

건축공사 공종별 기후요소 영향도 분석

An Analysis of the Effect of Weather Condition with Work Sections in Building Construction

김백중* 서장우** 강경인***
 Kim, Baek-Joong Seo, Jang-Woo Kang, Kyung-In

Abstract

The building construction is an essential field to consider weather condition because construction works are performed in a site. From this reason, this study evaluated the effect of weather condition with work sections in building construction by Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The results of this study as follows : (1) The effect of weather condition with work sections is affected by rainfall in summer season, and by a low temperature in winter season (2) The effect of weather condition with work sections is 0.235 for mold work, 0.210 for concrete work, 0.181 for steel-frame work.

키워드 : 기후요소, 영향도, 공종별, 계층분석적 의사결정
 Keywords : Weather Condition, Effect, Work Sections, AHP Method

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 공정의 진행에 있어 야외작업이 많은 관계로 기후와 연관성이 크므로 이에 대한 고려가 필수적인 산업이다. 대부분 건설현장에서는 기후에 의한 공정 진행상의 문제가 발생되었을 경우, 정확한 자료없이 현장관리자의 경험과 직관에 의해 관례적인 방법으로 대응하는 실정이다¹⁾.

이는 여러 주체에 의해 진행되어지는 건설공사의 특성상 공정진행상의 의사결정이 요구되어 질 경우 공사주체들간의 이해관계상의 문제 뿐 아니라 부적절한 의사결정에 따른 경제적 손실을 가져올 수 있다. 특히, 기후 변화로 인한 자연재해의 발생에 대비한 건축 법규 및 관련 기준의 정비가 부족한 상태에서는 건설업체가 적정공사를 수행했음에도 불구하고 ‘부실공사’의 오명을 쓰고 책임을 부담할 가능성도 높다²⁾.

따라서, 공정이 기후에 의해 영향을 받게 될 경우 현장관리자가 공정진행상의 의사결정에 활용할 체계적인 기준이 제시될 필요가 있다. 기준의 제시를 위해 우리나라 기후의 특성 및 건설산업 각 공종의 특성에 맞추어 기후의 영향에 관한 체계적인 분석이 선행되어야 한다.

이러한 관점에서 본 연구는 건축공사 과정에서 공사진행에 영향을 주는 기후요소 발생시 공정별 공사진행 의사결정에 활용할 체계적인 시스템의 구축을 위한 기초자료로서 AHP 기법

을 이용한 건축공사 공정별 기후요소의 영향도를 분석·제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 절차

건축공사의 공정진행에 영향을 주는 요인은 통제가 가능한 요인과 불가능한 요인 및 불가항력적 요인 등으로 구분할 수 있다. 통제가 불가능한 요인은 기후와의 관련성이 매우 높으며, 전문가 면담 등을 통해 기후가 공정진행에 있어 가장 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 이에 본 연구에서는 공정진행에 영향을 주는 요인을 기후로 한정하기로 한다.

또한 우리나라는 중위도 지대에 위치하고 있기 때문에 사계절이 뚜렷하게 구별되는 온대성 기후의 특성을 가진다³⁾. 따라서 겨울에는 한랭건조한 기후가 나타나고 여름에는 온난다습한 기후의 특성을 보여 기후요소의 영향은 이 두 시기를 중심으로 나타난다. 이에 본 연구에서는 동절기와 하절기를 중심으로 분석하고자 한다.

AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석을 위한 설문조사는 건설산업에서 가장 많은 발주가 이루어지고 있는 서울, 경기, 인천지방의 현재 공사가 진행중인 현장을 중심으로 이루어졌다. 산출된 영향도의 정확도를 높이기 위해 현장은 시공능력 평가액을 기준으로 10대 건설회사의 건설현장으로 한정하였으며 건설직·공무관리 분야를 담당하고 경력 10년 이상의 관리직을 대상으로 하였다.

