

초고층 건축물의 공중별 위험지수 평가

The risk index assessment of work type in high-rise buildings construction work

이 명 구* · 정 명 진* · 김 도 영* · 정 세 균**

1. 서 론

국내·외에서 초고층 건축물의 건립이 급속히 증가하는 추세에 있고 국내 건설업체의 건설능력 및 설계기술 등 기술자들의 저변 확대가 날로 증가되고 있다. 국내 또한 수 년 이내에 초고층 건축물 공사는 급격히 증가하여 건립될 것으로 예상되나 이에 뒷받침 되는 초고층 건축물에 대한 안전 기술 자료들의 보급이 미흡한 실정이다.

초고층 건축물 공사에서는 일반적인 저층 공사와는 차별화된 시공계획상 필연적으로 요구되는 사항들이 있으며, 이들을 해결할 수 있는 여러 공법 및 방안들을 적용함에 따라 현장에 대한 안전관리 범위가 보다 넓어지고 있어 한정된 관리자가 모든 위험요소를 관리하는 데는 무리가 있을 것이므로 공중별 위험요소들을 분석하여 정량화된 위험지수의 개발을 통해 효율적인 안전관리 방안의 제시가 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 전문가 집단을 대상으로 설문응답에 의한 AHP분석으로 도출된 공중별 위험지수를 비교 정리하고, 재해발생 빈도와 재해강도를 분석하여 정량화된 위험지수를 제시코자 한다. 정량화된 위험지수는 유해위험 방지 계획서의 작성과 심사 및 안전점검 수행에서의 중점관리가 요구되는 기초 자료를 제공함으로써, 건설현장에서 위험지수의 고저에 따라 자원(인력과 비용)을 효율적으로 배분하고 투입케 하며, 재해발생 위험성을 사전에 예측하여 효율적인 안전 활동을 제고시켜 궁극적으로 건설재해 감소에 기여하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

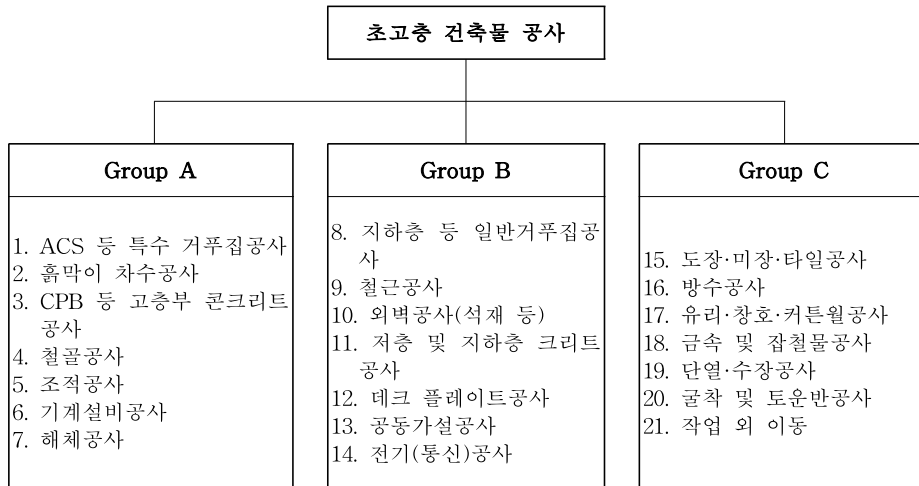
초고층공사의 공중을 분류하여 이를 계층화하여 쌍대비교를 통하여 공중별 가중치를 부여하여 정량적 평가를 실시하였으며, 일관성 검증한 결과 0.1 이하인 자료는 제외하고 정리하였다.

† 이 연구는 2009년도 산업안전보건연구원의 연구비 지원으로 수행한 “초고층 건축물 안전관리시스템 및 안전모델 연구” 중 일부임.

* 을지대학교

** 한국산업안전보건공단

의사결정문제의 계층구조화를 위해 [그림 1]과 같이 초고층 건축물 공사 21개 공종을 3그룹(Group A, Group B, Group C)으로 분류하였다.



