콘크리트 기둥과 철골 보로 이루어진 복합구조의 적용성에 관한 연구

A Feasibility Study on the Mixed System of RC Columns and Steel Girders

윤 상 문* 김 원 태** 최 광 호***
Yoon, Sang-Moon Kim, Won-Tae Choi, Kwang-Ho

Abstract

RCS system consists of RC columns and Steel girders. Because RC columns are useful for compression and steel girders are for bending moment, RCS system has good structural performances. This system, however, has had no verification in the construction fields.

This paper is a feasibility study on RCS system to verify the structural and economic efficiency of RCS system.

On this study, we analyze 18 models selected by existing building data survey, and design these models as steel system, SRC system (Steel + RC system) and RCS system.

To verify the economic efficiency of RCS system, we estimate the columns of these models. And we predict the construction procedure of RCS system to compare construction duration of RCS system with others

So, in this study we find that RCS system is more economic than steel system and SRC system.

1. 서 론

콘크리트 기둥과 철골 보로 이루어진 복합구조(이하 RCS 복합구조)의 적용가능성을 알아보고 그 시공방법에 대한 연구를 위하여, 일반적으로 시공되고 있는 사무용 건물을 대상으로 타당성 분석을 하

* 정회원, 쌍용건설 기술연구소 부장
** 정회원, 극동건설 기술연구소장
*** 정회원, 남서울산업대 건축공학과 전임강사

였다. 연구의 대상 건물은 장스팬에 적용 가능한 철골조, 철골철근콘크리트조, 그리고 RCS 복합구조로 각각 시공되었을 경우에 구조물의 대표적인 변수가 되는 기둥의 크기와 물량을 중심으로 경제성 비교를 하였고, RCS복합구조의 시공법을 예상하여 공정계획을 수립한 후 기존의 다른 구조형식과 비교하였다.

2. 모델 선정을 위한 사전 조사

건물의 규모와 스팬 길이, 코아면적비 등은 한 건설회사에서 최근 시공한 사무용 건물 20개를 대상으로 조사한 자료를 근거로 선정하였다.기존 건물에 대한 자료로부터 사무용 건물의 장단변 스팬의 길이는 7.2m ×12.0m 정도 이며, 층고 3.6m~3.9m, 코아면적비 13.5%, 고정하중 430kg/㎡ 정도임을 알 수 있었다.

표 1 조사대상건물 항목별 분류(평균)

구분	구조 형식	개수	지상 층수	단변 (m)	장변 (m)	층고 (m)	기준층 면적 (㎡)	코아 면적비	고정하중 (kg/㎡)
구조 형식	RC	9	10.0	7.1	11.5	3.66	646.8	14.2%	450.0
	철골	3	17.0	7.5	12.7	3.87	640.4	13.3%	440.7
	SRC	8	15.3	7.4	12.1	3.67	551.5	12.4%	402.6
층수	14층 이하	10	9.0	7.3	11.9	3.59	492.9	13.8%	452.2
	15층 이상	10	17.2	7.3	11.9	3.79	735.1	13.2%	411.2

표 1은 조사된 건물들을 구조형식별 및 층수별로 구분하여 평균값을 나타낸 것으로 구조형식별 분류를 보면, 철근콘크리트 건물보다는 철골조나 철골철근콘크리트조(SRC조)의 장스팬 길이가 1.2m와 0.6m 정도 더 길게 조사되었고, 건물의 규모는 층고가 높은 건물이 735.1㎡로 낮은 건물의 492.9㎡에 비해 큰 것으로 조사되었다. 또한 코아면적이 차지하는 비율은 구조형식과 높이에 따라 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 고정하중의 범위는 세부적인 내용에서는 다소 차이가 있지만, 전체적으로 400~450kg/㎡ 범위에 있는 것으로 조사되었다.

