



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2021년 2월  
석사학위논문

# 건축물 해체공사비 예측 모델 개발

조선대학교 대학원

건축공학과

김영현

# 건축물 해체공사비 예측 모델 개발

Development of Cost Prediction Model  
for Building Demolition Work

202년 2월 25일

조선대학교 대학원

건축공학과

김영현

# 건축물 해체공사비 예측 모델 개발

지도교수                      김 태 훈

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2020년 10월

조선대학교 대학원

건축 공 학 과

김 영 현

## 김영현의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 조규만 (인)

위원 조선대학교 교수 김태훈 (인)

위원 조선대학교 교수 장우식 (인)

2020년 11월

조선대학교 대학원

# 목 차

## ABSTRACT

<b>제 1장 서 론</b> .....	1
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구의 범위 및 절차 .....	3
<b>제 2장 예비적 고찰</b> .....	5
2.1 해체공사 절차 및 공법 .....	5
2.2 해체공사비 구성 및 산정 한계 .....	9
2.3 선행 연구 고찰 .....	11
<b>제 3장 해체공사 실적데이터 수집 및 분석</b> .....	14
3.1 데이터 수집 .....	14
3.2 실적데이터 분석 .....	20
3.2.1 가설공사 단위공사비 분석 .....	20
3.2.2 본 구조물 해체 단위공사비 분석 .....	23
3.2.3 해체 폐기물처리 단위공사비 분석 .....	25
3.2.4 공사비 영향 분석 .....	26

<b>제 4장 건축물 해체공사비 예측모델 개발</b> .....	29
4.1 변수 설정 .....	29
4.1.1 정성변수 .....	29
4.1.2 정량변수 설정 .....	30
4.2 회귀분석을 이용한 공사비 예측모델 개발 .....	33
4.2.1 정량변수를 이용한 회귀모델 개발 .....	33
4.2.2 정성변수를 이용한 더미회귀모델 개발 .....	36
4.2.3 정량 및 정성변수를 조합한 회귀모델 개발 .....	39
4.3 공사비 예측모델 검증 .....	41
<b>제 5장 결 론</b> .....	43
5.1 연구의 결론 .....	43
5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향 .....	44
참고문헌 .....	45
부    록 .....	50
감사의 글	

## 표 목 차

표 2.1	공사비 예측 모델 관련 연구 .....	13
표 3.1	건축물 해체공사 현장 데이터 수집 개요 .....	16
표 3.2	연도별 건설공사비지수 .....	17
표 3.3	해체공사 현장 실적공사비 정보 .....	18
표 3.4	해체공사 현장정보 .....	19
표 3.5	사전작업 영향요인 평가 기준별 단위공사비 .....	20
표 3.6	본 구조물 해체 영향요인의 평가 기준별 단위공사비 .....	23
표 3.7	해체 폐기물 처리 영향요인의 평가 기준별 단위공사비 .....	25
표 3.8	정규성 검정 결과 .....	27
표 3.9	E/V유무에 따른 공사비 차이 분석 .....	27
표 3.10	ANOVA 결과 .....	28
표 4.1	정성변수의 더미변수 변환 .....	30
표 4.2	상관관계분석 결과 .....	31
표 4.3	회귀분석을 위한 독립변수 설정 .....	33
표 4.4	정량변수를 이용한 회귀모형 요약 .....	34
표 4.5	정량변수를 이용한 회귀분석 결과(모델1) .....	34
표 4.6	상호작용항을 포함한 회귀분석 결과(모델2) .....	35
표 4.7	더미변수를 이용한 회귀모형 요약결과(단계선택법) .....	36
표 4.8	회귀분석 결과(모델3) .....	37
표 4.9	회귀분석 결과(모델4) .....	38
표 4.10	회귀분석 결과 (모델5, 모델6) .....	40
표 4.11	검증대상 현장 개요 .....	41
표 4.12	회귀모델 검증 결과 .....	42

## 그 립 목 차

그림 1.1 연구의 절차 .....	4
그림 2.1 해체공사 작업 절차 .....	7
그림 2.2 해체공사 공법 .....	8
그림 2.3 해체공사비의 구성 .....	10
그림 3.1 E/V유무 상자도표 .....	21
그림 3.2 입면형상 및 평면형상 상자도표 .....	22
그림 3.3 구조형식 상자도표 .....	24
그림 3.4 혼합폐기물 상자도표 .....	25
그림 3.5 종속변수 분포(히스토그램) .....	26
그림 4.1 경과년도-공사비간 산점도 .....	32

## ABSTRACT

### Development of Cost Prediction Model for Building Demolition Work

Kim, Young Hyun

Advisor : Prof. Kim, Taehoon, Ph.D.

Department of Architectural Engineering

Graduate School of Chosun University

.....  
.....  
Considering rapid increase of the scale and the number of building demolition, proper cost prediction on the demolition work will become more important. However, the existing estimation methods based on the standard quantities per unit or experts' experience have the limitations in terms of the accuracy and reliability.

Thus, this study proposed a cost prediction model for building demolition work by using multiple regression analysis technique based on the historical data. In order to achieve the purpose of the research, 27 historical data were collected from the experts survey. The contents of the survey include the information of actual construction costs and 13 factors affecting the cost fluctuation of each demolition site. Based on the collected information, 6 regression models using quantitative and/or qualitative factors were constructed and verified.

As a result, the regression models showed the average error rates of from about 6% to 43%. Of these models, model 5 using both quantitative and qualitative variables and model 6 using various qualitative variables showed relatively low error rates that may be acceptable as a predictive model. Other models can also be utilized for approximate estimation on the early stages of the project.

The proposed models can provide more accurate and reliable prediction results compared to the existing estimation methods as well as are easy to use in practice.

The results of this study can contribute to minimizing the risk by inaccurate cost prediction and proper cost estimation as well as conducting proper cost estimation and related criteria improvement.

# 제 1장 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

국내는 1960~70년대 이후 빠른 경제성장과 함께 상업시설 및 공동주택 등이 대량으로 비슷한 시기에 건설되고 공급되었다. 이 때문에 건축 연한이 비슷한 건물이 많아서 도심지 중·고층 건축물들이 노후화 역시 동시에 진행되어 해체 시점이 도래함에 따라, 최근 그 대상이 저층 건축물에서 중·고층 건축물로 확대되고 있다(주택공사, 2012). 그 뿐만 아니라 주거용 및 상업용 건축 부지의 부족으로 수도권외의 그린벨트를 해제하고 토지 용도 변경을 통해 부지를 확보하고 있지만 임대사업자의 증가와 주거 및 상업용 건물의 지속적 수요를 고려할 때 향후 건축에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다(장수경, 2014). 따라서 우리나라의 경우 수요는 많고 공급은 적은 환경에서 노후화되거나 경제성을 상실한 건축물의 해체를 통해 부지를 확보하게 될 것이다.

국내의 경우, 해체공사는 1980년대에 건축 시장에서 비중이 작은 부분이었으나 대부분 재래식 공법에 따라 공사를 진행하고 있었다. 그러나 1990년대 초반에 건축물의 노후화로 인한 도시재개발과 재건축 등으로 국내 해체산업이 활발하게 형성되기 시작하여 2000년대에는 연간 공사비용이 약 1조 원에 이르도록 급증하였다(배용복, 2017). 그리고 향후 해체시장 규모는 리모델링 사업 및 노후화된 해체 대상구조물의 현황을 고려할 때 10년 후에는 약 2.3배, 20년 후에는 약 6배까지 커질 것으로 예측되어 그 중요성이 급부상하고 있다(배용복, 2017).

그러나 해체산업의 급속한 성장세와는 달리 해체공사비 관련 연구는 이에 비해 부족한 실정이다. 해체공사 연구는 “해체공법”, “안전관리 개선방안”, “해체공사의 생산성 향상”, “건설폐기물의 재활용”과 같은 시공관리 측면의 연구 위주로 진행되어 왔으며, 제도적 측면으로는 “기술자격제도 도입 방안”과 같은 관련 제도 개선을 위한 연구가 진행되었다(백병구, 2014). 반면, 해체공사비 관련 연구는 주거환경개선산업이 활성화된 1990년대 중반 이후부터 공사비 산정기준의 필요성이 대두되면서 시작되었다. 이는 해체공사가 전문업종으로 건설업에서 매출 비중(일반 건축공사비의 1/30~1/40 정도)이 상대적으로 작을 뿐 아니라, 전문업체 대부분이 장비 위주로 시공하는 영세한 업체들로서 해체공사 관련 기준을 스스로 정비할만한 여력이 없으며, 민간업체의 경우 해체

공사비를 비교 견적에 의한 최저가 입찰방식을 적용하고 있으므로 관공사와 같은 명확한 기준을 정립할 필요성이 크지 않았기 때문이다(김효진 외, 2014).

적정 해체공사비 산정을 위한 기존 연구는 대부분 표준품셈에 기초한 산정 기준을 제안하는데 초점을 두고 수행되어왔다. 하지만, 표준품셈은 해당 공사현장의 특성에 따른 공사비 변동을 적절히 반영하기 어려울 뿐 아니라, 관련 기준의 정비가 여전히 미비하여 이를 활용한 해체공사비 산정은 한계를 지닌다. 또한, 업체간 비교견적 및 실적공사비를 이용한 공사비 산정은 해체공사를 수행하는 업체간 기술력의 편차가 크고 유사공사의 데이터 축적이 상대적으로 미비하여 정확도와 신뢰성 확보에 어려움이 있다. 따라서, 현재 해체대상 건축물의 규모 및 도심지 공사 증가를 고려할 때 공사비 변동에 주요하게 영향을 미치는 다양한 물리적·환경적 요인들을 토대로 보다 신뢰성 및 정확도를 향상시킬 수 있는 해체공사비 예측 방법의 마련이 요구된다 할 수 있다.

이에 본 연구는 기존의 실적자료를 바탕으로 대상 건축물 및 현장의 물리적·환경적 속성을 반영한 해체공사비 예측 모델을 제시하고자 한다. 이를 통해 신뢰성 높고 실용적인 공사비 예측 방법을 제공함으로써, 국내 해체공사의 적정 공사비 산정 및 관련 기준 정비에 기여하고자 한다. 본 연구 결과는 발주자에게 사업 초기 및 기획 단계에서의 공사비 예측에 따른 위험을 최소화하고, 적정 예산 책정에 유용하게 활용될 수 있을 것이며, 이러한 효과는 발주자뿐 아니라 해체업체에도 적용될 수 있을 것이다.

## 1.2 연구의 범위 및 절차

본 연구에서는 실적공사비와 건축물의 물리적, 환경적 분석을 통하여 해체공사비를 예측하기 위한 모델을 제시하고, 변동에 영향을 미치는 중요요인을 파악해 보고자 하였다. 본 연구의 범위는 ‘건축물의 속성’과 ‘공사비의 분류 측면’으로 규정하였다. 먼저 ‘건축물의 속성’ 측면에서는 대형장비를 사용한 압쇄파쇄공법 적용 현장으로 한정하고, 이러한 대상에 적합한 철근콘크리트(RC)조 및 철골철근콘크리트(SRC) 구조형식을 가진 현장만을 포함하였다. 대형장비란 한국건설기술연구원에서 발행한 ‘2018 건설공사 표준품셈’ 건축 부문 제18장 (해체·철거공사)에 명시된 기준을 따른다. 여기에 속하는 조합 장비는 ‘대형브레이커 + 굴삭기 0.6~0.8m’과 ‘압쇄기(Pulverizer) + 굴삭기 1.0m’가 해당된다(한국건설기술연구원, 2017). 소음과 파쇄효율을 고려하여 개선된 압쇄장비가 보편화되면서, 1990년대 중반 이후부터 현재까지 해체공사의 약 95% 정도가 압쇄파쇄 공법을 적용하고 있다(한국건설교통기술평가원, 2006).

공사비 측면에서의 연구범위는 현장 및 건축물의 속성에 의해 크게 좌우되며, 해체공사비에서 가장 큰 비중을 차지하는 직접공사비로 제한하였다. 해체공사의 직접공사비는 가설공사비, 석면처리비, 구조물해체비, 폐기물처리비, 고자재환수비를 포함하며, 외주비용인 석면처리비와 이익비용인 고자재환수비를 함께 수집하여 순수공사비(=총 직접공사비-석면처리비+고자재환수비) 산정에 활용할 수 있도록 하였다.

본 연구의 수행 절차와 방법은 다음과 같이 진행하였다.(<그림 1.1> 참조)

- 1) STEP 1은 선행 연구 분석을 통해 건축물 해체공사에 영향을 주는 요인과 하위 변수들을 선정하고 공사비 예측 모델 구축을 위한 이론적 고찰을 한다.
- 2) STEP 2에서는, 설문을 통해 선정된 요인들과 실적공사비 데이터를 수집하고, 기술통계분석 및 상관분석을 통해 영향요인과 공사비 변동간의 관계성을 탐색한다.
- 3) STEP 3에서는, 위의 분석 결과를 토대로 회귀분석을 통해 건축물 해체공사비 예측 모델을 구축하고 성능을 검증함으로써 적정 모델을 제시한다.