[그림 1] 초고층 건축물 공사의 공종에 따른 계층화

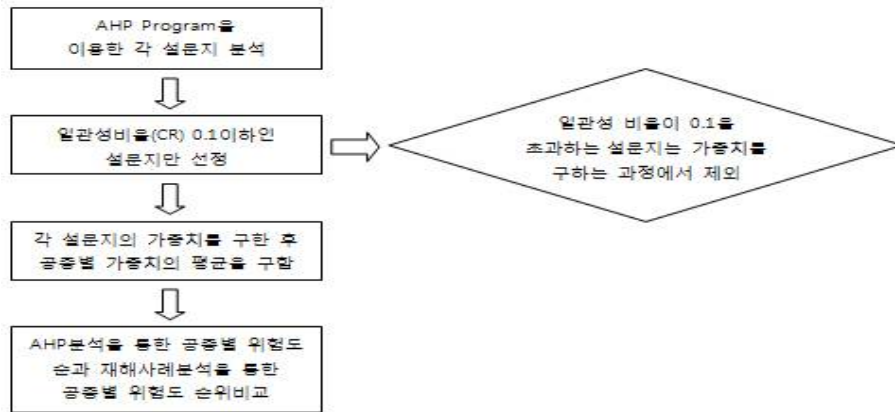
설문지 내용은 AHP Program에 적용할 수 있도록 쌍대비교 방법으로 하였고, 회수된 설문지 중에서 일관성 비율(Consistency Ratio : CR)이 0.1을 초과하는 경우는 설문자의 응답에 일관성이 없는 것으로 판단하여 분석에서 제외하였고 일관성 비율이 0.1이하인 설문지만을 이용하여 Group 가중치와 Group내의 공종별 가중치를 구하였다.

본 연구에서는 56부의 설문지를 회수하였고 설문대상으로는 한국산업안전공단지도원의 협조를 얻어 관할구역내의 초고층 현장을 조사하였으며 초고층현장의 총괄책임자, 공사·공무과장, 안전관리자 등을 대상으로 설문을 실시하였다. 설문 내용(부록 2 참조)으로는 초고층공사 공종을 Group별로 나누어 이에 대한 쌍대비교 문항을 작성하였고 각 Group내에 포함되어 있는 7개의 공종들에 대한 쌍대비교 문항을 작성하여 공종별 가중치 계산에 이용하였다.

3. 분석결과 및 고찰

3.1 초고층 건축물 공사 Group 별 가중치 분석

초고층 건축물 공사 각 Group 별 가중치에 관한 설문에서 회수된 56부의 설문지를 분석한 결과, 일관성 비율(Consistency Ratio : CR) 0.1 이하인 설문지인 22부만을 대상으로 Group 별 가중치를 구하였다.



[그림 2] AHP를 이용한 설문분석 흐름도

<표 1>에서 나타난 바와 같이 A.H.P Program을 이용한 설문분석결과 Group별 위험성에 대한 가중치는 Group A 0.70, Group B 0.20, Group C 0.10의 순으로 나타났으며, 일관성비율(Consistency Ratio : CR)이 0.1 이하인 설문지만을 분석하였고 평균 일관성 비율은 0.04인 것을 알 수 있었다. 이는 재해사태분석 결과 위험지수가 높은 순으로 Group화한 것으로 판단할 때 가중치의 분포가 적정한 것을 알 수 있다.

<표 1> Group별 평균 가중치 및 일관성 비율

Group 분류 피설문자 #	GroupA	Group B	Group C	일관성비율
1	0.78	0.15	0.07	0.07
4	0.72	0.19	0.08	0.06
8	0.80	0.11	0.10	0.01
13	0.63	0.26	0.10	0.03
16	0.75	0.18	0.07	0.03
20	0.74	0.19	0.08	0.04
23	0.66	0.19	0.16	0.03
24	0.70	0.21	0.09	0.03
27	0.63	0.26	0.11	0.03
28	0.72	0.19	0.08	0.06
31	0.71	0.14	0.14	0.00
32	0.72	0.22	0.06	0.10
34	0.72	0.19	0.08	0.06
36	0.66	0.19	0.16	0.03
40	0.63	0.26	0.11	0.03
41	0.72	0.19	0.08	0.06
42	0.75	0.18	0.07	0.03
44	0.60	0.20	0.20	0.00
46	0.70	0.19	0.08	0.06
47	0.70	0.19	0.08	0.06
48	0.72	0.22	0.06	0.10
50	0.64	0.28	0.07	0.06
평균가중치	0.70	0.20	0.10	0.04

3.2 초고층 건축물 공사 공종별 분류 Group A의 가중치 분석

<표 2>는 Group A에 포함된 ACS 등 특수 거푸집공사, 흙막이 공사, CPB 등 고층부 콘크리트공사, 철골공사, 조적공사, 기계설비공사, 해체공사에 대한 각 공종의 쌍대비교를 통한 분석결과이다.