3. 모델 선정

본 연구의 모델은 사무용 건물을 대상으로 단변길이를 7.2m로 고정하고, 장변길이를 12.0m에서 1.5m씩 변화하도록 하였다. 코아가 차지하는 면적은 기둥과 보의 골조부분이 횡하중에 의한 영향을 적게 미치도록, 조사된 평균 코아면적비 13.5%보다 다소 큰 18.2%를 유지하도록 하였다. 층고는 고층임을 감안해 3.8m로 하였으며, 층수는 20층과 30층으로 하였다. 선정된 모델의 개요는 다음과 같다.

4. 설계 및 해석

선정된 모델에 대해 3차원 건물 해석 프로그램인 "ETABS"를 이용하여 수직하중에 의한 기둥의 축하중과 풍하중, 지진하중에 대한 해석을 수행하였다.

부재설계는 철근콘크리트 부재는 극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계기준(1994)을, 철

골부재는 강구조계산기준(1983)의 허용응력설계법을 적용하였으며 사용된 구조재료는 표 3과 같다.

표 2 모델개요

모 델 이 름	구 조 형 식	장변 (m)	층수	기준층 면적 (㎡)	코아면적 (㎡)
H120_20	복합구조	12.0	20	950.4	172.8
S120_20	철 골 조				
C120_20	SRC 조				
H120_30	복합구조		30		
S120_30	철 골 조				
C120_30	SRC 조				
H135_20	복합구조	13.5	20	1069.2	194.4
S135_20	철 골 조				
C135_20	SRC 조				
H135_30	복합구조		30		
S135_30	철 골 조				
C135_30	SRC 조				
H150_20	복합구조	15.0	20	1188.0	216.0
S150_20	철 골 조				
C150_20	SRC 조				
H150_30	복합구조		30		
S150_30	철 골 조				
C150_30	SRC 조				

여기서, "H135-20"에서 'H'는 구조형식(H:복합구조, S:철골조, C:철골철근콘크리트조), '135'는 장변길이(13.5m), '20'은 층수(20층)를 나타낸다.

지진하중에 대한 해석은 고유진동수 해석을 통한 Response Spectrum법을 이용하였다.

부재의 설계는 기둥을 중심으로 하였으며, 기둥에 발생하는 최대 응력수준이 단변이 변경되는 지점에서 85% 수준을 유지하도록 설계하였다.

그림 1 장변길이 13.5cm인 모델의 기준층 평면도

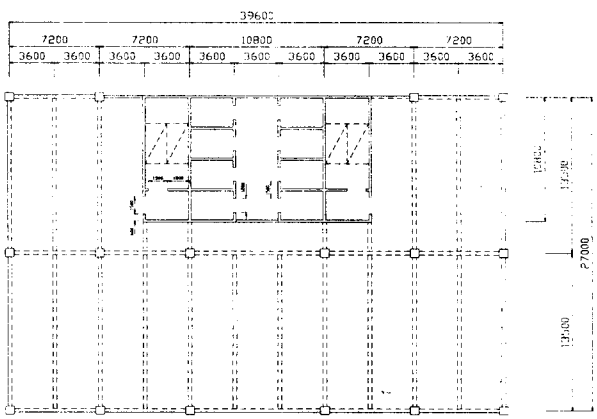


표 3 구조재료의 강도

재료이름		사용재료
콘크리트	수직재(기둥, 벽체)	500, 300, 240 kgf/㎠
	수평재(슬래브)	240 kgf/㎠
철근		KSD3504, SD40 (f_y = 4000 kgf/㎠)
철골		SWS490 (f_y = 3300 kgf/㎠)

5. 해석결과

선정된 모델들에 대한 해석결과는 표 4와 표 5와 같다. 해석결과 RCS 복합구조는 철골조나 철골철근콘크리트조에 비해 구조체의 질량이 커서 지진에 의한 영향을 많이 받지만 전체적인 거동은 비슷한 것으로 나타났다.