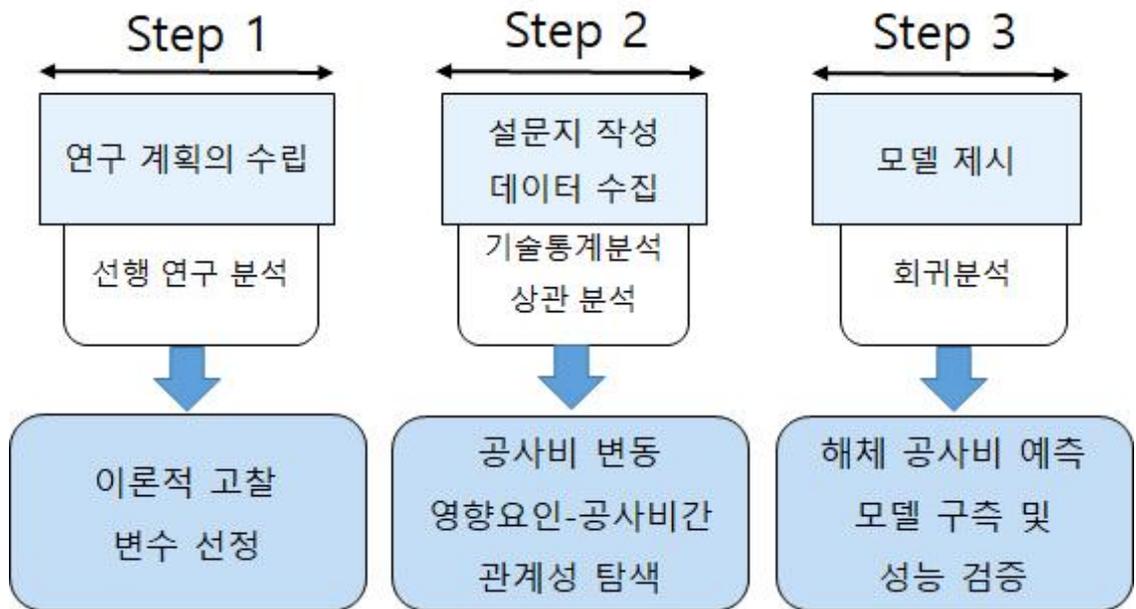


그림 1.1 연구의 절차

## 제 2 장 예비적 고찰

### 2.1 해체공사 절차 및 공법

표준시방서(2016)상 해체공사에는 “구조물의 안정성에 영향을 미치지 않는 범위에서 전면해체 뿐만 아니라 부분해체부분 해체 및 리모델링을 포함하며, 건축물의 보수 및 개수 등을 위한 작업은 포함되지 않는 것”으로 그 범위를 한정하고 있다. 또한, 최근 환경 보전에 대한 인식 및 법령 강화에 따라 해체 시 발생 폐기물의 성상이나 유해폐기물을 분리하여 해체하는 분별 해체공사에 대한 기준 또한 강화됨으로써, 해체공사는 단순 철거가 아닌 순환형 건축을 위한 연결 고리로서 역할이 변화하고 있다(건설교통부, 2006).

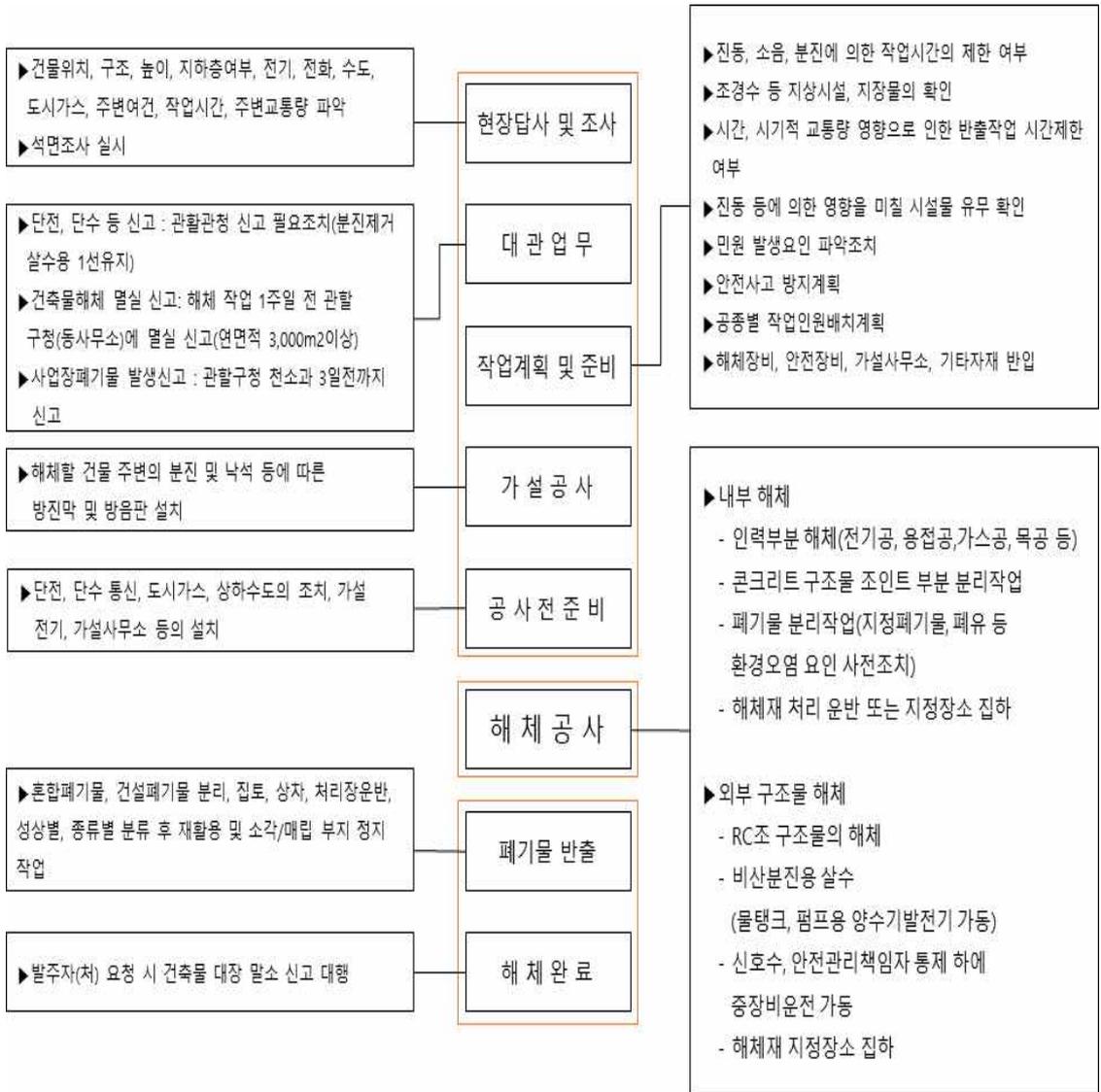
해체공사의 공정절차는 <그림 2.1>과 같이 크게 사전작업, 본 구조물 해체작업, 폐기물처리 및 현장 정리의 총 3단계로 구분할 수 있다(건설교통부, 2004). 첫째, 사전작업 단계에서는 공사 여건 및 주변 민원 발생 가능성 등의 사전 조사를 통해 적용 공법 및 공기 선정, 가 시설계획 등 공사계획을 수립 후, 공사에 필요한 사전신고 및 인허가를 진행하게 된다. 건설 폐기물처리 및 환경법 등이 자주 바뀌며 강화됨에 따라 원활한 공사 진행을 위해 적용 공법 및 현장 여건에 따라 필요한 사전신고 및 인허가 사항에 대한 면밀한 검토 및 이행이 요구된다. 이후 본 구조물의 해체를 위한 가설공사 및 내부수장재 철거 공사를 수행하게 된다. 다음으로 본 구조물 해체작업은 계획된 해체 공법 및 장비에 의한 지상과 지하 구조물 해체, 해체 부재 내 폐콘크리트 소할 및 철근 정리작업, 분진 발생 억제를 위한 살수 작업을 포함한다. 마지막으로 구조물 해체와 동시에 고재 및 폐기물의 반출을 통한 폐기물 처리작업을 진행하게 되며, 설치된 가설재의 해체 및 현장 정리를 수행 후 행정관서에 건축물 멸실 완료 등기 및 관련 환경 관련 부서에 폐기물 처리비용을 납부하거나 처리 결과를 보고하여 관련 부처의 인허가를 받아 공사를 종료한다.

해체공법은 해체대상물의 구조, 형태, 해체범위 등에 따라 단독 또는 여러 종류의 공법을 조합한 형태로 적용될 수 있으며, 표준시방서(국토교통부, 2016)에서는 <그림 2.2>에서와 같이 크게 6가지로 구분하여 제시하고 있다. 기계력에 의한 공법 중 강구 또는 브레커에 의한 공법은 타격에 의한 해체 방법으로 작업성이 우수한 반면, 소음

및 분진 발생이 커 최근 사용이 제한되고 있다. 한편, 절단기 또는 다이아몬드 와이어 소를 이용한 절단공법은 보조적인 수단으로 국부적인 해체작업에 주로 활용된다(한국 토지주택공사, 2012).

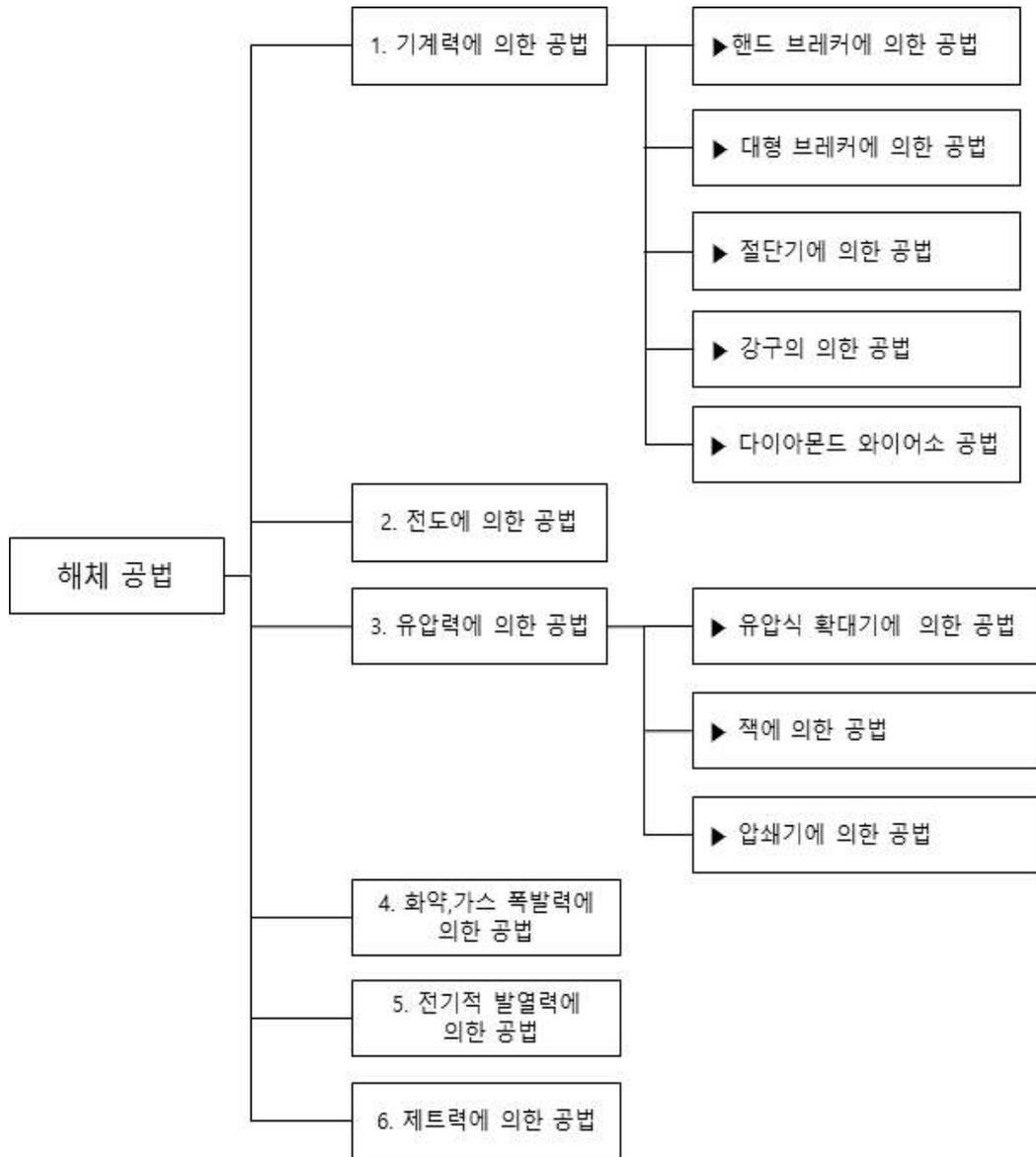
또한, 유압력에 의한 공법 중 압쇄공법은 압쇄기 안에 해상대상 구조물을 넣고 유압력으로 압쇄하는 공법으로, 상대적으로 다양한 특성의 구조물에 폭넓게 적용가능하며 작업성이 좋고, 소음 및 진동발생이 적어 현재까지 주된 해체공법으로 사용되고 있는 실정이다(이은학, 2016). 이외에 폭발에 의한 공법은 공기가 짧으며 소음, 진동, 분진발생이 순간적이나 국내와 같은 저층건물 위주의 해체공사에는 경제성이 떨어져 적용 사례가 적다(김가람 외, 2009). 아울러 관계 기관의 인허가뿐 아니라 소방서, 경찰서에 신고 및 허가를 받아야 하는 사항이 많아 제약이 비교적 크다 할 수 있다.