<표 2> Group A 내의 각 공종별 평균 가중치 및 일관성 비율

Group분류 피설문자 #	ACS 등 특수 거푸집공사	흙막이 공사	CPB 등 고층부 콘크리트공사	철골공사	조적공사	기계설비 공사	해체공사	일관성 비율
5	0.20	0.13	0.16	0.19	0.05	0.05	0.22	0.10
6	0.43	0.14	0.19	0.07	0.03	0.05	0.10	0.03
8	0.39	0.04	0.19	0.12	0.04	0.06	0.16	0.09
15	0.18	0.13	0.15	0.41	0.03	0.04	0.07	0.09
18	0.25	0.21	0.12	0.26	0.08	0.04	0.05	0.07
20	0.27	0.14	0.15	0.18	0.07	0.07	0.12	0.10
26	0.24	0.23	0.09	0.25	0.07	0.06	0.05	0.08
30	0.27	0.14	0.15	0.18	0.07	0.07	0.12	0.10
43	0.24	0.14	0.15	0.19	0.08	0.08	0.12	0.10
34	0.27	0.05	0.06	0.23	0.02	0.08	0.29	0.10
36	0.20	0.21	0.15	0.17	0.05	0.05	0.17	0.02
40	0.07	0.35	0.08	0.22	0.04	0.06	0.18	0.02
41	0.34	0.19	0.11	0.15	0.09	0.07	0.05	0.10
44	0.30	0.13	0.14	0.17	0.03	0.04	0.20	0.04
46	0.19	0.13	0.11	0.33	0.04	0.04	0.16	0.06
47	0.31	0.06	0.26	0.23	0.07	0.03	0.06	0.04
49	0.25	0.13	0.10	0.23	0.03	0.04	0.21	0.09
평균가중치	0.26	0.15	0.14	0.21	0.05	0.05	0.14	0.07

회수된 56개의 설문지 중에서 일관성비율(Consistency Ratio : CR)이 0.1이하인 17부의 설문지만을 분석한 결과, 위험성 가중치의 평균은 ACS 등 특수 거푸집공사 0.26, 흙막이공사 0.15, CPB 등 고층부 콘크리트공사 0.14, 철골공사 0.21, 조적공사 0.06, 기계설비공사 0.05, 해체공사 0.14의 순으로 나타났으며 평균 일관성 비율은 0.07로 나타났다.

3.3 초고층 건축물 공사 공종별 분류 Group B의 가중치 분석

초고층공사 Group B에 포함된 지하층 등 일반거푸집공사, 철근공사, 외벽공사(석재 등), 저층 및 지하층 콘크리트공사, 테크 플레이트공사, 공동가설공사, 전기(통신)공사에 대한 각 공종별 쌍대비교를 통한 분석 결과 <표 3>과 같이 나타났다.

회수된 56개의 설문지 중에서 일관성비율(Consistency Ratio : CR)이 0.1이하인 15부의 설문지만을 분석한 결과, 위험성 가중치 평균은 지하층 등 일반 거푸집공사 0.23, 철근공사 0.16, 외벽공사(석재 등) 0.19, 저층 및 지하층 콘크리트공사 0.12, 테크 플레이트공사 0.14, 공동가설공사 0.10, 전기(통신)공사 0.06으로 나타났으며, 평균 일관성 비율은 0.07로서 일관성이 있는 것으로 판단된다.

3.4 초고층 건축물 공사 공종별 분류 Group C의 가중치 분석

초고층공사 Group C에 포함된 도장·미장·타일공사, 방수공사, 유리·창호·커튼월공사, 금속 및 잡철물공사, 단열·수장공사, 굴착 및 토운반공사, 작업 외 이동에 대한 각 공종의 쌍대비교를 통한 분석결과는 <표 4>와 같이 나타났다.

회수된 56개의 설문지 중에서 일관성비율(Consistency Ratio : CR)이 0.1이하인 18부의 설문지만을 분석한 결과, 위험성 가중치 평균은 도장·미장·타일공사 0.13, 방수공사 0.09, 유리·창호·커튼월공사 0.29, 금속 및 잡철물공사 0.15, 단열·수장공사 0.10, 굴착 및 토운반공사 0.14, 작업 외 이동 0.08의 순으로 나타났으며 평균 일관성 비율은 0.06으로 나타났다.