* 정회원, 고려대학교 건축공학과 석사 과정

** 정회원, 고려대학교 건축공학과 박사 과정 수료

*** 정회원, 고려대학교 건축공학과 교수

연구의 진행은 그림 1과 같다

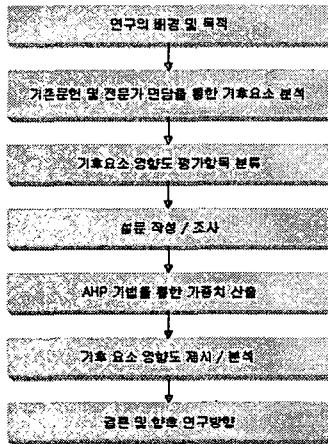


그림 1. 연구의 진행

2. 기존연구 및 이론적 고찰

2.1 기후 요소 관련 연구 현황

기후요소와 관련된 국내의 기존 연구는 표 1과 같이 기후요소의 영향을 바탕으로 작업불가능 기준, 작업불가능 기간, 공사 착수시기 선정 및 공사기간 산정 등 다양하게 이루어지고 있다. 이 연구들은 대부분 정량화되어 있는 기상청 기상데이터 중 일별 산출된 기상자료를 바탕으로 진행되었다. 하지만, 이러한 일별 산출된 데이터의 수치적 해석은 기후 요소의 영향에 대처하는데 있어 건설현장에 직접적 적용에 있어 한계점이 있다.

표 1. 기존 연구문헌 고찰

연구자	년도	연구 내용
정극영	1986	기후인자로 인한 대기작업 현상이 발생시 이를 극소화하기 위한 방법으로 간단한 네트워크 수정을 통한 해결방안 제시
진영섭	1998	작업불가능 요인을 정량적으로 예측할 수 있는 기후요소와 공휴일만으로 한정하고, 이를 바탕으로 건설공사 공기에 영향을 주는 작업불가능 기준 및 작업불가능 기간을 산정 제시
최봉철	1999	아파트 공기산정시 지역적 기후의 특징을 고려함으로써 공기를 줄이고, 적정 공사 착수시기 결정 방법 제시
정석남	2000	단위공중에 영향을 미치는 각 기후요소를 분석 및 통계처리하여 시뮬레이션에 의해 작업불가능 가상기후달력을 생성시켜 단위공종과 연계를 통한 공기산정의 의사결정지원모델을 제시
정석남	2002	기후 영향과 요소작업과의 연계성 확보를 위해 기후를 요소별로 분석하고, 시뮬레이션에 의한 가상기후를 활용하여 최적 착공시기를 결정할 수 있는 방법 제시
이근효	2004	기후에 의한 작업불가능 일 산정기준의 예측오차 비교분석하여 예측성 높은 선정기간을 제시
김신태	2004	건설생산성과 날씨 요소와의 상관관계를 공동주택의 골조공사를 중심으로 다중회귀분석을 이용해 규명
신종현	2005	기후요소가 공기에 미치는 영향을 조사 분석하여 인천지역의 작업불가능 일수를 제시

2.2 건설공사에 미치는 기후의 영향⁴⁾

건설공사에 영향을 주는 기후요인으로는 온도, 강수량(강우/강설), 바람이 있다. 매우 낮거나 높은 기온은 화학적 변화, 물리적 작용의 정지 및 감퇴, 동결융해는 물론 작업 생산성 저하 등을 초래하여 작업불능 및 불량부분이 생기게 한다. 예를들어, 온도가 0℃이하일 때는 시멘트 페이스트의 응결이 지연되어 콘크리트의 경화에 악영향을 미치고, 4℃이하일 때는 콘크리트 품질이 불량해질 가능성이 크다.

강우량은 내부마감이나 설비공사를 제외한 대부분의 공사에 영향을 준다. 특히 토공사, 기초공사, 골조공사 등은 강우시 작업진행이 불가능하며, 비가 그친 후에도 건조되기까지 어느 정도 시간이 필요하다. 강우로 인한 작업불가능 여부는 공종별로 다르고, 비가 오는 시기와 강우량에 따라 공사수행 여부가 결정되지만, 이러한 것을 사전에 모두 고려한다는 것은 매우 어렵다. 시간당 10mm이상인 경우 약간 물이 고인 상태가 되므로 대부분의 작업이 불가능하다고 볼 수 있다.