그림 2.1 해체공사 작업 절차1)



1) 배영복. "구조물 해체공사의 재해예방 제도개선을 위한 실증적 연구." 국내박사학위논문 명지대학교 대학원, 2017. 서울

그림 2.2 해체공사 공법 2)



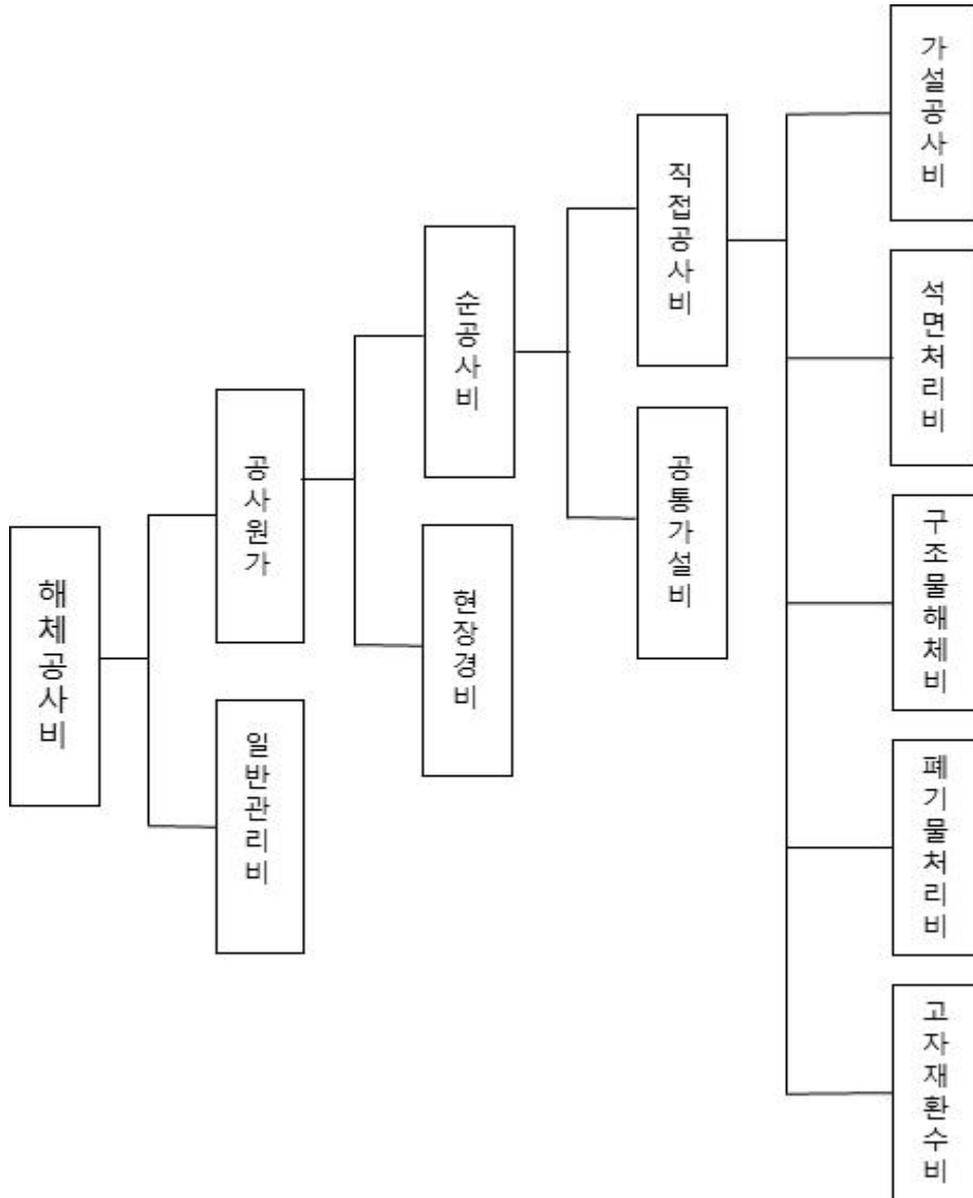
2) 건설교통부, “공동주택 철거잔재의 활용성 향상을 위한 해체기술 및 시스템 개발”, (2004), p.9-11

## 2.2 해체공사비 구성 및 산정 한계

해체공사비는 <그림 2.3>과 같이 구성되며(한국건설기술연구원, 2009), 직접공사비의 구성에 있어 해체공사의 절차에 따라 크게 가설공사비, 석면처리비, 구조물해체비, 폐기물처리비, 고자재환수비로 나누어진다. (1) 가설공사비: 공통가설비를 제외한 비계 등의 가설 시설물 설치 및 해체비, 구조물 해체시 구조적 안전성 확보를 위한 구조체 보강 비용, (2) 석면처리비: 석면해체비, 유해성 검사 및 비산농도 측정을 위한 위탁처리비, (3) 구조물해체비: 구조체 해체 및 철근 분리를 위한 비용, 살수작업 비용, (4) 폐기물처리비: 해체 폐기물의 집토 및 상차비용, (5) 고자재환수비: 유가물 매각 비용. 이 중 석면처리작업은 주로 전문업체의 외주를 통해 발주되며, 고자재환수비는 유가물의 매각을 통해 발생하는 수입으로 전체 직접공사비에서 공제하므로, 해체공사를 수행하는 업체의 순수공사비는 총 직접공사비에서 석면처리비는 제외하고 고자재환수비는 포함한 비용으로 산정될 수 있다.

공사 예정가격 산정에 있어 건축물의 신축공사는 기존 유사 공사의 실적공사비 또는 표준품셈에 제시된 산정기준을 활용하여 비교적 정확하고 객관적인 산정이 가능한 반면, 해체공사는 이러한 기준이나 방법이 체계화되어있지 못한 실정이다(박성식 외, 2011). 우선 해체공사를 수행하는 국내 업체의 규모가 여전히 대부분 영세하며, 아직까지 국내 건축물의 해체공사가 상당수 저층 건축물을 대상으로 수행됨에 따라 정립된 내역체계 및 신뢰성 높은 실적데이터를 보유한 업체가 많지 않은 실정이다. 또한 해체공사 관련 국내 표준품셈은 제시된 항목 및 기준이 매우 제한적임에 따라(남욱진, 2013), 이를 기초로 다양한 해체대상물의 특성 및 현장 조건을 반영한 정확하고 신뢰성 높은 공사비를 산정하기에 한계가 있다.

그림 2.3 해체공사비의 구성<sup>3)</sup>



3) 한국건설기술연구원, “건설폐기물 분별해체 시스템 구축 및 적정공사비용 산정 연구”, (2009)

## 2.3 선행 연구 고찰

국내 해체공사 관련 연구는 주로 2000년대 이후 본격적으로 수행되어 왔으며, 크게 (1) 해체공법 분석 및 적정 공법 선정, (2) 해체폐기물의 물량 산정 및 폐기물 관리방안, (3) 해체공사비 산정기준 및 방법에 관한 연구들이 진행되었다. 이 중 본 연구에서는 연구 목적을 고려하여 ‘해체공사비 산정기준 및 방법’ 및 ‘건설프로젝트의 공사비 예측’ 관련 연구를 중심으로 선행연구를 고찰하고 이를 통해 본 연구의 방향을 제시하고자 한다.

우선, 국내 ‘해체공사비 산정기준 및 방법’ 관련 연구는 주로 미흡한 표준품셈 기준을 보완하기 위한 연구 위주로 수행되었다. 성낙원, 김영석(2004)은 도로공사를 대상으로 구조물 해체공사를 위한 기존 표준품셈 내 비율단가 적용방식의 문제점을 지적하고, 실적 데이터와의 비교를 통해 적정성을 검증하였다. 한국건설기술연구원(2009)에서는 구조물 종류에 따라 분별해체공사의 원단위 산정 및 이와 관련된 표준품셈(안)을 제시하였다. 박성석 외 2인(2011)의 연구에서는 다가구임대주택 대한 해체공사를 대상으로 보다 신뢰성 높은 예정가격 산정을 위한 원가계산체계를 제시하였다. 김호진 외 3인(2014)은 분별해체 및 발파해체공종을 대상으로 실적 데이터에 기초하여 공사비 산정을 위한 일위대가 기준을 도출하였다. 이처럼 다수의 연구들이 해체공사비 산정에 있어 국내 표준품셈의 항목과 기준의 한계를 지적하고 이를 개선하기 위한 방안을 제안하였으나, 보편적이고 공통적인 작업, 공법을 대상으로 이루어지는 표준품셈의 특성상 여전히 관련 개정사항이 미미하며, 다양한 해체 대상 건축물의 특성 및 현장 여건을 반영한 보다 정확한 공사비 산정에 어려움이 존재한다(신동욱, 2018).

이러한 배경에서 신동욱(2018)의 연구에서는 도심지 해체공사 증가 및 해체 대상 건축물의 형태와 규모의 다양화에 따라 건축물의 물리적 속성(10개 요인)과 현장의 환경적 속성(4개 요인)에 의한 해체공사비 변동 영향정도를 분석하고, 실적 데이터를 토대로 관계성을 확인하였다. 해당 연구는 기존 연구와 달리 해체 대상물의 물리적 특성뿐 아니라 공사비 영향이 큰 현장 조건들에 대한 공사비 영향정도를 파악하고 검증함으로써, 이를 바탕으로 향후 보다 정확하고 적정한 해체공사비 산정을 위한 기초를 제시하였다는 데 의의를 갖는다. 이에 본 연구에서는 신동욱(2018)에서 제시된 영향요인과 실행내역에 대한 현장 데이터를 수집하고, 이를 토대로 해체공사비 예측 모델을 제시하고자 한다.

본 연구 목적의 달성을 위하여 기존 ‘건축공사비 예측’ 관련 문헌 고찰을 수행하였다. <표 2.1>에 나타난 바와 같이 건설프로젝트의 공사비 예측 관련 연구는 주거시설, 교육시설, 유통시설, 도로 등 다양한 유형의 시설물을 대상으로 초기 공사비를 보다 정확히 예측하기 위한 모델을 제시하는 연구들이 주로 진행되어 왔다. 이를 위해 적용된 기법은 통계적인 기법인 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis; MRA), 인간의 학습 원리를 모방하여 개발된 인공신경망(Artificial Neural Network; ANN), 유사 과거 사례에 기반한 사례기반추론(Case-Based Reasoning; CBR)이 주로 활용되었다. 이 중 ANN은 학습을 통해 오차를 줄여나가며 이를 통해 입력변수가 불완전한 경우에도 해석이 가능한 반면, 추론과정에 대한 설명이 부족한 일종의 블랙박스인 점이 한계라 할 수 있다(Hegazy and Moselhi, 1994). CBR은 유사사례의 추출을 통해 예측을 수행하므로 과정에 대한 이해가 쉽고 결과의 신뢰도를 향상시킬 수 있으나, 새로운 유형의 문제에 대해서는 적절한 결과를 제시하는 데 한계가 있다. 통계적 기법인 MRA는 보다 전통적인 코스트 모델링(cost modeling) 기법이나, 연구에 따라 ANN이나 CBR에 비해 더 높은 예측 정확도를 나타내며 모델 구축 후 별도 시스템의 지원이 필요치 않아 실무 적용에 있어 용이한 장점을 지닌다. 이에 본 연구에서는 수집한 실적 데이터를 바탕으로 다중회귀분석을 이용한 해체공사비 예측 모델을 구축하고자 한다.

표 2.1 공사비 예측 모델 관련 연구

저자 (년도)	연구 제목	적용기법		
		MRA	ANN	CBR
김광희 외 2인 (2004)	공동주택 공사비 예측 정확도 비교에 관한 연구	●	●	●
안성훈, 강경인 (2005)	공동주택의 지하주차장 공사비 예측 모델에 관한 연구	●		
김청용, 손재호 (2006)	교육시설의 개념단계 공사비예측을 위한 인공신경망모델 개발에 관한 연구		●	
서영교 (2009)	실적공사비 분석을 통한 기획 및 설계단계 공사비 예측 모델 연구: 대형 유통시설물을 중심으로	●		
박문서 외 4인 (2010)	사례기반추론을 이용한 초기단계 공사비 예측방법: 속성 가중치 산정을 중심으로			●
김진원 외 3인 (2011)	회귀분석을 이용한 교육시설의 공간계획에 따른 공사비 예측 모델에 관한 연구	●		
한형동 외 3인 (2011)	인공신경망을 적용한 기획단계의 도로건설 공사비 예측 모델		●	
지성민 외 2인 (2012)	정성변수를 고려한 공공아파트 기획단계 공사비 예측모델	●		

## 제 3 장 해체공사 실적데이터 수집 및 분석

### 3.1 데이터 수집

본 장에서는 해체공사비 예측 모델 구축을 위한 실적데이터를 수집하고, 수집된 자료의 기초 분석을 수행하였다. 신동욱(2018)의 연구에서 제시된 요인 및 방법에 기초하여 설문지를 작성하였다(표 3.1). 조사대상은 대형장비를 사용한 압쇄파쇄공법 적용 현장으로 한정하고, 이러한 대상에 적합한 철근콘크리트(RC)조 및 철골철근콘크리트(SRC) 구조형식을 가진 현장만을 포함하였다. 공사비는 해당 현장의 실적공사비를 기준으로 하였으며, 외주비용인 석면처리비와 이익비용인 고자재환수비를 함께 수집하여 순수공사비(=총공사비-석면처리비+고자재환수비) 산정에 활용할 수 있도록 하였다.

작성된 설문지는 2020년 9월~10월에 걸쳐 해체업체 실무자 방문 및 전자우편을 통해 배포 및 회수를 진행하였다. 그 결과 구조물 해체공사 분야 5개 업체에서 12개 현장 데이터를 수집하였으며, 신동욱(2018)에서 조사된 데이터를 포함하여 총 27개 데이터를 모델 구축 및 검증에 활용하였다. 수집된 데이터를 통해 산정된 순수공사비는 공사시기의 차이에 따른 물가변동을 반영하기 위하여 건설공사비지수를 적용하여 보정하였다. 본 연구에서는 2015년을 기준년도로 하여 <표 3.2>와 같이 해당 연도별 건설공사비지수를 적용하였다. <표 3.3>은 현장별 수집된 공사비 정보 및 공사비지수를 반영하여 보정한 순수공사비를 나타낸 것이다.

항목별 수집 형태는 신동욱(2018)의 설문지를 토대로 다음과 같이 결정하였다. 먼저 물리적 속성의 ‘층수’에 관해서는 지하층과 지상층을 장비의 투입과 가설 부재 편차의 이유로 분리하여 자료를 수집했고, ‘엘리베이터의 유무’는 내장재와 석면 양중 단계에서 인력작업이 주가 되므로 사용 가능 여부로 판단하였다. ‘연면적’에 대해서는 ‘기준층 바닥면적’을 장비 운용과 인력의 효율성을 판단하여 구분하였다. 추가적인 요인으로써 ‘경과 년도’가 오래될수록 안전 시설물의 설치비용 및 해체 비용이 증가하고 구조물의 부재가 불안정한 상태가 예상될 때는 시공 전에 구조검토를 시행해야 하므로 고려해야 할 사항으로 파악되었다. ‘구조형식’의 경우, 일반적인 철근콘크리트구조(RC) 및 철골철근콘크리트(SRC)로 영향요인을 도출했다. 강구조(S조)의 형식은 특성상 대규모 해체공사사례가 거의 없었고, 조적조와 목구조 형식은 대부분 3층 이하의 소규모공사로 진

행되어 해체공사비의 편차가 작아 영향도 요인에서 제외하였다. 이에 벽식RC조, 라멘 RC조, SRC 조로 구분 지었다.

