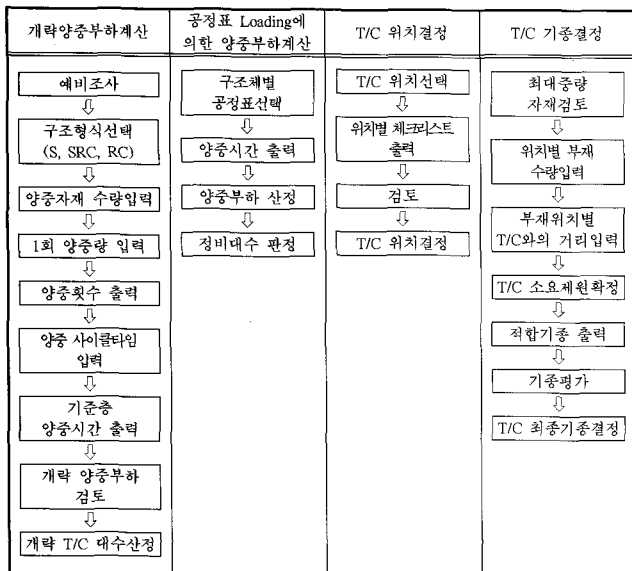


그림 3. 양중계획 시스템 적용프로세스

#### 4.2 시스템 구현

양중계획 시스템의 프로토타입은 비주얼베이직(Visual Basic)을 사용하여 구현하였다. 양중부하계산과 T/C대수, T/C 위치결정, T/C기준결정은 개별적으로 구현될수 있으나, 본 장에서는 양중계획 플로우에 따라 연속적으로 구현되도록 한다. 시스템은 다음과 같이 시각적으로 구현한다.

##### 1) 초기화면

양중계획 시스템은 양중 부하 및 T/C대수 산정, T/C 위치결정, T/C기준결정으로 분류되어 있으나 연속적으로 구현이 가능하다.

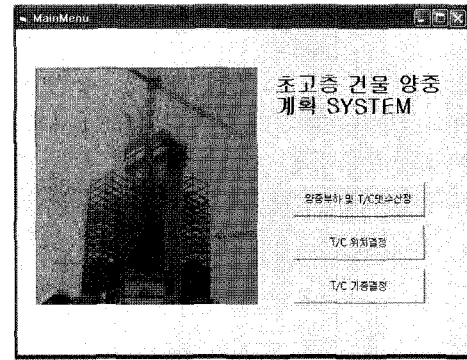


그림 4. 시스템 초기화면

##### 2) 기준중 양중자재 수량입력

- 구조체를 선택하면 데이터베이스로부터 양중자재 입력 양식이 나타난다.
- 기준중 양중자재의 수량을 해당란에 입력하며, 해당없는 자재는 입력할 필요가 없다.
- 양중자재 수량입력시 고려사항을 동시에 지원해 주므로 초보자도 쉽게 입력이 가능하다.

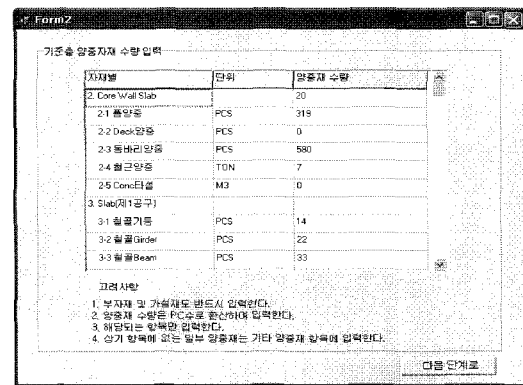


그림 5. 기준중 양중자재 수량입력

##### 3) 1회 양중수량 입력

- 1회 양중수량을 해당란에 입력하면 양중횟수가 자동으로 산출된다.
- 1회 양중수량입력은 자재별 몇가지 대안이 화면에 나타나며 선택조건에 나온대로 선택하면 초보자도 쉽게 입력이 가능하다.