바람은 철골작업을 비롯한 중량물의 운반·조립·용접·양중작업 등에 영향을 미치며, 풍속이 일정정도 이상일 경우 안전을 고려할 때 정상적인 작업이 불가능하다.

2.3 계층분석적 의사결정(AHP) 방법

1970년대 초반 T.Saaty에 의하여 개발된 계층분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process : AHP)은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 하나의 새로운 의사결정방법론이다.

AHP는 아래 그림 2처럼 문제를 계층화시키고 상위 계층에 있는 요소를 기준으로 하위계층에 있는 각 요소의 가중치를 측정하는 방식을 통하여, 상위계층의 요소 하에서 각 하위요소가 다른 하위요소에 비하여 우수한 정도를 나타내 주는 수치로 구성되는 쌍대비교행렬을 작성하게 된다. 그리고 이 행렬로부터 고유치 방법을 이용하여 계층의 각 레벨마다 정규화한 하나의 우선순위벡터를 산출한다. 마지막으로 계층의 최상위에 위치한 의사결정의 목적을 달성할 수 있도록 해주는 최하위 단계에 있는 대안들의 상대적인 우선순위를 나타내 주는 전체 계층에 대한 하나의 복합 우선순위벡터(priority vector)를 산출하게 된다.

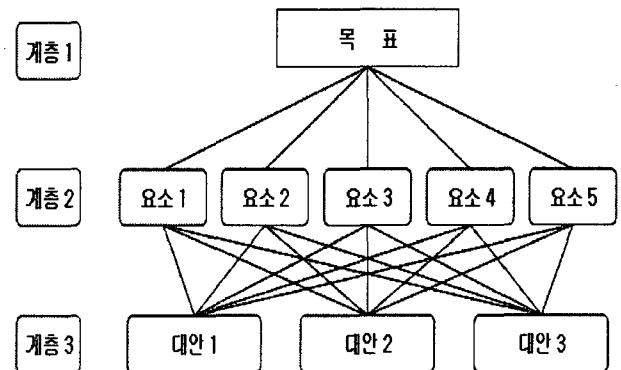


그림 2. AHP 계층구성의 예

3. AHP를 이용한 기후요소의 영향도 산정

3.1 건설공사에 대한 기후요소의 영향도 계층

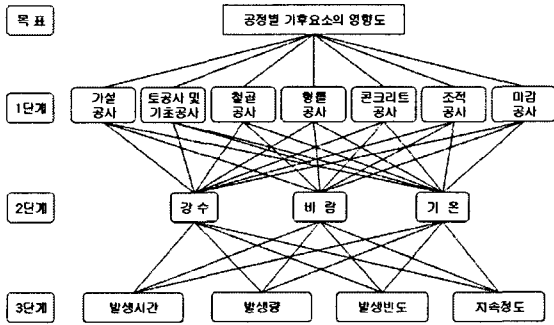


그림 3. 건설공사 공종별 기후요소의 영향도 산정 계층도

건설공사 공종별 기후요소의 산정을 위해 각 공종별, 기후요소 소별, 기후요소 특성별 쌍대비교를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구하고자 하며, 이에 관한 구체적인 적용방법은 다음과 같다. 영향도 산정을 위한 계층 구조는 다음 그림 3과 같다. AHP 기법상 계층은 건설공사의 공종, 기후요소의 종류 및 특성 순으로 형성하였다. 건설공사 공종은 기존문헌과 전문가 면담을 통해 7개 공종(가설공사, 토공사 및 기초공사, 철골공사, 형틀공사, 콘크리트 공사, 조적공사, 마감공사)으로 나누었다. 형틀공사는 거푸집 및 철근공사를 포함하며, 마감공사는 골조가 완성된 후 작업을 수행하여 기후에 크게 영향을 받지 않는 미장, 견출, 타일, 석, 수장, 도장, 방수, 유리, 창호 공사 등을 포함한다. 또한 기후요소는 강수, 기온, 바람, 습도 등으로 구성되나 습도는 영향도가 큰 값을 가지지 않을 것으로 보고 계층 구성에서 제외하였다. 기후요소의 특성은 발생시간, 발생량, 발생빈도, 지속정도로 구성하였으며, 특히 발생량의 경우 강수는 하절기에 강우량을 동절기에 강우량강설량을 고려하였으며,

기온은 하절기에 고온을 동절기는 저온을 고려하도록 하였다.