환경적 속성으로 ‘혼합폐기물의 발생량’ 항목은 주요영향요인 중 ‘구조부재의 종류’와 ‘분별 해체 유/무’를 통합하여 총 폐기물 중 혼합폐기물 비율을 2% 미만, 2% 이상~5% 미만, 5% 이상으로 수집했다. 건축물의 ‘건물 평면 형상’ 항목은 대상 건물 기준층을 정방형, 장방형, 비정형 3가지로 구분하였다. ‘건물 입면 형상’ 및 ‘야적공간 여유’는 각각 외부 비계 설치의 용이성과 해체폐기물의 반출 용이성을 상·중·하의 구분하여 자료를 수집하였다. 여기서 말하는 상은 해당 항목에 대한 쉬움(용이), 중은 보통, 하는 어려움(난해)을 나타낸다(신동욱, 2018). 마지막으로 ‘현장 위치’ 항목은 도심지의 교통정체 및 불필요한 대기시간과 민원 발생 정도를 평가하기 위해 높음, 보통, 낮음으로 기준을 제시하였다. 현장의 해체공사비 분류 측면에서는 석면 처리비, 고자재환수비, 총 직접공사비로 제한하였다. 해당 현장의 실적공사비를 기준으로 하였으며, 외주비용인 석면 처리비와 이익 비용인 고자재환수비를 함께 수집하여 순수공사비(=총 직접공사비-석면 처리비+고자재환수비) 산정에 활용할 수 있도록 하였다.

수집된 27개의 현장별 총공사비에 영향을 미치는 중요요인과 공사비 변동의 비교 분석을 수행하였으며, 최종 수집된 27개 현장 정보는 <표 3.4>과 같다.

표 3.1 건축물 해체공사 현장 데이터 수집 개요 (신동욱, 2018)

No.	속 성	정 의	수집 형식
1	지상 해체 층수	대상 건물의 지상 해체 층수	층수
2	지하 해체 층수	대상 건물의 지하 해체 층수	층수
3	E/V 유무	건물 내 엘리베이터의 유무	유/무
4	연면적	대상 건물의 전체 연면적	m <sup>2</sup>
5	기준층 바닥면적	대상 건물의 기준층 1개 층 바닥면적	m <sup>2</sup>
6	경과 년도	대상 건물의 준공 후 경과 년도	년수
7	구조형식	대상 건물의 구조형식	① RC조-벽식 ② RC조-라멘 ③ SRC조
8	혼합폐기물 발생량	전체폐기물 중 혼합폐기물의 비율	① 2%미만 ② 2%~5%미만 ③ 5%이상
9	건물 평면 형상	대상 건물의 기준층 평면 형상	① 정방형 ② 장방형 ③ 비정형
10	건물 입면 형상	외부 비계 설치 용이성 (시공성)	① 상(용이) ② 중(보통) ③ 하(난해)
11	야적 공간 여유	해체 현장 내 폐기물 야적공간의 여유 정도	① 상(용이) ② 중(보통) ③ 하(난해)
12	주변 교통 여건	해체 폐기물 반출 용이성	① 상(용이) ② 중(보통) ③ 하(난해)
13	현장 위치	해체공사 진행 시 주변 민원 발생 정도 (가능성)	① 높음 ② 보통 ③ 낮음
14	석면 처리비	해당 해체공사 현장의 석면 처리비	원(₩)
15	고자재환수비	해당 해체공사 현장의 고자재환수비	원(₩)
16	총공사비	총 해체공사 투입비 (석면처리비, 고자재환수비 포함)	원(₩)

표 3.2 연도별 건설공사비지수

년 도	공사비지수
2020	117.97
2019	115.83
2018	111.37
2017	106.73
2016	102.52
2015	100
2014	98.69
2013	96.63
2012	94.53
2011	91.42
2008	80.33
2007	71.39
2006	69.77

표 3.3 해체공사 현장 실적공사비 정보

(단위: 천원)

구분	C1	C2	C3	C4 (=C3-C1+C2)	C5 (=C4×공사비지수)
	석면처리비	고자재환수비	총공사비	순수공사비	보정공사비
S1	0	20,000	130,000	150,000	16,705,500
S2	6,030	20,000	100,000	113,970	12,692,838
S3	3,000	10,800	92,200	100,000	11,137,000
S4	153,000	407,000	1,090,000	1,344,000	143,445,120
S5	0	10,000	48,700	58,700	6,265,051
S6	5,000	9,000	126,000	130,000	13,874,900
S7	65,000	100,000	420,000	455,000	50,673,350
S8	43,000	350,000	2,483,425	2,790,425	310,769,682
S9	212,210	521,320	1,629,540	1,938,650	206,912,114
S10	0	200,000	1,400,000	1,600,000	170,768,000
S11	12,000	350,000	1,215,000	1,553,000	155,300,000
S12	117,000	100,000	566,000	549,000	54,900,000
S13	10,000	130,000	787,000	907,000	92,985,640
S14	57,000	800,000	3,603,000	4,346,000	484,014,020
S15	1,500	8,000	57,000	63,500	6,136,005
S16	240,000	140,000	1,302,000	1,202,000	139,227,660
S17	73,000	80,000	800,000	807,000	93,474,821
S18		300,000	110,000	410,000	38,757,300
S19	37,000	11,000	80,000	54,000	3,767,580
S20	15,000	28,000	340,000	353,000	28,356,490
S21	12,000	30,000	170,000	188,000	18,553,720
S22	13,000	9,600	190,000	186,600	13,321,374
S23	19,733	934	36,070	17,271	1,578,933
S24	0	37,915	40,034	77,950	7,368,653
S25	180,000	624,000	1,256,000	1,700,000	200,549,000
S26	80,000	74,000	620,000	614,000	6,8381,180
S27	3,500	1,000	5,000	2,500	289,575

표 3.4 해체공사 현장정보

구분	물리적 속성 정보										환경적 속성 정보			용도	공사완료시기 (년.월)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	E1	E2	E3		
	지상 층수	지하 층수	E/V 유무	연면적 (㎡)	기준층 (㎡)	경과 년도	구조 형식	혼합 폐기물	평면 형상	입면 형상	야적공간 여유	주변 교통 여건	현장 위치		
S1	5	0	무	991	194	10	RC-라멘	2-5%	정방형	중	중	중	높음	상업시설	2018.02
S2	4	1	무	2,103.32	629.74	42	RC-벽식	2-5%	장방형	중	중	하	높음	복합시설	2018.09
S3	2	1	무	1,500	1,000	10	RC-벽식	2%미만	정방형	중	중	중	높음	상업시설	2018.06
S4	10	2	유	10,592	780	33	RC-라멘	5%이상	장방형	하	중	중	높음	복합시설	2017.03
S5	5	1	유	887.69	118	-	SRC	2-5%	정방형	중	하	중	보통	상업시설	2017.08
S6	1	1	무	1,100	550	32	RC-라멘	2-5%	장방형	하	중	상	보통	기타	2017.12
S7	5	2	유	6,673	1,087	28	RC-라멘	5%이상	장방형	중	중	중	높음	복합시설	2018.08
S8	9	1	유	57,657	825	20	RC-라멘	5%이상	장방형	상	하	하	높음	복합시설	2018.05
S9	22	3	유	60,820	2432	31	SRC	-	정방형	상	상	중	높음	사무시설	2017.01
S10	5	1	유	60,187	10,114	10	RC-라멘	5%이상	장방형	상	하	중	높음	사무시설	2017.01
S11	10	1	유	31,580	962	32	RC-벽식	5%이상	장방형	상	중	중	보통	주거시설	2015.12
S12	2	1	무	14,416	298	32	RC-벽식	5%이상	정방형	중	상	중	보통	복합시설	2015.08
S13	10	2	유	11,905	755	37	RC-벽식	5%이상	정방형	중	하	하	보통	사무시설	2016.11
S14	12	1	유	60,323	4,416	33	RC-벽식	5%이상	장방형	상	상	상	낮음	주거시설	2018.07
S15	4	1	무	1,000	250	20	SRC	5%이상	비정형	중	중	하	보통	기타	2013.10
S16	5	1	유	25,410.30	4,503.81	25	RC-벽식	2%미만	장방형	상	중	상	높음	상업시설	2019.11
S17	11	1	유	6,421	642	25	RC-벽식	2%미만	장방형	상	하	하	높음	사무시설	2019.09
S18	10	2	유	12,681	1,268	25	RC-벽식	2%미만	정방형	상	하	하	높음	사무시설	2012.06
S19	5	2	유	3,602	720	20	RC-벽식	2%미만	장방형	중	중	중	높음	사무시설	2006.10
S20	5	1	유	1,946	389	25	RC-벽식	2%미만	정방형	중	상	상	높음	상업시설	2008.01
S21	6	1	유	4,058	676	25	RC-벽식	2%미만	장방형	중	하	하	높음	상업시설	2014.09
S22	5	1	유	3,221	644	25	RC-라멘	2%이상	정방형	중	하	하	높음	사무시설	2007.07
S23	1	0	무	725	725	25	RC-벽식	2%미만	장방형	중	중	상	보통	상업시설	2011.06
S24	1	0	무	1543	543	26	RC-벽식	2%미만	장방형	중	중	상	중	상업시설	2012.11
S25	12	2	유	33,000	2,750	20	SRC	5%이상	장방형	하	하	하	높음	기타	2020.11
S26	7	1	유	9,900	1,250	30	RC-라멘	5%이상	장방형	중	중	중	높음	복합시설	2018.07
S27	2	0	무	378	233	50	RC-벽식	2%미만	장방형	중	중	중	높음	복합시설	2019.11

## 3.2 실적 데이터 분석

### 3.2.1 가설공사 단위공사비 분석

본 절에서는 앞서 수집한 영향 요인에 따른 공사비의 변동에 대한 비교 분석을 수행하였다. 분석의 범위는 <그림 2.1>과 같이 해체공사 공정절차 3단계인 사전작업(가설공사), 본 구조물 해체작업, 폐기물처리로 구분하였다. <표 3.5>는 사전작업단계에서 각 평가 기준에 해당하는 현장들을 단위공사비에 대하여 기술통계분석을 통해 나타낸 것으로, 추가로 상자 도표를 활용하여 <표 3.5>을 분석하였다.

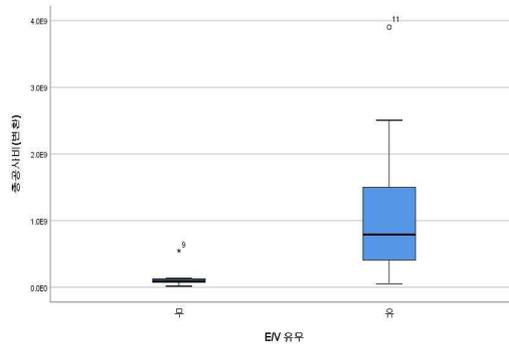
표 3.5 사전작업 영향요인 평가 기준별 단위공사비

(단위: 천원/m<sup>3</sup>)

구분	평가 기준	기술통계분석			
		평균	표준편차	최대값	최소값
현장 위치	낮음	-	-	-	-
	보통	416,321	55,2741	1,553,000	18,892
	높음	761,465	715,510	2,505,544	77,397
E/V 유무	무	145,585	166,830	549,000	18,892
	유	1,056,283	980,816	3,902,307	54,998
건물 입면 형태	상(용이)	1,680,566	1,109,710	3,902,307	433,724
	중(보통)	260,743	252,138	884,705	18,892
	하(난해)	940,699	252,138	884,705	18,892
건물 평면 형태	정방형	518,236	552,842	1,816,405	54,998
	장방형	965,496	1,065,212	3,902,307	18,892
	비정형	-	-	-	-

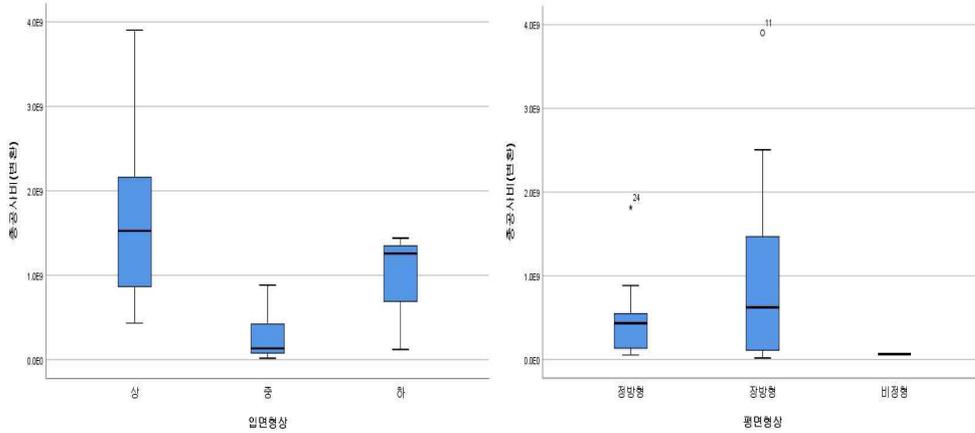
‘현장위치’ 항목은 민원 발생 정도(가능성)를 평가하는 항목으로 ‘높음’일 때 평균 761,4천원/m<sup>3</sup> ‘보통’일 때 평균 416,321천원/m<sup>3</sup>으로 나타났으며, ‘낮음’으로 평가된 현장은 없었다. 민원저감과 현장 주변 안전 확보를 위하여 민원 발생 정도(가능성)가 높을수록 단위공사비가 높게 나타났으나, 수집된 데이터가 ‘높음’에 치중되어 있으므로 추후 추가 데이터를 통해 확인이 필요하다.