<표 3> Group B내의 각 공종별 평균 가중치 및 일관성 비율

Group분류 피설문자 #	지하층 등 일반거푸집 공사	철근공사	외벽공사 (석재 등)	저층 및 지하층 콘크리트공사	테크 플레이트 공사	공동가설 공사	전기(통신) 공사	일관성 비율
5	0.16	0.16	0.23	0.16	0.14	0.13	0.03	0.03
12	0.22	0.14	0.41	0.10	0.06	0.04	0.03	0.03
14	0.25	0.14	0.33	0.13	0.06	0.05	0.03	0.10
16	0.22	0.13	0.14	0.13	0.04	0.29	0.04	0.10
18	0.06	0.18	0.27	0.06	0.31	0.06	0.07	0.10
20	0.35	0.16	0.07	0.13	0.15	0.05	0.09	0.04
22	0.22	0.16	0.21	0.10	0.10	0.14	0.08	0.05
26	0.12	0.29	0.05	0.09	0.25	0.05	0.16	0.03
36	0.16	0.25	0.09	0.10	0.21	0.08	0.11	0.10
40	0.27	0.05	0.08	0.15	0.16	0.24	0.04	0.08
42	0.36	0.27	0.09	0.10	0.10	0.04	0.04	0.10
43	0.19	0.14	0.38	0.12	0.09	0.04	0.05	0.08
45	0.12	0.12	0.22	0.13	0.25	0.12	0.04	0.05
48	0.38	0.17	0.17	0.12	0.09	0.04	0.03	0.09
49	0.41	0.11	0.12	0.13	0.12	0.06	0.05	0.03
평균가중치	0.23	0.16	0.19	0.12	0.14	0.10	0.06	0.07

<표 4> Group C내의 각 공종별 평균 가중치 및 일관성 비율

Group분류 피설문자 #	도장· 미장· 타일공사	방수공사	유리· 창호· 커튼월공사	금속 및 잡철물 공사	단열· 수장공사	골작 및 토운반 공사	작업 외 이동	일관성 비율
1	0.14	0.14	0.18	0.19	0.14	0.12	0.10	0.05
4	0.14	0.14	0.16	0.20	0.14	0.12	0.11	0.04
8	0.15	0.12	0.52	0.08	0.05	0.04	0.04	0.07
12	0.29	0.14	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10	0.05
14	0.20	0.07	0.40	0.16	0.04	0.10	0.03	0.10
16	0.31	0.07	0.25	0.10	0.10	0.08	0.08	0.06
18	0.16	0.12	0.43	0.08	0.12	0.07	0.03	0.06
21	0.13	0.15	0.24	0.18	0.12	0.10	0.08	0.10
26	0.06	0.05	0.37	0.15	0.10	0.23	0.04	0.04
34	0.07	0.05	0.40	0.15	0.05	0.15	0.13	0.03
36	0.09	0.09	0.24	0.16	0.09	0.24	0.08	0.03
37	0.06	0.04	0.32	0.18	0.04	0.21	0.15	0.09
40	0.14	0.08	0.07	0.11	0.26	0.29	0.05	0.08
42	0.07	0.06	0.33	0.09	0.07	0.28	0.09	0.07
43	0.09	0.09	0.26	0.20	0.07	0.22	0.07	0.05
46	0.08	0.09	0.25	0.27	0.03	0.25	0.03	0.01
48	0.06	0.06	0.40	0.04	0.13	0.29	0.03	0.10
49	0.08	0.05	0.19	0.15	0.06	0.38	0.08	0.04
평균가중치	0.13	0.09	0.29	0.15	0.10	0.18	0.07	0.06

3.5 초고층 건축물 공사 공종별 위험지수 최종가중치 결정 및 위험도

초고층공사의 각 공종들에 대한 위험지수에 대한 최종가중치는 식 (1)과 같은 방법으로 구할 수 있다.

최종가중치에 의한 위험지수 =
 Group별 위험지수 가중치 Group 내의 각 공종별 위험지수 가중치 식 (1)

<표 5>는 식 (1)에 의한 계산된 공종별 최종가중치에 의한 위험지수를 나타낸 것이다. 본 절에서는 설문문항 중 응답자의 긍정적인 의견을 반영하는 것으로서 응답자가 생각하는 위험순위를 재나열 하도록 하여 이들 의견을 반영하는 방법을 적용하는 것이다. 설문지의 [문항 1]~[문항 3]을 이용한 것으로서 재해사례를 통해 도출된 위험지수 높은 순으로 배열된 Group A, B, C 내의 공종을 설문응답자들이 생각하는 위험도 순위로 재배치하도록 하여 이들 의견을 다음과 같이 반영하였다.