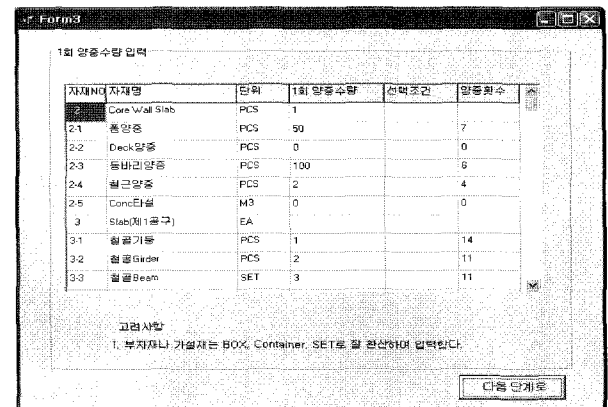


그림 6. 1회 양중수량 입력

4) 자재별 양중 사이클타임 입력

- ① 자재별 사이클타임을 입력한다.
- ② 자재별 사이클타임 입력은 초보자가 입력하기 어려우므로 데이터베이스로부터 자재별로 몇가지 대안이 나타나므로 그 중에서 실행하면 쉽게 입력이 가능하다.

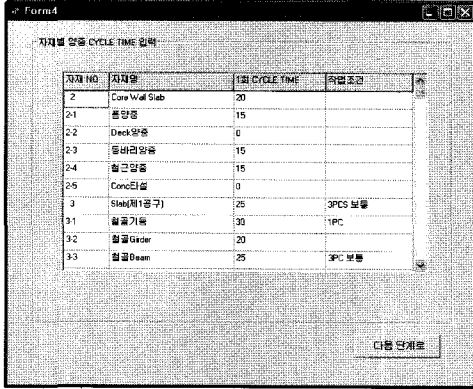


그림 7. 자재별 양중 사이클타임 입력

7) 구조형식별 사이클 공정 선택

- ① 상세 양중부하 계산을 위해 우선 구조형식별 사이클공정을 선택 입력한다.
- ② 양중시간을 Loading할 공정표를 선택한다.
- ③ 공정을 선택하면 데이터베이스로부터 양중수량의 입력과 양중시간 Loading을 위한 공정표가 출력된다.

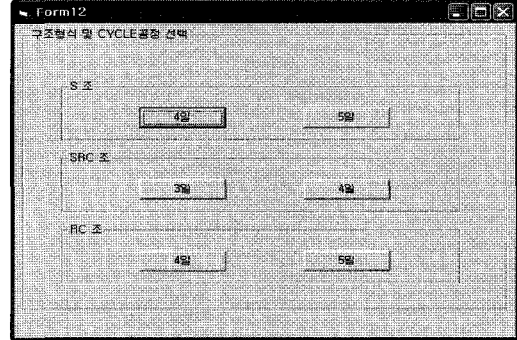


그림 10. 구조 형식별 사이클 공정 선택

5) 기준층 소요양중시간 출력

- ① 양중횟수, 자재수량, 사이클타임을 입력하면 양중시간이 자동 출력된다.
- ② 기준층 양중 시간이 표시되고 층당 사이클 공정을 선택하면 개략 1일 양중시간이 출력된다.

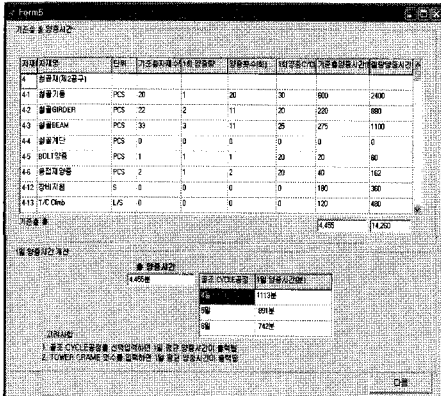


그림 8. 기준층 소요양중시간 출력

6) 개략 양중부하 계산 및 T/C 대수 산정

1일 양중시간에 1일 실가동 시간을 선택 입력하면 자동으로 T/C대수가 계산되어 나온다.