그림 3.1 엘리베이터 유/무 상자 도표



‘엘리베이터 유/무’ 항목은 ‘무’ 일 때 단위공사비 평균 145,585원/m<sup>2</sup>, ‘유’일 때 1,056,283원/m<sup>2</sup>로 ‘유’일 때 매우 높게 나타났다. <그림 3.1>의 상자 도표로 추가 분석한 결과 엘리베이터가 존재하지 않는 현장이 존재하는 현장보다 단위공사비가 상대적으로 낮게 분석되었다. 이러한 차이는 엘리베이터가 존재하는 현장의 지상 층수가 1~22층으로 평균(6.5층) 이상인 현장이 10건으로 확인되었다. 엘리베이터가 존재하지 않은 현장들의 기존 용도를 살펴보면 상업 및 복합시설로 지상 층수가 많지 않은 시설들로 5층을 초과하는 현장은 없었다. 이를 통해 엘리베이터가 존재하는 현장은 지상 층수가 5층 이상인 현장들로 단위공사비에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

그림 3.2 입면 형상 및 평면 형상 상자 도표



‘입면 형상’ 요인은 건물 외부의 비계 설치 시공의 용이성을 평가하기 위한 요인으로 ‘상(쉬움)’으로 평가된 현장들의 단위공사비 평균은 1,680,566원/m<sup>2</sup>, ‘중(보통)’은 260,743원/m<sup>2</sup>, ‘하(난해)’는 940,699원/m<sup>2</sup>로 단위공사비는 ‘상(쉬움)’이 가장 높았지만, ‘중(보통)’과 ‘하(난해)’의 표준편차와 최소 최댓값이 같을 때 ‘하(난해)’의 단위공사비 평균이 약 3.6배 정도 높은 것을 확인할 수 있었다. ‘평면 형상’ 요인은 대상 건물 기준층의 평면에 따라 장비의 이동과 작업능률에 영향을 주는 요인으로 정방형일 때 518,236원/m<sup>2</sup> 장방형일 때 965,496원/m<sup>2</sup>로 정방형일 때보다 높았다. 하지만 장방형일 때 표준편차의 값이 높은 것으로 확인되어 다른 요인과의 상호관계를 파악해야 할 것으로 판단했다 (그림 3.2).

### 3.2.2 본 구조물 해체 단위공사비

<표 3.6>는 본 구조물 해체단계에서 각 평가 기준에 해당하는 현장들을 단위공사비에 대하여 기술통계분석을 통해 나타낸 것으로, 추가로 상자 도표를 활용하여 <표 3.6>을 분석하였다.

표 3.6 본 구조물 해체 영향요인의 평가 기준별 단위공사비

(단위: 천원/m<sup>2</sup>)

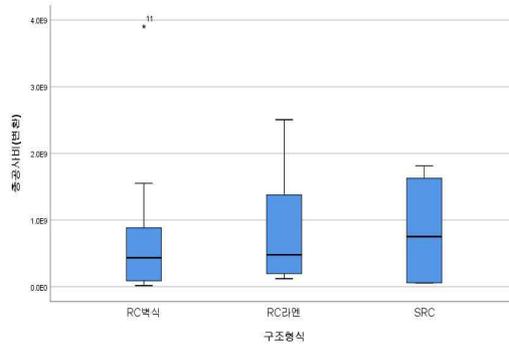
구분	평가 기준	기술통계분석			
		평균	표준편차	최대값	최소값
야적 여유 공간	상(용이)	1,676,787	1,609,904	3,902,307	439,437
	중(보통)	423,301	523,198	1,553,000	18,892
	하(난해)	885,301	799,353	2,505,544	54,998
주변 교통 여건	상(용이)	933,771	1,502,558	3,902,307	18,892
	중(보통)	726,682	674,012	1,816,405	54,995
	하(난해)	731,295	799,754	2,505,544	65,714
구조 형식	RC-라멘	842,705	845,301	2,505,544	121,802
	RC-벽식	718,427	101,940	3,902,307	18,892
	SRC	844,540	918,383	1,816,405	54,998

‘야적공간 여유’ 항목은 직·간접적으로 영향을 미치는 요인으로 해체공사 내 발생하는 폐기물의 야적이 가능한 대지의 여유 정도를 평가하였다. 여유 정도가 ‘상(용이)’으로 평가된 현장은 평균 1,676,787천원/m<sup>2</sup>로 확인되었으며, ‘중(보통)’으로 평가된 현장은 평균 423,301천원/m<sup>2</sup>, ‘하(난해)’로 평가된 현장은 평균 731,295천원/m<sup>2</sup>로 평가 기준별 단위공사비 금액 비교에서 유의미한 값을 찾을 수 없었다.

‘주변 교통 여건’ 항목은 폐기물의 반출 용이성을 판단하는 요인으로 ‘상(용이)’으로 평가된 현장은 평균 933,771천원/m<sup>2</sup>, ‘중(보통)’으로 평가된 현장은 726,682천원/m<sup>2</sup>, ‘하(난해)’는 731,295천원/m<sup>2</sup>로 ‘중(보통)’과 ‘하(난해)’의 차이가 크지 않았다.

본 구조물 해체 ‘구조형식’의 평균 단위공사비는 다음과 같다. ‘RC-라멘’구조 현장의 경우 842,705천원/m<sup>2</sup>, ‘RC-벽식’구조 현장의 경우 718,427천원/m<sup>2</sup>, ‘SRC’구조 현장의 경우 844,540천원/m<sup>2</sup>으로 확인되었다. 하지만 수집된 정보가 RC-벽식구조에 편중되어 있으며 SRC구조 현장은 다섯 곳밖에 없어 비교가 어렵고, <그림 3.3> 상자 도표에서도 RC-라멘구조 현장의 표준편차가 크게 나타난 것을 확인할 수 있다.

**그림 3.3 구조형식 상자 도표**



### 3.2.3 해체 폐기물 처리 단위공사비

<표 3.7>은 해체 폐기물처리 구조물 해체단계에서 각 평가 기준에 해당하는 현장들을 단위공사비에 대하여 기술통계분석을 통해 나타낸 것으로, 추가로 상자 도표를 활용하여 <표 3.7>을 분석하였다.

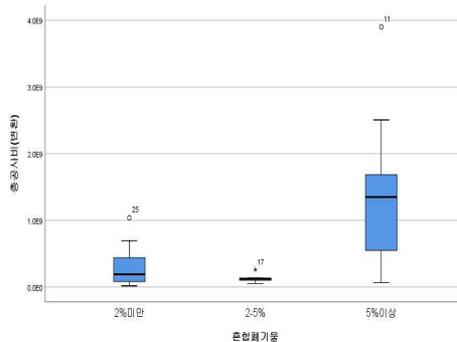
표 3.7 해체 폐기물처리 영향요인의 평가 기준별 단위공사비

(단위: 천원/m<sup>3</sup>)

구분	평가 기준	기술통계분석			
		평균	표준편차	최대값	최소값
혼합폐기물 발생량	2%미만	340,737	345,703	1,037,727	18,892
	2~5%	135,040	76,833	261,381	54,998
	5%이상	1,369,662	1,052,017	3,902,307	65,714

‘혼합폐기물 발생량’ 항목의 평가 기준별 평균 단위공사비는 발생량 ‘2% 미만’인 현장의 경우 340,737천원/m<sup>3</sup>, ‘2~5% 미만’인 현장은 135,040천원/m<sup>3</sup>, ‘5% 이상’인 현장은 1,369,662천원/m<sup>3</sup>로 나타나, 해체폐기물 발생량과 단위공사비의 유의미한 변동 관계는 확인되지 않았다. 그 원인은 ‘2~5%’ 미만에 해당하는 현장이 4곳으로 평가 기준에 대한 단위공사비가 평균값으로서 대표성을 갖기 어렵다고 판단했다(그림 3.4).

그림 3.4 혼합폐기물 상자 도표

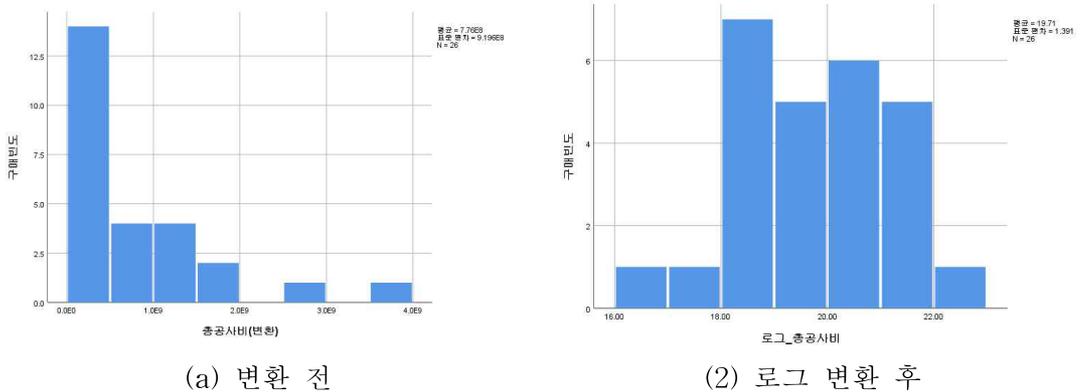


### 3.2.4 공사비 영향 분석

수집된 변수들 중 정성 변수를 대상으로 각 변수의 범주에 따른 공사비 차이 여부를 검증하였다. 총 8개의 정성 변수 중 'E/V 유무'는 2개 범주이므로 독립표본 t-test를 사용하였고, 나머지 변수들은 3개의 범주로 구성되어 일원 배치 분산분석을 적용하여 검증하였다.

본 연구에서 회귀모형을 위한 종속변수는 공사비지수로 보정된 '순수공사비'로 독립 변수에 비해 수치가 매우 클 뿐 아니라, 최소값과 최대값의 편차도 상당하며 <그림 3.5>에서 보여지듯이 수집된 데이터의 분포가 한 쪽에 매우 치우쳐져 있어 자료의 대표성을 확보하기에 어려울 것으로 판단되었다. 이에 우선 종속변수가 정규성을 갖도록 로그 변환(Log transformation)하였으며(그림3.5) , Shapiro-Wilk 통계량<sup>4)</sup>을 기준으로 한 검정 결과 정규성을 충족(유의확률 0.475)하는 것으로 나타났다(표 3.8). 따라서 본 연구에서는 로그 변환된 공사비 값을 종속변수로 사용하였다.

그림 3.5 종속변수 분포 (히스토그램)



4) Shapiro-Wilk 검정은 표본수가 적을 때 적합하며, 유의확률이 0.05보다 작은 경우 정규분포를 이룬다고 할 수 없다(김원표, 2017).

**표 3.8 정규성 검정 결과**

	Shapiro-Wilk		
	통계량	자유도	CTT 유의확률
공사비(로그변환)	.964	26	.475

우선 ‘E/V 유무’의 평균 차이 검증 결과는 <표 3.9>와 같다. Levene의 등분산 검정 결과 유의확률이 0.05보다 크게 나타나 등분산 가정을 충족하였으며, 이 때 E/V유무에 따른 공사비는 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

**표 3.9 E/V유무에 따른 공사비 차이 분석**

	E/V 유무	N	평 균	표준편차	t-value	P
공사비	E/V 무	8	18.4000	0.92787	-4.090	0.000
	E/V 유	18	20.2935	1.14941		

3개의 범주를 갖는 7개 변수들에 대한 분산분석(ANalysis Of VAriance; ANOVA) 수행 결과, ‘혼합폐기물 발생량’에 따라 공사비에 유의한 차이( $p < 0.05$ )가 있는 것으로 나타났으며, Scheffe 사후검정<sup>5)</sup> 결과 혼합폐기물 발생량이 5% 이상인 경우 타 범주에 비해 공사비가 유의하게 높은 것으로 파악되었다. 다음으로, ‘입면형상’에 따른 공사비 차이가 유의하게 나타났으며, 외부 비계 설치가 용이한 입면형상을 가진 현장과 보통/난해한 현장 사이에 유의한 차이가 있었다(표 3.10). 하지만, 개별 변수에 따른 총 공사비 변동을 해석하는 것은 한계가 있으며, 이에 다음 장에서의 회귀분석을 통해 유의한 변수를 도출하고자 한다.

5) Scheffe 검정법은 집단들의 수가 일정하지 않을 때 사용할 수 있는 사후검증법이다(김원표, 2017).

표 3.10 ANOVA 결과

독립변수		종속변수(공사비)			F-value (p)	Scheffe 사후검정
		N	평균	표준화 편차		
혼합폐기 물 발생량	2% 미만(a)	9	19.0484	1.29163	9.009 (0.001)	a,b>c
	2~5% 미만(b)	5	18.5969	.55979		
	5% 이상(c)	12	20.6718	1.06636		
입면형상	용이(d)	8	21.0436	.69904	12.206 (0.000)	d>e,f
	보통(e)	15	18.8982	1.07476		
	난해(f)	3	20.2201	1.38918		

## 제 4장 건축물 해체공사비 예측모델 개발

### 4.1 변수 설정

본 장에서는 3장에서 수집된 실적 데이터를 토대로 다중회귀분석(MRA)을 이용하여 건축물 해체공사비 예측 모델을 개발하고 이를 검증하고자 한다. 회귀분석을 통한 해체공사비(종속변수) 예측을 위해 수집된 13개 요인(독립변수)은 정량변수(5개)와 정성변수(8개)를 모두 포함하고 있으며 측도가 상이함에 따라, 우선 변수들이 회귀분석에 적절하도록 변환하였다.