<표 5> 초고층공사 공종별 위험지수

Group별 분류	공 종	최종가중치에 의한 위험지수	위험도순위
Group A	1. ACS 등 특수 거푸집공사	0.182	1
	2. 흙막이 차수공사	0.105	3
	3. CPB 등 고층부 콘크리트공사	0.098	4
	4. 철골공사	0.147	2
	5. 조적공사	0.035	8
	6. 기계설비공사	0.035	8
	7. 해체공사	0.098	4
Group B	8. 지하층 등 일반거푸집공사	0.046	6
	9. 철근공사	0.032	10
	10. 외벽공사(석재 등)	0.038	7
	11. 저층 및 지하층 크리트공사	0.024	13
	12. 데크 플레이트공사	0.028	12
	13. 공동가설공사	0.020	14
	14. 전기(통신)공사	0.012	18
Group C	15. 도장·미장·타일공사	0.013	17
	16. 방수공사	0.009	20
	17. 유리·창호·커튼월공사	0.029	11
	18. 금속 및 잡철물공사	0.015	16
	19. 단열·수장공사	0.010	19
	20. 굴착 및 토운반공사	0.018	15
	21. 작업 외 이동	0.007	21

AHP 기법을 통해 도출된 최종적인 위험지수는 ACS 등 특수 거푸집공사 0.178, 철골공사 0.149, 흙막이 차수공사 0.114 등의 순서대로 높게 나타났다.

정성적 설문조사는 제시된 21개 중분류 공종에 대하여 관련 전문가들이 느끼는 위험순위를 재정리하게 하고 위험순위가 가장 높은 공종을 21점, 다음을 20점, 위험순위가 가장 낮은 공종을 1점으로 부여하여 각 설문자의 응답에 따른 해당 공종의 점수를 합하여 공종별 합계를 도출하였다. 즉, <표 6>의 공종별 합계는 설문 응답자가 설정한 위험순위에 따른 점수들을 모두 합한 값이 된다. 상대가중치는 이 되므로 공종별 합계 값을 231로 나눈 것이 되며, 위험지수는 상대가중치를 분석에 사용한 응답자의 수로 나눈 값이다. 이때, 공종별 상대가중치의 합이 응답자의 수가 된다. 그러므로 위험지수는 상대가중치를 상대가중치의 합으로 나눈 값이다.

<표 9>에서 나타난 바와 같이 정성적 설문에 의한 공종별 위험도에서는 AHP를 이용한 공종별 위험분석에서 나타난 결과와 비슷하게 ACS 등 특수 거푸집공사, 철골공사, 흙막이 차수공사, CPB 등 고층부 콘크리트공사 순으로 나타났다.

<표 6> 정성적 설문에 의한 공중별 위험도 순서

Group별 분류	공 중	위험순위	공중별 합계	상대 가중치	위험지수
Group A	1. ACS 등 특수 거푸집공사	1	423	1.831	0.087
	2. 흠막이 차수공사	3	382	1.654	0.079
	3. CPB 등 고층부 콘크리트공사	4	378	1.636	0.078
	4. 철골공사	2	392	1.697	0.081
	5. 조적공사	8	278	1.203	0.057
	6. 기계설비공사	6	303	1.312	0.062
	7. 해체공사	5	365	1.580	0.075
Group B	8. 지하층 등 일반거푸집공사	7	282	1.221	0.058
	9. 철근공사	9	264	1.143	0.054
	10. 외벽공사(석재 등)	10	252	1.091	0.052
	11. 저층 및 지하층 크리트공사	13	201	0.870	0.041
	12. 테크 플레이트공사	12	217	0.939	0.045
	13. 공동가설공사	11	227	0.983	0.047
	14. 전기(통신)공사	14	189	0.818	0.039
Group C	15. 도장·미장·타일공사	17	106	0.459	0.022
	16. 방수공사	19	82	0.355	0.017
	17. 유리·창호·커튼월공사	15	163	0.706	0.034
	18. 금속 및 잡철물공사	18	101	0.437	0.021
	19. 단열·수장공사	20	58	0.251	0.012
	20. 굴착 및 토운반공사	16	151	0.654	0.031
	21. 작업 외 이동	21	36	0.156	0.007

<표 7>은 공중별 위험지수를 정성적인 설문조사에 의한 방법과 쌍대비교에 의한 AHP분석법에 의한 2가지의 경우를 종합적으로 비교분석한 결과이다.