3.2 설문 진행

설문지의 내용은 AHP 기법을 분석을 위해 Expert Choice 11에 적용할 수 있도록 쌍대비교 방법으로 작성하였으며, 회수된 설문지 중에서 일관성 비율이 0.1을 초과하는 경우는 설문자의 응답에 일관성이 없는 것으로 판단하여 분석에서 제외하고, 일관성 비율이 0.1 이하인 설문지만을 분석 Expert Choice 11을 이용하여 가중치를 구한다.

설문은 건설현장의 건설직 관리자를 중심으로 배포 및 회수하였다. 총 38부의 설문지를 배부하여 32부의 설문지를 회수하였다.(회수율 88.2%) 회수된 32부의 설문 가운데 일관성 비율 0.1이하 설문지는 21부로 나타났으며 이를 통해 가중치를 산정하였다.

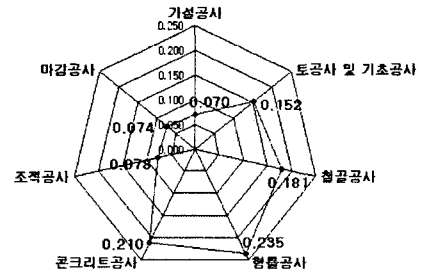


그림 4. 공종별 기후요소의 영향도 비교

3.3 결과 분석

본 연구에서 진행한 건축공사 공종별 기후요소의 영향도는 표 2와 같다. 기후요소의 영향을 가장 많이 받는 공정은 형틀공사(0.235), 콘크리트공사(0.209), 철골공사(0.181), 토공사 및 기초공사(0.152) 등의 순으로 나타났다.

이는 건축공사에 있어 골조공사의 비중이 크다는 점에 기인

표 2. 공종별 기후요소의 영향도(공종별·기후요소별·기후요소 특성별 분석)

목적	1단계 가중치		2단계 가중치				3단계 가중치							
	평가기준	가중치	평가기준	가중치		평가기준 및 가중치								
				하절기	동절기	발생시간	발생량		발생빈도		지속시간			
공종별 기후요소의 영향도 (1)	가설공사	0.071	강수	0.0455	0.0220	0.0093	0.0048	0.0129	0.0052	0.0126	0.0054	0.0106	0.0066	
			바람	0.0144	0.0194	0.0022	0.0048	0.0053	0.0059	0.0033	0.0040	0.0035	0.0047	
			기온	0.0101	0.0286	0.0019	0.0067	0.0024	0.0068	0.0024	0.0062	0.0033	0.0089	
	토공사 및 기초공사	0.152	강수	0.0916	0.0371	0.0107	0.0049	0.0247	0.0114	0.0279	0.0087	0.0285	0.0120	
			바람	0.0310	0.0331	0.0045	0.0058	0.0089	0.0108	0.0077	0.0080	0.0101	0.0084	
			기온	0.0293	0.0818	0.0060	0.0148	0.0086	0.0250	0.0080	0.0203	0.0069	0.0216	
	철골공사	0.181	강수	0.1082	0.0432	0.0202	0.0092	0.0224	0.0086	0.0284	0.0112	0.0372	0.0142	
			바람	0.0432	0.0530	0.0054	0.0086	0.0147	0.0190	0.0106	0.0102	0.0125	0.0152	
			기온	0.0293	0.0848	0.0048	0.0168	0.0072	0.0237	0.0074	0.0195	0.0099	0.0248	
	형틀공사	0.235	강수	0.1393	0.0822	0.0282	0.0178	0.0270	0.0170	0.0354	0.0216	0.0487	0.0258	
			바람	0.0446	0.0568	0.0058	0.0065	0.0158	0.0177	0.0098	0.0167	0.0132	0.0159	
			기온	0.0510	0.0961	0.0086	0.0100	0.0160	0.0230	0.0114	0.0291	0.0150	0.0340	
	콘크리트공사	0.209	강수	0.1294	0.0430	0.0229	0.0087	0.0400	0.0127	0.0320	0.0100	0.0344	0.0115	
			바람	0.0372	0.0391	0.0063	0.0065	0.0116	0.0116	0.0080	0.0096	0.0112	0.0113	
			기온	0.0433	0.1280	0.0048	0.0116	0.0152	0.0423	0.0100	0.0312	0.0132	0.0428	
	조적공사	0.078	강수	0.0466	0.0151	0.0074	0.0021	0.0137	0.0041	0.0123	0.0039	0.0133	0.0050	
			바람	0.0141	0.0204	0.0022	0.0038	0.0044	0.0053	0.0032	0.0054	0.0044	0.0059	
			기온	0.0172	0.0425	0.0020	0.0055	0.0055	0.0143	0.0048	0.0102	0.0050	0.0125	
	마감공사	0.074	강수	0.0348	0.0123	0.0047	0.0024	0.0117	0.0032	0.0088	0.0030	0.0095	0.0036	
			바람	0.0172	0.0202	0.0030	0.0042	0.0051	0.0057	0.0039	0.0046	0.0051	0.0056	
			기온	0.0220	0.0416	0.0032	0.0060	0.0062	0.0154	0.0058	0.0090	0.0067	0.0111	