#### 4.1.1 정성변수

독립변수 중 8개의 정성변수를 회귀분석에 투입하기 위하여 더미변수(Dummy variable)로 변환하였다. 더미변수는 정성변수가 갖는 숫자의 의미를 없애기 위한 것으로 0(=해당되지 않음)과 1(=해당됨)로만 표현되는 변수이다. 정성변수의 범주가  $n$ 개인 경우 더미변수는  $n-1$ 개가 필요하게 된다<sup>6)</sup>. 예를 들어, 본 연구의 ‘E/V 유무’는 2개의 범주로 되어 있으므로 1개의 더미변수(유=1, 무=0)로 표현될 수 있으며, ‘구조형식’의 경우 3개의 범주로 구성되어 <표 4.1>와 같이 2개의 더미변수로 나타낼 수 있다. 이때 변수값이 0인 기준집단(또는 참조범주)은 다른 범주에 비해 유의한 영향을 미칠 가능성이 적은 집단으로 설정하는 것이 좋으며<sup>7)</sup>, 이에 범주별 종속변수의 평균과 데이터 수를 고려하여 <표 4.1>와 같이 결정하였다.

6) Keller, G. et al. (2007), Statistics for management and Economics, 6<sup>th</sup> Ed., THOMSON, California.

7) 김원표, “다시쓰는 통계분석: 기본통계분석”. 1판, 서울: 와이즈인컴퍼니, 2017.

표 4.1 정성변수의 더미변수 변환

변수	범주	D1	D2
E/V 유무	유	1	-
	무	0	-
구조형식	RC조(벽식)	0	0
	RC조(라멘)	1	0
	SRC조	0	1
혼합폐기물 발생량	2%미만	1	0
	2~5%미만	0	1
	5%이상	0	0
건물 평면 형상	정방형	1	0
	장방형	0	1
	비정형	0	0
건물 입면 형상	상(용이)	1	0
	중(보통)	0	1
	하(난해)	0	0
야적 공간 여유	상(용이)	1	0
	중(보통)	0	1
	하(난해)	0	0
주변 교통 여건	상(용이)	1	0
	중(보통)	0	1
	하(난해)	0	0
현장 위치	높음	1	0
	보통	0	1
	낮음	0	0

#### 4.1.2 정량변수 설정

회귀분석은 독립변수와 종속변수간 관계를 분석하는 통계 기법으로 선형관계식을 도출하여 영향정도를 파악하고 결과 예측을 위한 모델을 제시하기 위한 목적으로 주로 활용된다. 따라서 분석에 앞서 두 변수가 어느 정도의 선형관계를 갖는지 여부를 확인하는 것이 필요하며, 이에 본 절에서는 수집된 실적 데이터를 토대로 연속형 척도로 수집된 5개 독립변수와 종속변수간 상관관계를 분석하여 회귀분석에 투입될 독립변수를 선정하였다.

<표 4.2>은 5개 독립변수와 종속변수(로그변환된 공사비)를 대상으로 상관관계분석(Correlation analysis)을 수행한 결과이다. 변수 모두 연속형 척도이므로 Pearson 상관계수를 적용하였으며, 그 결과 경과년도를 제외한 4개의 독립변수(지상층수, 지하층수, 연면적, 기준층 바닥면적)은 종속변수와 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다.

경과년도는 신동욱(2018)의 연구에서도 전체 해체공사비 변동에 미치는 영향이 평균 2.81(5점 척도 기준)로 보통 이하의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, <그림 4.1>과 같이 산점도 상에서도 상관관계를 발견하기 어려운 것으로 파악되어 회귀분석에 투입하지 않는 것으로 결정하였다. 또한, 5개의 정량변수 중 연면적과 기준층 바닥면적에 대해 타 정량변수와 로그변환된 공사비의 수치 크기를 고려하여 1,000m<sup>2</sup> 단위로 변환하였다.

**표 4.2 상관관계분석 결과**

		지상 층수	지하 층수	연면적	기준층	경과 년도	공사비
지상 층수	Pearson	1	.687**	.635**	.165	.259	.707**
	상관 유의 확률 (양측)		.000	.000	.410	.201	.000
	N	27	27	27	27	26	24
지하 층수	Pearson	.687**	1	.321	.089	.268	.489*
	상관 유의 확률 (양측)	.000		.103	.658	.185	.015
	N	27	27	27	27	26	24
연면적	Pearson	.635**	.321	1	.676**	-.015	.759**
	상관 유의 확률 (양측)	.000	.103		.000	.942	.000
	N	27	27	27	27	26	24
기준층	Pearson	.165	.089	.676**	1	-.290	.487*
	상관 유의 확률 (양측)	.410	.658	.000		.150	.016
	N	27	27	27	27	26	24
경과년도	Pearson	.259	.268	-.015	-.290	1	.239
	상관 유의 확률 (양측)	.201	.185	.942	.150		.272
	N	26	26	26	26	26	23
공사비	Pearson	.707**	.489*	.759**	.487*	.239	1
	상관 유의 확률 (양측)	.000	.015	.000	.016	.272	
	N	24	24	24	24	23	24

\*\* . 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

\* . 상관관계가 0.05 수준에서 유의합니다(양측).

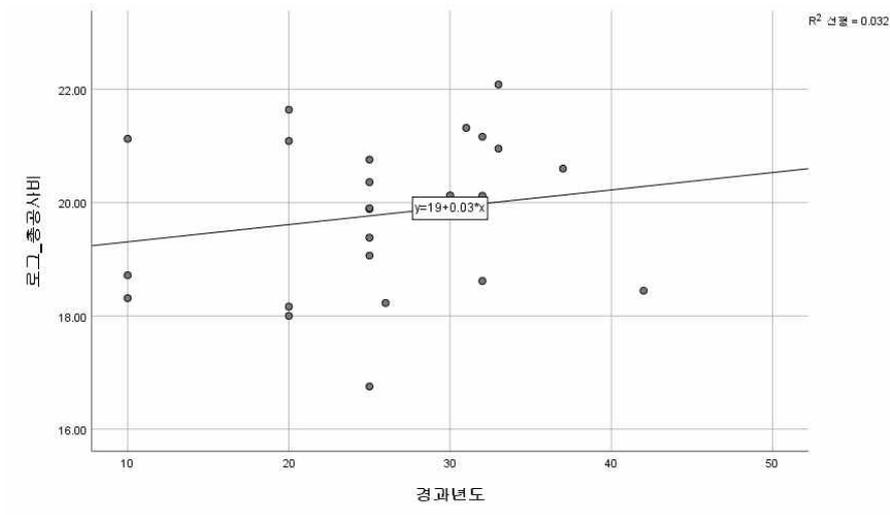


그림 4.1 경과년도-공사비간 산점도

## 4.2 회귀분석을 이용한 공사비 예측모델 개발

회귀분석을 이용한 해체공사비 예측 모델을 구축하기 위하여 앞서 수집한 27개 실적 자료 중 24개 데이터를 이용하였으며, 3개는 모델 검증을 위한 데이터로 활용하였다. 회귀모델의 개발을 위하여 (1) 정량변수만 이용한 분석, (2) 정성변수를 이용한 분석, (3) 정성, 정량변수의 조합을 통한 분석을 수행하였으며, 이를 통해 적정 회귀모델을 구축하고 검증을 수행하였다. <표 4.3 >는 회귀분석에 사용된 독립변수 설정을 보여준다.

표 4.3 회귀분석을 위한 독립변수 설정

구분	변수명	설정
정량변수	지상층수(층)	$X_1$
	지하층수(층)	$X_2$
	연면적(1,000m <sup>2</sup> )	$X_3$
	기준층 바닥면적(1,000m <sup>2</sup> )	$X_4$
정성변수	E/V유무	유( $X_5$ )
	구조형식	RC조라멘( $X_6$ ), SRC조( $X_7$ )
	혼합폐기물 발생량	2%미만( $X_8$ ), 2~5%미만( $X_9$ )
	평면형상	정방형( $X_{10}$ ), 장방형( $X_{11}$ )
	입면형상(시공성)	용이( $X_{12}$ ), 보통( $X_{13}$ )
	야적공간 여유	용이( $X_{14}$ ), 보통( $X_{15}$ )
	주변 교통여건	용이( $X_{16}$ ), 보통( $X_{17}$ )
현장위치(민원가능성)	높음( $X_{18}$ ), 보통( $X_{19}$ )	

### 4.2.1 정량변수를 이용한 회귀모델 개발

상관관계분석 결과를 토대로 ‘지상층수( $X_1$ )’, ‘지하층수( $X_2$ )’, ‘연면적( $X_3$ )’, ‘기준층바닥면적( $X_4$ )’의 4개 독립변수를 이용하여 회귀분석을 수행하였다. 종속변수인 공사비( $Y$ )는 앞서와 동일한 이유로 로그 변환하였다. 본 연구에서는 독립변수의 입력방식으로 단계선택법(Stepwise)<sup>8)</sup>을 이용하여 회귀모델을 구축하였다.

<표 4.4>에 나타난 것처럼 총 2개의 모형이 구축되었으며, ‘연면적( $X_3$ )’과 ‘지상층수

8) 단계선택법은 단계에 따라 독립변수들 중 설명력이 높은 독립변수는 선택(본 연구에서는 F-확률 0.05이하 기준 적용)하고 낮은 변수는 제거(F-확률 0.10이상 기준 적용)하여 설명력이 어느 정도 높은 변수들로만 회귀모델을 구성하는 방법이다(김원표, 2017).

( $X_1$ )' 2개의 독립변수로 이루어진 2번째 모형의 설명력(Adjusted  $R^2=0.627$ )이 더 높게 나타나 이를 첫 번째 회귀모형(모형1)로 채택하였다. 분산분석 결과 또한 통계적으로 유의( $F=20.306$ ,  $p=0.000$ )한 것으로 파악되었으며, Durbin-Watson 값이 2에 근접하여 잔차간 상관관계에 문제가 없는 것으로 판단 할 수 있다<sup>9)</sup>.

표 4.4 정량변수를 이용한 회귀모형 요약

모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	Durbin-Watson
1	.759 <sup>a</sup>	.576	.557	.94822	
2	.812 <sup>b</sup>	.659	.627	.87010	2.142

a. 예측자: (상수),  $X_3$   
 b. 예측자: (상수),  $X_3$ ,  $X_1$

모형1의 회귀분석 결과는 <표 4.5>와 같으며, 이에 따른 회귀식은 식 (1)과 같이 도출된다. 따라서, 연면적과 지상층수 모두 공사비에 유의한 정(+)의 영향을 미친다고 할 수 있으며, 표준화계수( $\beta$ )를 살펴보았을 때, 2개 변수 중 연면적( $X_3$ )이 상대적으로 좀 더 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 지상층수와 연면적이 커질수록 공사비가 증가하는 것은 합리적인 결과로 받아들여질 수 있다. 또한, 표준화 잔차의 P-P도표 및 예측 산점도를 통한 회귀모형 진단 결과 회귀모형의 정규성 및 등분산성 가정을 충족시키는 것으로 판단된다.

표 4.5 정량변수를 이용한 회귀분석 결과(모형1)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
	B	표준화 오류	베타			공차	VIF
(상수)	18.288	.310		59.039	.000		
$X_3$	.037	.012	.519	3.127	.005	.590	1.694
$X_1$	.111	.049	.376	2.264	.034	.590	1.694

9) Dubin-Watson 통계량은 잔차의 독립성을 파악하기 위한 것으로, 2를 기준으로 하여 0에 가까울수록 양의 상관관계, 4에 가까울수록 음의 상관관계가 있음을 의미한다. 따라서, 0 또는 4에 가까울 경우 잔차간 자기상관(Autocorrelation)이 있어 회귀모형이 부적합함을 나타낸다(송지준, 2015)

(모델1)  $\log Y = 18.288 + 0.037X_3 + 0.111X_1$  식 (1)

하지만, 신동욱(2018)의 연구결과에 따르면 ‘지하층수’ 요인은 전체 해체공사비 변동에 크게 영향을 미치는 주요 요인으로 파악되었다. 이에 위의 회귀모형에서 나온 독립 변수와의 상호작용효과(Interaction effect)를 탐색하고자, 2개의 상호작용항 ( $AV_1=X_1 \times X_2$ ,  $AV_2=X_2 \times X_3$ )을 추가하여 회귀분석을 수행하였다. 그 결과  $X_1$ ,  $X_3$ ,  $AV_2$ 의 3개 변수를 포함하여 식 (2)와 같이 모델2의 회귀식이 도출되었다.

(모델 2)  $\log Y = 17.711 + 0.069X_3 + 0.230X_1 - 0.030AV_2$  (2)

모델2의 설명력은 앞의 모형에 비해 증가(Adjusted  $R^2=0.739$ )하였으며, 상호작용항 ( $AV_2$ )에 의해 ‘지상층수’, ‘연면적’, ‘지하층수’ 모두를 포함하는 회귀모형이 도출되었다. <표 4.6>와 같이 회귀식은 통계적으로 유의( $F=22.744$ ,  $p=0.000$ )하였으며, 공차한계와 분산팽창요인(VIF)값이 각각 0.1 초과, 10.0 미만으로 나타나 다중공선성에도 문제가 없는 것으로 파악되었다. 결과적으로 ‘연면적( $X_3$ )’이 공사비에 가장 크게 영향을 미치며, ‘지하층수( $X_2$ )’와 ‘연면적( $X_3$ )’의 곱변수인 상호작용항이 ‘지상층수( $X_1$ )’에 비해 영향력이 더 크게 나타났다. 기존의 2개 변수는 모델1과 마찬가지로 해당 요인값이 커질수록 공사비가 증가되어 합리적으로 판단된다. 반면, 상호작용항의 경우 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 모델1에 비해 설명력이 높을 뿐 아니라 3개 정량변수 모두를 포함하고 있어 보다 유용한 모델로 판단된다.

표 4.6 상호작용항을 포함한 회귀분석 결과(모델2)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
	B	표준화 오류	베타			공차	VIF
(상수)	17.711	.316		56.003	.000		
$X_3$	.069	.014	.959	4.890	.000	.295	3.392
$X_1$	.230	.056	.774	4.139	.001	.324	3.085
$AV_2$	-.030	.009	-.831	-3.174	.005	.165	6.056

$R^2=0.773$ , Adj.  $R^2=0.739$ ,  $F=22.744$ ,  $p=0.000$

#### 4.2.2 정성변수를 이용한 더미회귀모델 개발

앞서 구축한 회귀모델은 정량변수만을 포함하고 있어 8개의 정성변수를 더미변수화하여 포함한 더미회귀분석을 추가적으로 수행하였다. 더미회귀분석은 독립변수의 입력 방식에 있어 단계선택법과 후진제거법<sup>10)</sup> 2가지를 적용하였다.