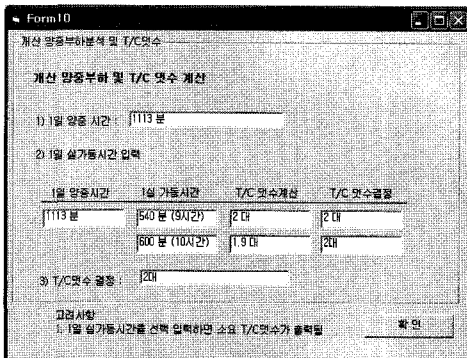


그림 9. 개략 양중부하계산 및 T/C대수 산정결과 출력

8) 자료의 입력 및 Loading

- ① 해당 공정표가 출력되면 공정표 위에 양중시간을 Loading한다.
- ② 그림 11과 같이 일자별 공정표 막대위에 해당일 양중수량에 대한 양중시간을 Loading 입력한다.
- ③ 공정표상에 표시된 일자에 양중이 되지 않은 경우, 현장 상황에 맞게 양중시간을 해당 양중일에 일부 약간 이동하여 Loading이 가능하다.
- ④ Loading이 완료되면 일별 양중시간의 합계가 출력된다.

9) 상세 양중부하 및 T/C 대수 산정

- ① 출력된 공정표상에 양중시간을 Loading하면 일별 양중시간이 자동으로 산출되면서 그림 11과 같이 그래프로 양중부하가 출력된다.
- ② 출력된 양중부하 그래프로 1일 양중 소요시간을 비교하면서 T/C대수를 판정한다.

10) T/C 위치 검토를 위한 선택

- ① T/C위치를 선택하면 위치별 체크리스트가 출력된다.
- ② 위치별 체크리스트 항목을 검토하면서 Yes, No로 확인한다.
- ③ No를 선택한 경우에는 조치사항이 출력된다.
- ④ 위치별 검토사항을 고려하여 가장 유리한 위치를 최종결정한다.

11) T/C 소요제원 결정

- ① 최대부재 중량 입력은 그림 14와 같이 해당란에서 요구하는 검토사항을 입력한다.
- ② T/C 소요중량은 부재 최대중량의 입력값 중에서 최대값으로 결정된다.
- ③ T/C 반경은 T/C와의 거리 입력값 중에서 최대값으로 결정된다.
- ④ 소요제원이 결정되면 장비 타입을 선택한다.
- ⑤ T/C 소요제원이 출력되며 다음으로 T/C기종이 출력된다.



### 12) 적합기종의 상세 제원 출력

- ① 타워크레인 용량별로 제원이 저장된 데이터베이스로부터 적합기종의 상세제원이 출력된다.
- ② T/C 타입별로 기종의 출력이 가능하다.