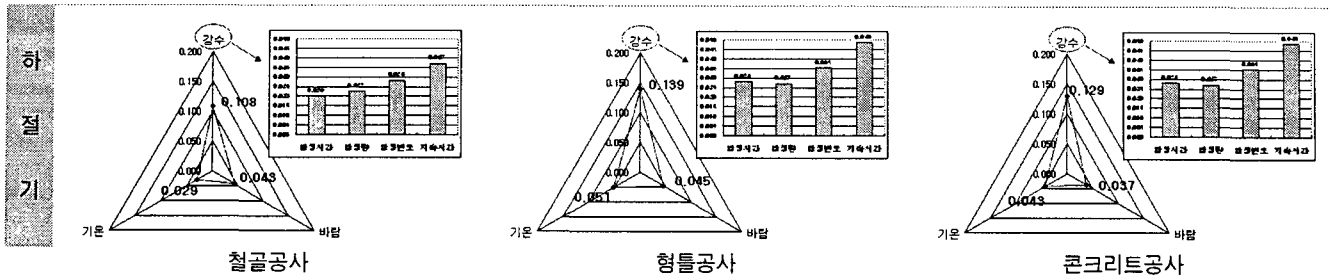


그림 5. 하절기 기후요소의 특성별 영향도

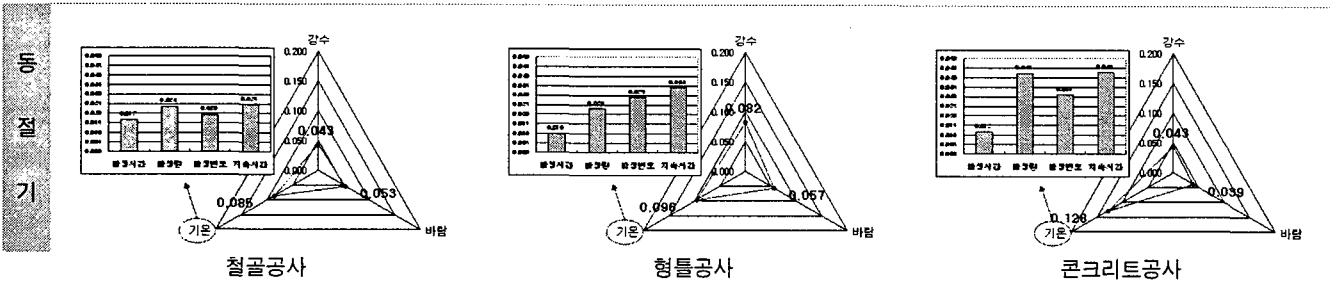


그림 6. 동절기 기후요소의 특성별 영향도

하며 공정의 진행상 형틀공사의 완료시점에 의해 콘크리트 공사의 진행여부가 결정되기 때문에 형틀공사의 비중이 가장 큰 것으로 사료된다.