##### (1) 단계선택법

우선 단계선택법에 의한 독립변수 입력 결과 <표 4.7>와 같이 총 6개의 모형이 도출되었으며, 이 중 설명력이 가장 높은 6번째 모형(Adjusted R<sup>2</sup>=0.825)을 3번째 모델로 채택하였다. <표 4.8>의 결과에 따라 모델3의 회귀식은 식 (3)과 같이 도출되었다. 다중공선성(공차한계 0.754-0.859, VIF 1.165-1.326) 및 잔차의 자기상관(Durbin-Watson 통계량 2.696) 또한 문제가 없는 것으로 파악되어, 적합한 모형으로 판단되었다.

**표 4.7 더미변수를 이용한 회귀모형 요약결과(단계선택법)**

모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차	F	유의확률
1	.566 <sup>a</sup>	.320	.289	1.20064	10.358	.004
2	.668 <sup>b</sup>	.446	.394	1.10886	8.468	.004
3	.760 <sup>c</sup>	.577	.514	.99329	9.093	.004
4	.872 <sup>d</sup>	.760	.709	.76821	15.010	.000
5	.902 <sup>e</sup>	.813	.761	.69659	15.626	.000
6	.933 <sup>f</sup>	.871	.825	.59574	19.072	.000

10) 후진제거법은 모든 독립변수들을 투입한 후 종속변수에 대한 설명력이 낮은 변수부터 하나씩 제거하며 단계를 진행하여 회귀모델을 구축하는 방법이다.

표 4.8 회귀분석 결과(모델3)

변수 (상수)	비표준화 계수		표준화 계수		유의 확률	공선성 통계량	
	B	표준화 오류	베타	t		공차	VIF
(상수)	22.045	.267		82.478	.000		
X <sub>13</sub>	-1.041	.266	-.372	-3.911	.001	.841	1.189
X <sub>19</sub>	-.857	.273	-.297	-3.142	.006	.849	1.179
X <sub>8</sub>	-1.761	.282	-.611	-6.244	.000	.793	1.260
X <sub>9</sub>	-1.613	.345	-.470	-4.677	.000	.754	1.326
X <sub>7</sub>	-1.121	.335	-.327	-3.346	.004	.799	1.252
X <sub>15</sub>	-.727	.263	-.260	-2.759	.013	.859	1.165

(모델3)  $\log Y = 22.045 - 1.041X_{13} - 0.857X_{19} - 1.761X_8 - 1.613X_9 - 1.121X_7 - 0.727X_{15}$   
식 (1)

정성변수 중 ‘구조형식(X<sub>7</sub>)’, ‘혼합폐기물 발생량(X<sub>8</sub>, X<sub>9</sub>)’, ‘입면형상(X<sub>13</sub>)’, ‘야적공간 여유(X<sub>15</sub>)’, ‘현장위치(X<sub>19</sub>)’의 총 6개 요인이 모형에 포함된 반면, ‘E/V유무’, ‘평면형상’, ‘주변 교통여건’의 3개 변수는 본 모형에 포함되지 않아, 공사비 변동에 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 표준화계수(β)로 종속변수에 대한 영향력을 파악한 결과, ‘혼합폐기물 발생량(2%미만)(X<sub>8</sub>)’, ‘혼합폐기물 발생량(2~5%미만)(X<sub>9</sub>)’, ‘입면형상(X<sub>13</sub>)’의 순으로 공사비 변동에 대한 영향력이 높게 나타났으며, 종속변수인 공사비에 모두 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 타 변인이 동일한 경우 해체폐기물 발생량이 2%미만, 2~5%미만인 경우 5%이상(참조범주)인 현장보다 공사비는 감소된다고 할 수 있으며, 해체폐기물 발생량이 높으면 폐기물 처리를 위한 공기 및 공사비 증가를 야기할 것이다. 마찬가지로 입면형상에 따른 시공성이 보통인 현장은 외부비계 설치가 용이하지 않아 시공성을 저하시키는 여건의 현장에 비해 공사비가 감소될 수 있다. 또한, 야적공간 여유가 보통인 경우 난해(부족)한 현장보다 공사비가 감소된다고 할 수 있으며, 야적공간 여유는 해체작업에 따른 폐기물 처리 효율 및 생산성에 영향을 미치므로 야적공간이 부족하면 상대적으로 공사비 증가를 초래할 수 있을 것으로 판단된다. 이어서 구조형식이 SRC조(X<sub>7</sub>)인 경우 벽식 RC조(참조변수)에 비해 다른 변인이 일정할 때 공사비가 감소된다고 볼 수 있다. 마지막으로, 현장위치에 따른 주변의 민원발생 가능성은 신동욱(2018)의 연구에서 해체공사비 변동에 가장 크게 영향을 미치는 주요 요인으로 파악됨에 따라 모델의 유용성을 높여줄 수 있을 것으로 사료된다.

(2) 후진제거법

후진제거법에 의한 독립변수 입력 결과 총 7개의 모형이 도출되었으며, 설명력이 높고 통계적으로 유의한 변수를 가장 많이 포함하고 있는 7번째 모형을 모델4로 채택하였다. <표 4.9>의 결과에 따라 모델4의 회귀식은 식 (4)와 같이 도출되었으며, 다중공선성(공차한계 0.379-0.728, VIF 1.373-2.640) 및 잔차의 자기상관(Durbin-Watson 통계량 2.172) 또한 문제가 없는 것으로 파악되어, 적합한 모형으로 판단되었다.

표 4.9 회귀분석 결과(모델4)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
	B	표준화 오류	베타			공차	VIF
(상수)	20.857	0.404		51.647	0.000		
X <sub>5</sub>	0.629	0.311	0.205	2.019	0.063	0.471	2.125
X <sub>6</sub>	-1.032	0.330	-0.321	-3.130	0.007	0.462	2.164
X <sub>7</sub>	-1.514	0.280	-0.441	-5.402	0.000	0.728	1.373
X <sub>8</sub>	-2.616	0.326	-0.908	-8.027	0.000	0.379	2.640
X <sub>9</sub>	-1.364	0.306	-0.397	-4.462	0.001	0.611	1.636
X <sub>13</sub>	-0.928	0.238	-0.331	-3.903	0.002	0.672	1.487
X <sub>15</sub>	-0.510	0.243	-0.182	-2.097	0.055	0.643	1.554
X <sub>16</sub>	0.716	0.313	0.233	2.286	0.038	0.465	2.151

(모델4)

$$\log Y = 20.857 - 1.032X_6 - 1.514X_7 - 2.616X_8 - 1.364X_9 - 0.928X_{13} + 0.716X_{16} + 1.132X_{18}$$

식 (1)

앞서 단계선택법에 의한 모델3과 비교하여 설명력은 약간 증가(Adjusted R<sup>2</sup>=0.888) 하였으며, 통계적으로 유의한 총 7개의 변수(X<sub>6</sub>, X<sub>7</sub>, X<sub>8</sub>, X<sub>9</sub>, X<sub>13</sub>, X<sub>16</sub>, X<sub>18</sub>)로 구성되었다. 모델3과 비교하여 구조형식 중 ‘RC조(라멘)(X<sub>6</sub>)’과 ‘주변 교통여건(용이)(X<sub>16</sub>)’, ‘현장위치(민원가능성 높음)(X<sub>18</sub>)’ 요인이 추가된 반면, ‘야적공간 여유(X<sub>15</sub>)’와 ‘현장위치(민원가능성 보통)(X<sub>19</sub>)’ 요인은 제거되었다. 여전히 ‘E/V유무’와 ‘평면형상’은 공사비 변동에 유의하지 않은 요인으로 나타났으며, 해당 요인들은 신동욱(2018)의 연구결과에서도 타 요인들에 비해 가장 중요도가 낮은 것으로 파악되어 유의한 결과로 판단된다. 현장위치가 주변의 민원발생 가능성이 높은 도심지에 위치한 경우, 민원 소지가 낮은(참조변수) 외곽에 위치한 현장에 비해 타 변인이 동일한 경우 평균 공사비가 증가된

다고 할 수 있다. 이는 신동욱(2018)의 연구에서도 언급하였듯, 도심지의 밀집지역에서 해체공사를 진행할 경우 민원저감 및 안전확보를 위한 가시설 비용이 증가됨에 기인한다고 볼 수 있다. 기타 다른 요인들의 공사비 영향은 모델3과 유사한 맥락으로 해석되나, 주변 교통여건의 경우 상대적으로 해체폐기물의 반출이 용이하지 않은 현장 조건에 비해 타 변인이 일정할 때 평균적으로 공사비가 증가되는 것으로 나타났으며, 이는 데이터의 편중에 따른 결과로 사료된다.

### 4.2.3 정량 및 정성변수를 조합한 회귀모델 개발

4.2.1절과 4.2.2절에서 구축된 회귀모델에 사용된 정량변수와 정성변수를 조합하여 추가적으로 회귀분석을 수행하였다. 해체공사비에 미치는 영향을 고려할 때 정량, 정성변수를 모두 포함한 모델은 실무적으로 보다 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 정성변수 중 공통적으로 유의하지 않은 것으로 파악된 ‘E/V유무( $X_5$ )’와 ‘평면형상( $X_{10}$ ,  $X_{11}$ )’을 제외한 6개 요인은 모두 투입하였으며, 정량변수는 모델2에서 사용된  $X_1$ ,  $X_3$ ,  $AV_2$ 를 조합해가며 분석을 수행하였다. 앞과 마찬가지로 독립변수의 투입은 단계선택법과 후진제거법을 사용하였으며, 이전과 동일하거나 유의하지 않은 모형, 통계적으로 유의한 변수의 수가 너무 적은 모형은 제외하고 설명력이 높은 3개 모형을 채택하였다. 채택된 모델 모두 다중공선성(공차한계 0.381-0.876, VIF 1.142-2.628)과 잔차의 독립성(Durbin-Watson 2.232-2.556) 측면에서 문제가 없는 것으로 파악되었다.

단계선택법에 의해 구축된 모델5는 정량변수인 ‘지상층수( $X_1$ )’와 5개의 정성변수( $X_7$ ,  $X_8$ ,  $X_9$ ,  $X_{13}$ ,  $X_{15}$ )로 구성되었으며, 앞서 구축된 모델3과 비교하여 정량변수 1개( $X_1$ )가 추가되고 정성변수 중 현장위치 요인( $X_{19}$ )이 제거된 모형이다. 정성변수인 더미변수는 모두 공사비에 부(-)의 영향을 미치며, 변수별로 참조범주와 비교하였을 때 타당한 모형으로 판단된다. ‘혼합폐기물 발생량(2%미만)( $X_8$ )’이 공사비에 상대적으로 가장 큰 영향을 미치며, ‘구조형식 SRC조( $X_7$ )’, ‘지상층수( $X_1$ )’ 순으로 영향이 큰 것으로 나타났다.

다음으로 후진제거법에 의해서는 총 2개의 이전과 다른 모델이 도출되었으나, 1개 모형은 다중공선성의 문제로 배제하였다. 이에 최종적으로 후진제거법에 의해 채택된 모델6는 모델4와 마찬가지로 정량변수가 모두 배제되고 7개의 더미변수( $X_6$ ,  $X_7$ ,  $X_8$ ,  $X_9$ ,  $X_{13}$ ,  $X_{15}$ ,  $X_{18}$ )로만 구성되었으나, 설명력이 양호하고 모델4와 변수 구성에 차이가 있어 모델로 선정하였다.

표 4.10 회귀분석 결과(모델5, 모델6)

구분	회귀식	수정 된 R2	F (유의 확률)
모델5 (단계 선택법)	$\log Y = 20.686 + 0.111X_1 - 1.536X_7 - 0.883X_{13} - 1.335X_8$	0.827	19.376 (.000)
모델6 (후진 제거법)	$\log Y = 21.418 - 0.979X_6 - 1.490X_7 - 2.570X_8 - 1.533X_9$	0.866	19.509 (.000)

### 4.3 공사비 예측모델 검증

앞서 개발된 공사비 예측모델의 적합성을 검증하기 위하여 모델 구축에 사용하지 않은 3개 현장의 실적 자료를 모델1~6에 적용하였다. 검증된 사용된 현장의 개요는 <표 4.11>와 같으며, 모델에 사용된 요인만 나타내었다.

표 4.11 검증대상 현장 개요

구분	물리적 속성 정보						환경적 속성 정보		
	지상 층수	지하 층수	연면적 (m <sup>2</sup> )	구조 형식	혼합 폐기물	입면 형상	야적공간 여유	주변 교통여건	현장 위치
A	2	1	1,500	RC-벽식	2%미만	중	중	중	높음
B	5	2	6,673	RC-라멘	5%이상	중	중	중	높음
C	9	1	57,657	RC-라멘	5%이상	상	하	하	높음

<표 4.12>는 6개의 모델을 사용하여 예측한 공사비 예측값과 실제값과의 오차율을 나타낸 것이다. 모델에 따라 최소 0.54%~59.67%까지 오차가 발생하였으며, 평균적으로는 6%~43.03%까지의 오차를 나타냈다. 이 중 정성변수만을 투입하여 구축한 모델3의 평균오차가 가장 크게 나타났으며, 다음으로는 정량변수만을 투입하여 구축한 모델1과 모델2의 오차가 크게 나타났다. 오차율의 범위와 변수투입을 고려하였을 때 모델1~4는 적합하지 않은 것으로 판단되며, 정량변수와 정성변수를 모두 투입하여 구축한 모델5와 모델6의 오차범위는 예측모델로써 허용가능한 범위안에 있는 것으로 판단된다. 모델5는 모델6에 비해 다소 오차가 크게 발생되었지만, 5개 정성변수와 정량변수인 지상 층수를 포함하여 구축된 모델로 의미가 있을 것으로 사료된다. 한편, 모델6의 경우에는 정량변수는 배제되었지만 많은 수의 정성적 영향요인들을 고려할 수 있으며, 오차율의 편차와 평균 오차가 가장 작아 향후 건축물 해체공사비 예측모델로 활용가능할 것으로 판단된다.