표 4 층수가 20층인 모델의 해석결과

모델명	주 기(초)			동적전단력(톤)		자중
	1차	2차	3차	X방향	Y방향	(톤)
C120_20	2.771	2.560	1.057	406.8	480.9	15,121.6
C135_20	2.867	2.470	1.028	450.3	550.5	16,522.4
C150_20	2.898	2.337	1.049	504.0	623.0	18,461.8
H120_20	2.709	2.539	1.054	417.1	488.7	15,591.0
H135_20	2.754	2.435	1.026	466.4	561.4	16,806.9
H150_20	2.799	2.373	1.048	523.3	637.5	18,937.9
S120_20	3.458	2.703	1.060	357.7	439.9	13,906.4
S135_20	3.520	2.541	1.039	404.0	502.2	15,321.3
S150_20	3.519	2.451	1.061	444.9	570.2	17,192.9

표 5 층수가 30층인 모델의 해석결과

모델명	주 기(초)			동적전단력(톤)		자중
	1차	2차	3차	X방향	Y방향	(톤)
C120_20	4.663	4.301	1.848	504.9	23,094.5	
C135_20	4.557	4.335	1.772	547.3	25,422.2	
C150_20	4.601	4.256	1.801	606.8	28,327.0	
H120_20	4.574	4.151	1.833	523.8	23,466.2	
H135_20	4.431	4.240	1.764	557.0	25,072.8	
H150_20	4.492	4.230	1.795	616.1	28,532.8	
S120_20	5.169	4.818	1.850	404.6	21,080.6	
S135_20	5.228	4.555	1.781	479.0	23,360.9	
S150_20	5.309	4.415	1.815	526.6	26,115.3	

6. 경제성 비교

18개의 모델에 대하여 해석 및 설계를 하여 경제성을 비교하였다. 이 때 보와 슬래브는 적용모델의 시스템(H-형강보+Deck Plate+콘크리트 슬래브)이 동일하여 공사비에 미치는 영향이 미미하다고 판단되어, 지상층 기둥을 중심으로 각 구조형식별로 물량과 경제성을 비교하였다.(표 7, 8)

물량산출은 자재할증을 고려하지 않고 공사에 소요되는 순수 물량을 기준으로 하여 공통되는 자재비와 인건비를 적용하였다. 경제성 비교에 사용한 단가는 1군 건설회사의 1996년도 사무실 건물의 실행단가를 기준으로 적용하였다.

표 7 층수 20층인 모델의 기둥물량과 경제성

모델명	콘크리트(m^3)		철근 (톤)	철골 (톤)	거푸집 (m^2)	공사비 (원)	면적당 공사비	비율
	240	300						
C120_20	297.92	337.45	86.60	179.77	2896.64	238,348,970	12,539	148.1%
H120_20	308.18	448.13	110.54	64.00	3134.80	198,467,837	10,441	123.3%
S120_20	-	-	-	299.22	-	160,981,651	8,469	100.0%
C135_20	297.92	358.92	98.26	188.97	2940.72	251,037,322	11,739	143.4%
H135_20	323.91	535.28	103.33	64.00	3323.12	206,432,662	9,654	117.9%
S135_20	-	-	-	331.56	-	175,087,547	8,188	100.0%
C150_20	301.34	391.52	101.17	196.30	3013.04	260,281,486	10,955	135.0%
H150_20	291.84	604.54	109.63	64.00	3384.56	213,435,081	8,983	110.7%
S150_20	-	-	-	358.75	-	192,816,739	8,115	100.0%