<표 7> 초고층공사의 공중별 위험지수 비

Group별 분류	공 중	위험지수			
		AHP분석	순위	정성적 설문조사	순위
Group A	1. ACS 등 특수 거푸집공사	0.182	1	0.087	1
	2. 흠막이 차수공사	0.105	3	0.079	3
	3. CPB 등 고층부 콘크리트공사	0.098	4	0.078	4
	4. 철골공사	0.147	2	0.081	2
	5. 조적공사	0.035	8	0.057	8
	6. 기계설비공사	0.035	8	0.062	6
	7. 해체공사	0.098	4	0.075	5
Group B	8. 지하층 등 일반거푸집공사	0.046	6	0.058	7
	9. 철근공사	0.032	10	0.054	9
	10. 외벽공사(석재 등)	0.038	7	0.052	10
	11. 저층 및 지하층 크리트공사	0.024	13	0.041	13
	12. 테크 플레이트공사	0.028	12	0.045	12
	13. 공동가설공사	0.020	14	0.047	11
	14. 전기(통신)공사	0.012	18	0.039	14
Group C	15. 도장·미장·타일공사	0.013	17	0.022	17
	16. 방수공사	0.009	20	0.017	19
	17. 유리·창호·커튼월공사	0.029	11	0.034	15
	18. 금속 및 잡철물공사	0.015	16	0.021	18
	19. 단열·수장공사	0.010	19	0.012	20
	20. 굴착 및 토운반공사	0.018	15	0.031	16
	21. 작업 외 이동	0.007	21	0.007	21

4. 결 론

위험지수는 공종별 상대적인 위험도를 나타내는 것으로서 상위 5위 안에 속하는 공종은 AHP 분석을 통한 것이나 정성적인 의견을 정량화 분석한 것이나 그 결론은 유사하게 나타났다. 이는 전체 공종 중에서 위험도의 우선순위를 정하는 것에 의미를 둔다면 상위권 안에 속하는 공종에서는 신뢰도가 높은 것으로 판단되어 실무에 적용 가능하리라 판단되며, 공종 내에서도 여러 작업으로 세분화하여 위험도 관리를 수행할 수 있으리라 판단된다.

이러한 방법은 일일이 재해사례를 분석하지 않더라도 공종별 위험지수를 도출하는 방법으로서 타당하리라 사료된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 이명구의 5인, “초고층 건축물 안전관리시스템 및 안전모델 연구”, 산업안전보건연구원, 2009.
- [2] 노동부(고시 제2008-78호), 위험기계기구 자율안전확인 기준
- [3] 노동부(고시 제2006-29호), 가설공사 표준안전 작업지침
- [4] 신성우 외(2006), “초고층 건축물 디자인과 설계기술”, 한국초고층건축포럼
- [5] 이상현(2008), “초고층 건설공사의 안전관리 방안에 관한 연구”, 한양대학교 공학대학원 석사학위 논문
- [6] '김용국, 박대식, 구문희, 고광일(2003), “타워크레인 안정성 및 운전자 안전확 보 방안 연구”, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원
- [7] '정병원, “주상복합에 적용된 주요 시공기술”, 건축시공학회지, 제8권, 3호, pp.13~25, 2008.
- [8] 신별열, “초고층 오피스 빌딩의 첨단 시공/엔지니어링 기술 적용 사례”, 건축시공학회지, 제8권, 1호, pp.6~16, 2008.
- [9] 강선중, Ahmad. A, “Burj Dubai Project 개요 및 주요 시공기술”, 삼성건설기술, 통권제55호, pp.10~27, 2006.
- [10] 김정진, 최인성, “초고층 건축공사의 양중계획 시스템에 관한 연구”, 한국건축시공학회지, 제5권, 4호, pp.121~129, 2005.
- [11] 강경인, “국내 초고층 건축 시공의 미래”, 대한건축학회지, 제48권, 10호, pp.71~73, 2004.
- [12] 왕인수, “초고층 주거건축물의 시공사례”, 대한건축학회지, 제48권, 10호, pp.74~81, 2004.
- [13] 안병주, 김재준, “초고층건물 마감공사 양중계획의 실태와 문제점”, 한국초고층건축포럼 제4차 심포지엄 자료집, pp.229~254, 2004.
- [14] 안병주, “초고층건물 RC조 코어월 선행공사의 시공계획 실무에 관한 분석”, 한국건설관리학회논문집, 제5권, 2호, pp.194~201, 2004.
- [15] 최경렬, 강선중, “초고층건물 시공 중의 방재계획”, 건축시공학회지, 제3권, 2호, pp.50~55, 2003.