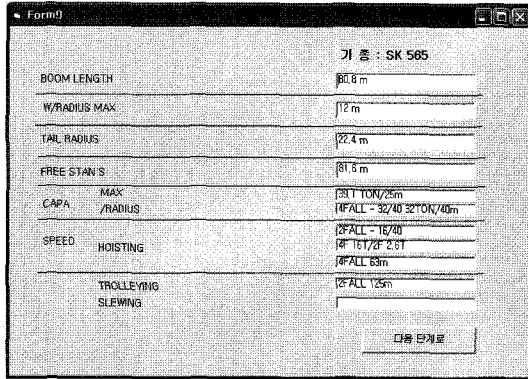


그림 16. T/C기종의 상세 제원

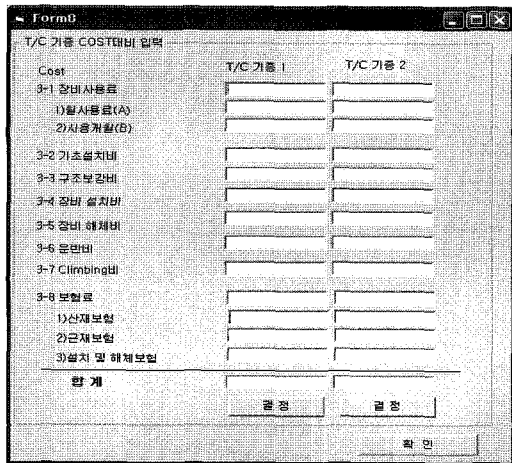


그림 17. 기종평가 항목 입력·출력

### 13) 기종평가 항목 입력·출력

- ① 적합기종으로 검토해야 할 사항이 출력된다.
- ② 담당자는 각 항목에 대한 견적가를 발주당시의 금액으로 입력하여 비용을 대비한 후 경제적인 기종을 결정한다.

### 14) 최종결정 사항의 출력

양중계획의 중요한 의사결정사항인 타워크레인 기종, 대수, 위치를 중심으로 양중계획 시스템의 최종결정사항을 출력한다.

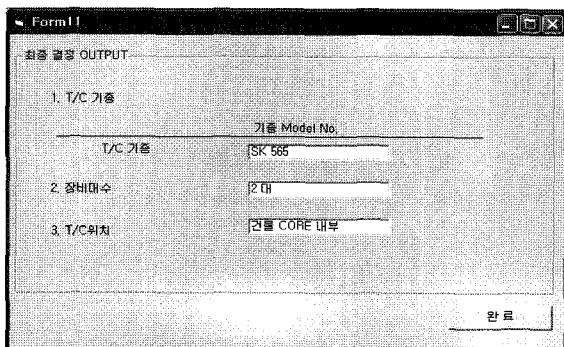


그림 18. 최종결정 출력

### 4.3 시스템 적용 및 효과

#### 1) 시스템 적용대상

시스템은 30~70층대의 초고층건물 공사의 양중계획에 적용이 가능하다. 주거건물, 사무실, 호텔 등의 양중 골조자재 종류는 별차이가 없으므로 건물용도에 관계없이 초고층 건물에는 적용이 가능하다. 단, 재래식 30층 이하의 RC조 건물에는 공법이 초고층 건물과 상이하므로 적용하기 어렵다. 고층건물에 많이 적용하는 구조체를 중심으로 SRC조, 순철골조, 순RC조등의 자료를 다양하게 데이터베이스화하면 구조형식과는 관계없이 본 시스템의 적용이 가능하다.

#### 2) 시스템 적용효과

- (1) 양중계획 담당자가 계획시 결정해야 하는 사항을 일반적인 양중계획 플로우에 따라 그래픽 화면에 나타난 대로 입력·출력하며, 출력된 항목에 따라 검토 및 평가를 하므로 쉽게 조작과 접근이 용이하다.
- (2) 공사 전(前)단계에서 담당자가 양중자재 수량만 입력하면 양중시간이 계산되고 T/C 양중부하 및 대수를 판단할 수 있으므로 양중계획 수립상의 신속한 의사결정이 가능하다.
- (3) 상세 양중부하 계산을 위해서는 사이클 공정표에 양중시간을 직접 Loading함으로써 즉시 일별 양중시간과 양중부하의 파악이 가능하여 정확한 T/C대수산정이 가능하다.
- (4) T/C위치 결정은 실제 고려해야 할 사항을 체크리스트 형식으로 검토가 가능하도록 하였으며 객관적인 기본틀을 제시하여 계획상 오류를 줄일 수 있다.
- (5) T/C 기종선정은 정해진 체크리스트 항목에 따라 검토가 가능하도록 하였으며 기종결정도 객관적인 기종평가를 할 수 있도록 기준을 제시하였다.