표 8 층수 30층인 모델의 기둥물량과 경제성

모델명	콘크리트(m^3)			철근 (톤)	철골 (톤)	거푸집 (m^2)	공사비 (원)	면적당 공사비	비율
	240	300	500						
C120_30	397.56	715.88	-	169.74	369.71	4647.20	439,148,538	11,402	135.6%
H120_30	178.75	189.01	902.68	154.09	96.00	4928.64	318,832,141	11,182	98.5%
S120_30	-	-	-	-	602.50	-	323,827,201	11,358	100.0%
C135_30	394.14	765.58	-	176.83	434.64	4733.84	482,159,442	15,032	135.3%
H135_30	178.75	212.04	915.22	163.37	96.00	5000.00	327,284,442	10,203	91.8%
S135_30	-	-	-	-	668.73	-	327,284,632	11,113	100.0%
C150_30	403.71	842.65	-	186.14	474.97	4900.40	517,216,636	14,512	132.8%
H150_30	182.17	217.74	929.05	182.90	96.00	5044.64	339,080,612	9,514	87.0%
S150_30	-	-	-	-	724.80	-	389,561,837	10,930	100.0%

7. 시공성 분석

RCS 복합구조는 새로운 신공법이므로, 이 공법에 대한 공사방법과 소요공정일수를 예측하여 실제 시공시의 적용성을 알아보고자 한다.

RCS 복합구조의 시공으로 생각할 수 있는 공법은 분리타설을 전제로 하는 접합부 선조립공법과 동시타설을 전제로 하는 접합부 동시타설공법이 있으며, 선조립공법의 시공흐름은 그림 2와 그림 3과 같다.

공정계획은 공사규모와 각 현장의 특성에 따라 달라질 수 있으나, 각각의 단위 공정당 1일씩 소요된다고 하여 기본공정계획을 수립하였다.

1개층에 대한 단위공정계획표 9을 기준으로 층별공정계획표 10을 수립하였다.

철골조의 경우에는 콘크리트 공사와 별도로 구체공사를 병행할 수 있으므로 층별 공정계획의 비교에서는 제외하였다.