영향도가 산정된 7개 공종 중 가장 큰 비중을 차지하는 3개 공종의 하절기 기후요소의 특성별 영향도를 비교해 보면 그림 5와 같다. 하절기에 가장 큰 영향을 주는 강우를 중심으로 보면, 철골공사와 형틀공사는 강수의 지속시간에 가장 큰 영향을 받고 콘크리트 공사는 강수의 양에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 전식공법으로 공사가 수행되는 철골공사와 형틀공사, 습식공법으로 공사를 수행하는 콘크리트 공사의 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 또한 토공사 및 기초공사는 타공종에 비해 강우시 땅이 마르는 시점까지 일정기간 공사를 재개할 수 없다는 특성에 기인해 지속시간에 비해 강수량과 발생빈도에 영향을 많이 받게 것으로 사료된다.

이 공종들의 동절기 기후요소의 영향도는 그림 6과 같다. 동절기 가장 큰 영향을 주는 기온을 중심으로 비교하여 보면 모든 공종이 저온의 지속시간에 가장 큰 영향도가 나타났으며, 타 공종에 비해 저온의 영향이 콘크리트 공사에 크게 산정되는 것은 저온시 콘크리트의 양생상의 문제에 기인한다고 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 건설공사 과정에서 공사진행에 영향을 주는 기후요소 발생시 건설공사 공정별 기후요소의 영향도를 분석/제시하고자 하고자 하였다. AHP 기법을 통한 설문을 분석하고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 기후요소에 의한 건설공사 공종별 영향도는 형틀공사(0.235), 콘크리트공사(0.210), 철골공사(0.181) 등의 순으로 나타났다. 이는 건축공사에서 골조공사의 비중이 크다는 점과 형틀공사의 완료 시점이 콘크리트 공사의 진행에

큰 영향을 주는 것에 기인한다고 사료된다.

2) 하절기 기후요소의 영향은 강수에 가장 크게 나타나며 강수에 의한 영향도는 작업의 중요도, 작업위치, 사용 공법과 관련이 크다. 동절기는 저온에 의해 가장 큰 영향도가 나타나며 대부분의 공종에 있어 저온의 지속시간에 의한 영향도가 크므로 이에 대한 고려가 필요하다고 사료된다.

또한, 본 연구에서 분석한 건축공사 진행상의 의사결정에 활용 기후요소의 영향도를 바탕으로, 건축공사 의사결정 시스템 구축을 위한 현장 사례의 체계화 등과 관련된 연구를 추후 진행하도록 할 것이다.

참 고 문 헌

- 이근효 외 2명, 건설공사의 기후요소에 의한 작업불능일 산정기준에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제5회(2004-11)
- 정석남 외 1명, 기후요소를 고려한 최적 착공시기 결정방법 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), v.22 n.1(2002-04)
- 양극영, 기상조건에 의한 건축공사 네트워크 계획에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, v.2 n.5(1986-10)
- 신종현 외 2명, 기후요소를 고려한 인천지역의 작업불가능일수 산정, 한국건설관리학회 논문집, v.6 n.1(2005-02)
- 구혜식 외 1명, 건축공사의 기후요소에 대한 공기산정 방안 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.15 n.11(1999-11)
- 김신태 외 2명, 기후요소와 생산성간의 상관관계 분석에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, v.5 n.6(2004-12)
- 정석남 외 1명, 가상기후 시뮬레이션에 의한 공기산정의 의사결정 지원모델에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, v.1 n.4(2000-12)
- 진영섭 외 4명, 아파트 공사기간 산정에 영향을 주는 작업불가능기준에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), v.18 n.1(1998-04)
- 최봉철 외 1명, 아파트 공기산정에 영향을 주는 기후요소에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계), v.19 n.2(1999-10)