### 5. 결 론

초고층 건축공사에서는 양중계획이 필수적이거나 실제 현장에서는 자료의 부족과 주관적인 경험에 의한 계획수립, 객관적이고 체계적인 기준의 부재 등으로 계획상 오류나 비효율성이 크다.

따라서 본 연구에서는 건물 현장에서 활용이 용이하고 오류를 최소화하고, 체계적인 양중계획 수립절차에 의해 신속하고 시각적으로 구현되는 Tool로서 양중계획시스템을 개발하였다. 이 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 최적의 양중계획수립을 위하여 체계적이고 구체적인 절차를 그림 2에 제시하여 현장에서 적용할 수 있다.
- 2) 고층건물 양중계획 수립에 필요한 자재별 사이클타임에 대한 실적자료를 표 5, 6, 7과 같이 제시하였으며 양중계획의 기초자료로 활용이 가능하다.
- 3) T/C 대수산정을 위한 양중부하 계산은 그림 11과 같이 층당골조 사이클 공정표에 자재 양중시간을 loading함으로써



정확한 일별 양중 소요시간을 자동 계산할 수 있는 방법을 제시 하였으며, 이를 근거로 T/C 댓수를 신속하게 산정할 수 있다.

- 4) 본 연구가 개발한 양중계획 시스템의 타당성과 적용성을 검증한 결과 양중계획을 체계적으로 수립 및 결정하는 도구로서 역할을 충분히 수행하는 것으로 입증한다.

향후 과제는 다음과 같은 연구가 필요하다.

- 1) 양중자재 입력자료중 사이클 타임의 편차를 줄이기 위하여 실적자료의 지속적인 축적 및 보완이 필요하다.
- 2) 최신장비, 자재, 공법의 발전에 대응하여 양중계획에 필요한 자료의 지속적인 보완이 필요하다.

이상의 실적자료에 대한 데이터베이스화를 지속적으로 추진하면 광범위하게 활용되는 초고층 양중시스템으로 발전할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 대한생명(주) 건설본부, "철골공사 실시보고서", 1983
2. 이재용, 이덕환, 손창백, 신현식, "고층 건축공사의 양중계획 최적화 방안에 관한 연구(2)", 대한건축학회 학술발표대회논문집(14권2호), 1994.10, p785-790
3. 주진호, 이덕환, 신현식, "고층건축공사에 있어서 타워크레인의 최적위치선정 방안에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집(14권,1호), pp491-494
4. 최인성, "초고층 건축의 양중계획에 관한 연구", 중앙대 박사논문, 1985
5. 최인성, "합리적인 양중계획", 대한건축학회지(30권2호), 1986, pp44-46
6. 한양대학교의, "초대형 고층건물의 건축계획, 구조, 설비 및 시공 기술개발(시공분야)", 건설교통부, 2001
7. 허담, 이덕환, 손창백, 신현식, "고층 건축공사의 양중계획 최적화 방안에 관한 연구(1)", 대한 건축학회 춘추학술발표대회 논문집(14권2호), 1994.10, p788-784
8. Ali R. Golafshani, "Modeling and Optimal Control of Tower Crane Motion", Ph D. Dissertation Thesis, University of Waterloo, Canada, 1999
9. Furusaka, Shuzo & Gray, Collin, "A Model for the selection of the Optimum Crane for Construction Sites", Construction Management & Economics, Vol 2, 1984. 2, p 157-176
10. Gray, Collin & Little, James, "A Systematic approach to the Selection of an appropriate crane for a construction site", Construction Management & Economic, Vol 3, 1985, p121-144
11. Hornaday, W.C & Haas, C.T. "Computer-Aided Planning for Heavy Lifts", ASCE J. of Construction Engineering & Management, 119(3), 1993, p498-515
12. 古阪秀三, "揚重用 クレ-ンの 配置計劃に 關する 研究(その), 日本建築學會 論文報告書 제344호, 1984