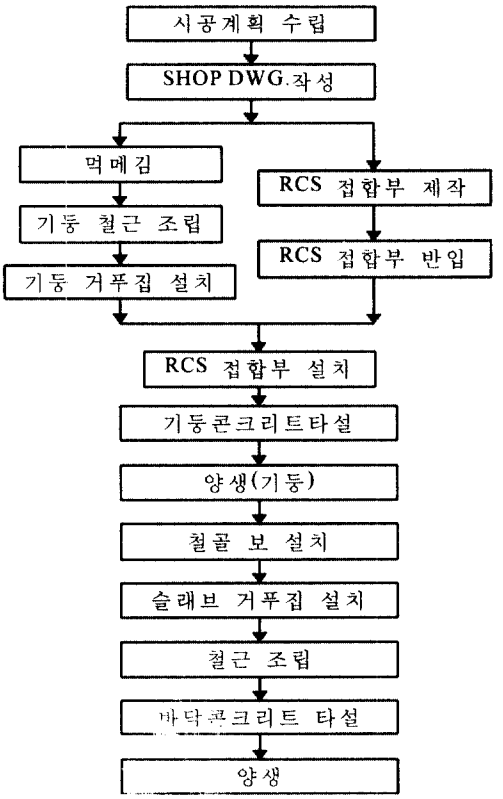


그림 2 접합부 선조립 공사 흐름도

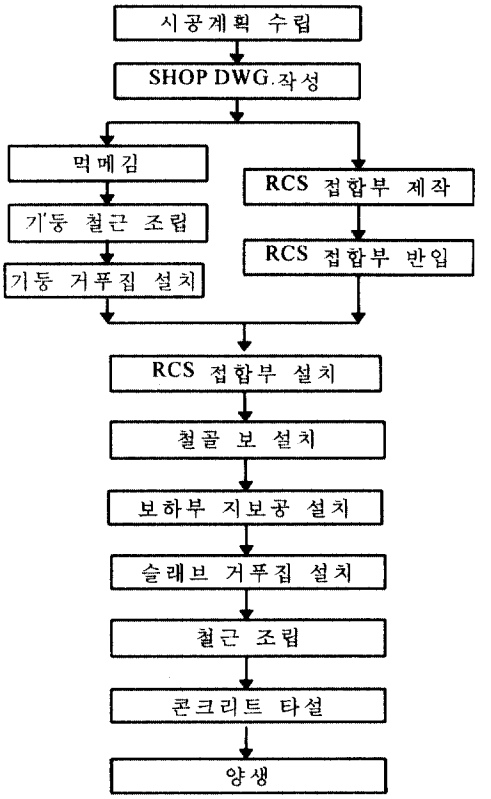


그림 3 접합부 동시조립 공사 흐름도

표 9 구조형식별 단위공정계획

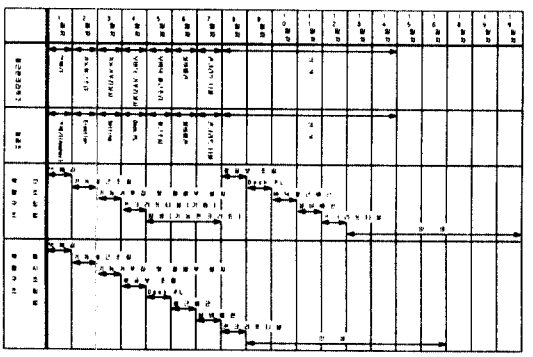
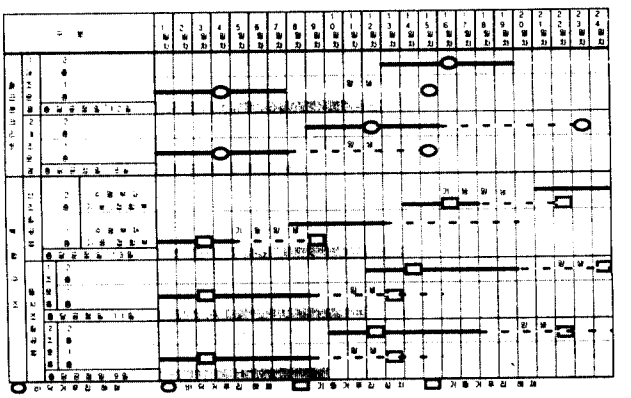


표 10 구조형식별 층별공정비교



8. 맺음말

본 연구에서는 기 시공된 건물의 조사로부터 선정된 모델에 대하여 장스팬의 길이와 층수, 구조형식을 달리하여 구조해석 및 설계, 물량산출 및 경제성 비교를 하여 콘크리트 기둥과 H-형강보로 이루어진 복합구조 형식의 적용성을 알아보았다.

이상과 같은 연구에서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 콘크리트 기둥과 철골보의 복합구조는 경제적인 면에서 철골조나 철골철근콘크리트조와 비슷한 결과를 보였다.
2) 특히 30층의 경우가 20층의 경우에 비해 단위면적당 공사비의 감소량이 많아, 장스팬이 될수록 타 구조형식에 비해 경제적인 구조이었다.
3) RCS 복합구조의 시공방법으로는 기둥과 바닥슬래브를 동시에 타설하는 공법인 '접합부 동시조립공법'이 유리함을 알 수 있었다.
4) '접합부 동시조립공법'은 일반적인 콘크리트 공사에 비해 거푸집과 동바리 설치 공정이 감소되나, 콘크리트 공정과 철골 공정이 혼합되어 공정이 복잡해져서 1개층에 소요되는 공정일수가 1일 정도 증가되는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 RCS 복합구조형식을 일반화된 건물에 적용하여 봄으로써 일반적인 실현가능성을 알아보고자 하였다.

본 연구로부터 RCS 복합구조형식이 철골조나 철골철근콘크리트조에 비하여 경제성이 떨어지지 않으며, 특히 장스팬 구조형식에 유용한 구조형식임을 알 수 있었다.

또한, RCS 복합구조형식의 시공방법으로는 '접합부 동시조립 공법'이 유리함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산규준 및 해설, 1994
2. 대한건축학회, 강구조계산규준 및 해설, 1983
3. 대한토목학회, 콘크리트표준시방서 시공편, 1996