**표 4.12 회귀모델 검증 결과**

구분	모델1	모델2	모델3	모델4	모델5	모델6	
A	실제값(천원)	89,791					
	예측값(천원)	117,710	82,562	110,106	61,630	69,103	90,278
	오차율(%)	28.87	8.05	22.62	31.36	23.04	0.54
B	실제값(천원)	408,548					
	예측값(천원)	196,073	164,755	640,468	563,034	366,134	443,518
	오차율(%)	52.01	59.67	56.77	37.81	10.38	8.56
C	실제값(천원)	2,505,545					
	예측값(천원)	2,051,383	3,683,577	3,751,119	2,369,489	2,614,974	2,728,533
	오차율(%)	18.13	47.02	49.71	5.43	4.37	8.90
평균	33.00	38.25	43.03	24.87	12.60	6.00	

## 제 5장 결 론

### 5.1 연구의 결론

최근 중·고층 건축물로 해체대상물이 확대되고 도심지 철거의 증가가 예상되며, 이를 고려한 적정 해체공사비 예측의 필요성이 더욱 커졌다. 그러나 해체산업의 급속한 성장세와는 달리 해체공사비 관련 연구는 이에 비해 부족한 실정이다. 표준품셈 기반 공사비 산정은 기준의 미비와 현장특성에 따른 변동성 반영 한계에 직면하며, 해체업체의 유사 프로젝트 경험과 한정된 사업정보를 토대로 한 방법은 데이터 부족과 업체 간 큰 편차로 인하여 정확도와 신뢰성 확보에 있어 명확한 한계를 갖는다.

이에 본 연구는 기존 해체공사 현장의 실적 데이터와 물리적·환경적 속성정보를 바탕으로 해체공사의 적정공사비 산정을 지원하기 위한 공사비 예측모델을 제시하고자 하였다. 그 결과 실적 공사자료를 바탕으로 한 총공사비와 도출한 중요요인 사이에서 상호영향 관계를 일부분 확인할 수 있었다. 지하층수, 지상층수, 연면적, 구조형식, 혼합폐기물 발생량, 입면형상의 요인과 공사비에는 유의미한 관계를 찾을 수 있었다.

회귀분석을 수행하여 해체공사비에 영향을 미치는 정량적 요인과 정성적 요인들을 고려한 6개의 예측 모델을 도출하였으며 새로운 데이터를 토대로 모델의 예측정확도를 검증하였다. 그 결과 평균 오차율은 약 6.00%~43.03%까지 나타났으며, 모델5(평균 오차율 12.60%) 모델6(평균 오차율 6.00%)의 오차범위는 예측모델로써 허용가능한 범위 안에 있는 것으로 판단된다. 모델 5는 정량변수와 정성변수가 모두 반영된 예측모델로써 의의를 찾을 수 있으며, 모델6의 경우에는 정량변수는 배제되었지만 많은 수의 정성적 영향요인들을 고려할 수 있으며 정확도가 가장 우수하여 향후 건축물 해체공사비 예측모델로 활용가능할 것으로 판단된다. 한편, 모델1에서 모델4의 평균 오차율은 24.87%~43.03%로 사업초기단계에서의 예측 모델로의 활용가능성을 찾을 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시된 모델은 기존의 표준품셈 및 실무자 경험에 기초한 해체공사비 산정 방식의 한계를 극복하여 보다 신뢰성 높고 정확한 결과를 제공할 수 있으며, 현장에서 즉시 활용가능한 장점을 갖는다. 이를 통해 국내 해체공사의 적정 공사비 산정 및 관련 기준 정비에 기여할 수 있을 것이며, 발주자 및 해체업체에게 사업 진행단계

에서의 공사비 예측에 따른 위험을 최소화하고, 적정 예산 책정 및 관련 의사결정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 5.2 연구의 한계 및 향후 연구 방향

본 연구의 한계점은 해체공사비 예측 모델 구축 및 검증에 사용된 데이터가 충분치 않다는 데 있다. 해체업체로부터의 데이터 수집이 어려운 원인은 아직 규모측면에서 영세한 업체가 많고 이에 따라 기존의 실적데이터를 체계적으로 관리, 보유한 업체가 많지 않은데서 기인한다. 또한, 업체별로 보유하고 있는 기술력에 따라 공사비용의 차이가 존재하기 때문에, 공사수행실적과 공사비의 공유를 꺼려하는 측면이 존재하였다. 따라서, 향후 지속적으로 데이터를 확보하여 본 연구에서 구축된 모델의 적합성과 성능을 추가적으로 검증하는 것이 필요하다.

또한, 공사비의 변동에 영향을 미치는 중요요인들의 특성이 상이하므로, 해체공정별(가설공사단계, 본 구조물 해체단계, 폐기물처리단계)로 공사비 산정을 위한 개별 모델들의 구축을 통해, 보다 정밀하고 정확한 공사비 산정 기준 및 방안의 제시가 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

### <국내문헌>

#### ❖ 단행본 및 보고서

건설교통부, 공동주택 철거잔재의 활용성 향상을 위한 해체기술 및 시스템 개발, 2004

건설교통부, 도심지 건축물 해체기술 연구기획보고서, 2006

국토교통부, 건설폐기물 발생량 예측 프로그램 개발 및 표준품셈 개정 연구, 2014

김원표, “다시쓰는 통계분석: 기본통계분석”. 1판, 서울: 와이즈인컴퍼니. 2017

대한주택공사, 도심지 건축물 해체기술, 2006

대한주택공사 주택연구소, 구조물의 해체 공법에 관한 연구, 1996

한국건설교통기술평가원, 환경위해요인 최소화를 위한 도심지 고층건물 유형별 최적 해체기술개발, 2006

한국건설기술연구원, 2018 건설공사 표준품셈, 2018

한국건설기술연구원, 건설폐기물 분별해체 시스템 구축 및 적정공사비용 산정 연구, 2009

한국토지주택공사, 친환경도시재생을 위한 첨단해체기술개발, 2012

❖ 학위 및 학술논문

김가람, 김현진, 윤정숙, 임철우, 김창덕 (2009), 발파해체공법의 시방개선안 제안, 한국건설관리학회 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 2009-11, pp.123-127

김경환, 최종수, 신승하, 양창현 (2008), 해체공사 공정별 리스크 중요도 분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 24권 1호, pp.151-158

김경환, 백화숙 (2005), RSMMeans와 비교한 리모델링 해체공사 표준품셈 체계의 문제점 분석 및 개선 방향, 제 31권 3호, pp.73-80

김복현 (2008), 도심지 건축물 철거환경 개선을 위한 공법선정 과정개선에 관한 연구, 중앙대학교, 석사학위논문

김윤덕, 김기현, 차희성, 김경래, 신동우 (2010) 친환경 리모델링 철거공사의 경제성 평가 및 사례적용, 건설관리학회 논문집, 제 11권 2호, pp. 45-53

김창학, 김효진 (2006), 건설해체공사의 폐기물 통합관리 시스템의 개발, 대한토목학회 논문집, 제 26권 4-D호, pp.627-634

김창학 외 2인 (2008), 해체공사의 사례분석을 통한 폐기물 발생량 비교분석, 한국건설관리학회 논문집, 제 9권 4호, pp.131-139

김창학 (2011), 해체폐기량 산정 및 통합관리를 위한 시스템 개발, 한국건설관리학회 논문집, 제 12권 1호, pp.133-140

김효진 외 1인 (2004), 분별해체공사 통합관리 시스템의 개발, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제 5회, pp.634-637

김효진, 강인석, 이동욱, 김창학 (2004), 해체공사비 산정을 위한 품산정 기준과 전산

시스템의 개발, 대한토목학회 논문집, 제 34권 3호, pp.1007-1015

남옥진 (2013), 리모델링 해체공사의 품셈체계 개선방안에 관한 연구, 건국대학교 석사학위 논문

문길남 (2004), 사례분석을 통한 건축 구조물 해체 공법 선정에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문

박성식, 이성복, 신상훈 (2011), 원가계산방식에 의한 다가구임대주택 해체공사비 예측, LHI journal of land, housing, and urban affairs, 제 2권 4호, pp.415-427

박지민, 김창학, 김효진 (2010), 회귀분석을 이용한 해체폐기량 산출, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2010-11, pp319-320

박지선, 송태협 (2012), 건축물 분별해체 제도 도입을 위한 기초연구, 한국건설순환자원학회 논문집, pp.113-120

성낙원, 김영석 (2004), 해체 공사 원가분석을 통한 비율단가 적용방식의 적정성 검토, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제 5회, pp.579-583

신동욱, 조규만, 이웅균, 김태훈 (2018), 건축물 해체공사비 변동 영향요인 분석, 한국건축시공학회 논문집, 제 18권 5호, pp.499-506

안명석, 안정욱 (2017), 구조물 발파해체공법의 향후 발전방향, 한국건설관리학회지, 제 18권 5호, pp.21-25

이은학 (2006), 압쇄공법 해체공사의 위험분석에 관한 연구, 서울과학기술대학교, 석사학위논문

이종찬, 윤상혁, 이세현, 송태협 (2009), 건축물 내장재의 분별해체와 일반해체에 관한 비교연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 25권 8호, pp.135-142

이한민, 고성석 (2008), 해체공사의 최적공법 선정을 위한 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제 24권 5호, pp.193-200

조태완 (2004), 해체공사비 비교분석을 통한 발파해체 공법의 전망, 한국건설관리학회 논문집, 제 5권 4호, pp.130-138

❖ 인터넷

국가통계포털, 도시화율(OECD), <http://kosis.kr/>

국가통계포털, 주택 멸실 현황, <http://kosis.kr/>

대한전문건설협회, 통계연보, <http://kosca.or.kr/>

통계청, 2016 인구주택총조사 전수집계결과, <http://kostat.go.kr/>

<국외문헌>

❖ 단행본 및 보고서

Duke, C.R. and Persia, M.A. (1996). Performance–importance analysis of escorted tour evaluations. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 5(3), pp.207~223.

Hair J, Black W, Babin B, Anderson R, Tatham R. *Multivariate data analysis*. 6th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc. 2005. 816 p.

## 부록 1. 건축물 해체공사 현장 정보 조사(계속)

### 건축물 해체공사 현장 정보 조사

안녕하십니까? 귀하의 소중한 시간을 할애하여 주심에 대단히 감사드립니다.

조선대학교 건축공학과에서는 건축물의 해체공사를 대상으로 보다 합리적인 공사비 산정을 위하여 “완료된 해체공사 현장의 정보 및 공사비” 자료를 수집하고자 합니다.

본 조사를 통해 얻어지는 자료는 통계법(제33조 및 제34조)에 의거하여 무기명 통계처리가 되며, 본 연구 목적 이외에 다른 목적으로는 절대 사용되지 않음을 약속드립니다. 바쁘시더라도 연구의 성공적인 수행을 위해 성심껏 응해 주시길 부탁드립니다. 다시 한 번 감사의 말씀을 올립니다.

2020년 10월

조선대학교 건축공학과 첨단건설기술연구소

#### □ 조사대상 및 범위

- 대형장비를 사용한 기계식 해체공법 적용 현장으로 한정
- 구조체 철거를 포함한 해체 현장으로 한정

#### PART I 기본정보

1. 현재 근무하고 계시는 소속 기관을 기재하여 주십시오.

( )

2. 해체공사 및 관련 분야 실무 경력을 선택하여 주십시오.

- ① 1-5년      ② 6-10년      ③ 11-15년      ④ 15-20년      ⑤ 21년 이상

3. 해당 현장의 해체공사 수행기간을 기재하여 주십시오. (ex. 2016.10~2017.2)

( ~ )

4. 해당 해체현장의 건물 기존 용도를 선택하여 주십시오.

- ① 주거시설      ② 사무시설      ③ 상업시설      ④ 복합시설      ⑤ 기타( )

## 부록 1. 건축물 해체공사 현장 정보 조사

### PART II 건축물 해체공사 현장정보 조사

■ 해체공사 현장의 정보를 아래 제시된 각각의 해당하는 빈칸에 기입해주시기 바랍니다.

※ "상 중 하"별 의미

구분	상	중	하
의미	쉬움(편이)	보통	어려움(난해)

속성	정의	현장 정보
1. 지상 해체 층수	대상 건물의 지상 해체 층수	층
2. 지하 해체 층수	대상 건물의 지하 해체 층수	층
3. E/V 유무	건물 내 엘리베이터의 유무	유 무
4. 연면적	대상 건물의 전체 연면적	m <sup>2</sup>
5. 기준층 바닥 면적	대상 건물의 기준층 1개 층의 바닥 면적	m <sup>2</sup>
6. 경과년도	대상 건물의 준공 후 경과년도	년
7. 구조형식	① RC조-벽식 ② RC조-라멘 ③ SRC조	① ② ③
8. 혼합폐기물 발생량	전체폐기물 중 혼합폐기물의 비율 ① 2%미만 ② 2%이상 5% 미만 ③ 5% 이상	① ② ③
9. 건물 평면 형상	① 정방형 ② 장방형 ③ 비정형	① ② ③
10. 건물 입면 형상	외부 비계 설치 용이성(시공성)	상 중 하
11. 야적 공간 여유	해체 현장 내 폐기물 야적공간의 여유 정도	상 중 하
12. 주변 교통 여건	해체 폐기물 반출 용이성	상 중 하
13. 현장 위치	해체 공사 진행 시 주변 민원발생 정도(가능성)	높음 보통 낮음
14. 석면처리비	해당 해체공사 현장의 석면 처리비	원
15. 고자재환수비	해당 해체공사 현장의 고자재환수비	원
16. 총공사비	총 해체공사 투입비 (석면처리비, 고자재환수비 포함)	원

## 지금까지 설문에 응해주셔서 진심으로 감사드립니다.