

건축물 해체공사비 변동 영향요인 분석

Analysis of the Factors Influencing the Demolition Costs

신 동 욱¹

조 규 만²

이 응 균³

김 태 훈^{4*}

Shin, Dong-Wook¹

Cho, Kyu-Man²

Lee, Ung-Kyun³

Kim, Tae-Hoon^{4*}

Master's course, Graduate School, Chosun University, Dong-Gu, Gwangju, 61452, Korea¹

Associate Professor, School of Architecture, Chosun University, Dong-Gu, Gwangju, 61452, Korea²

Assistant Professor, Dept. of Architectural Engineering, Catholic Kwandong University, Gangneung-si, Gangwon-do, 25601, Korea³

Assistant Professor, School of Architecture, Chosun University, Dong-Gu, Gwangju, 61452, Korea⁴

Abstract

The number of demolition work is rapidly increasing because the middle- and high-rised buildings constructed over the rapid industrialization and urbanization have been deteriorated in social and structural aspects. However, theoretical approaches or studies related to the demolition cost prediction are still insufficient. Thus, this study derived and analyzed important factors affecting the fluctuation of the building demolition costs. 14 factors was derived through literature reviews and experts' interview, and the importance of each factor was analyzed to the each work(temporary work, structure demolition, and waste disposal) and the entire demolition work by using descriptive analysis. The survey results showed that the demolition costs was greatly influenced by environmental properties of the site. The results of this study can be used as a basis for estimating the approximate cost of the demolition work.

Keywords : demolition cost, influencing factors, cost estimation, descriptive analysis

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1970년대 급속한 산업화와 도시화를 거치면서 대량으로 건설된 중·고층 건물의 해체시점이 도래함에 따라 기존의 중·저층 해체공사에서 중·고층 해체공사로 전환되고 있으며, 해체가 고려되는 건축물도 급격히 늘어날 것으로 예상된다[1]. 국토교통부에서 조사한 '주택 멸실 현황'을 참고하면 한 해 동안 멸실 신고된 주택 수가 2012년과 비교하여 2016년에 47%가 증가하였다[2]. 실제로 건축물해체가 속

해 있는 대한전문건설협회 산하 비계·구조물 해체공사업은 2012년 대비 2016년 업체수 287개, 계약금액 36%가 증가하였다[3]. 또한 한국토지주택공사에서 제공한 '2014 한국주택통계편람'에 따르면 1980~1994년에 건립된 주택수가 약 497만호, 1995~2004년은 약 538만호인 것으로 확인되었다[4]. 이를 감안하여 해체대상물의 증가추이를 고려한다면 해체산업은 더욱 급격히 성장할 것으로 전망된다.

그러나 이러한 해체산업의 지속적인 성장과 달리 해체공사비 관련 연구는 부족한 실정이다. 국내에서는 1990년대부터 건축물 해체와 관련된 다양한 연구가 수행되었다. 하지만 다수의 연구가 해체공사 생산성 향상 방안[5,6,7,8], 또는 환경에 대한 인식 변화로 인한 건설폐기물의 재사용 관련에 치중되었다[9,10,11,12,13,14]. 해체공사비 관련 연구는 1995년 이후 재개발·재건축사업, 주거환경개선사업 등이 증가함에 따라 해체공사비 산정기준의 필요성이 높아지면서 시작하게 되었다. 그러나 대부분이 해체공사비 견적에 필요

Received : July 16, 2018

Revision received : August 6, 2018

Accepted : August 13, 2018

* Corresponding author : Kim, Tae-Hoon

[Tel: 82-62-230-7145, E-mail: thoonkim@chosun.ac.kr]

©2018 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

한 표준품셈 항목의 다양화, 표준품셈 기준의 보완 및 적용 방안 제시 등에 관련되었다[15,16,17,18]. 이는 국내에서 발주를 위한 공사비 산출방법으로 표준품셈을 활용한 방법이 주로 적용되고 있기 때문인 것으로 분석된다[18]. 그러나 이러한 방법은 해체공사 관련 표준품셈 기준 미비와 현장별 특성 반영이 어렵다는 문제점을 갖고 있다. 앞으로 도심지철거 증가와 해체대상물의 다양화가 예상됨에 따라 이를 고려한 해체공사비 예측 관련 연구가 요구되어진다.

이에 본 연구는 건축물 해체공사비 변동에 영향을 미치는 중요요인을 도출하고 영향정도를 분석하고자 한다. 이는 해체대상물 및 현장별 특성을 반영한 신뢰성 높은 해체공사비 예측 모형 개발을 위하여 반드시 선행되어야 할 과정이다. 본 연구의 결과는 해체공사 발주 단계에서 사업의 예산수립 및 발주자의 의사결정을 도울 수 있는 기초자료로 활용이 가능하다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구의 범위는 공법과 공정 측면으로 구분할 수 있는데, 먼저 공법 측면에서는 압쇄공법으로 한정하였다. 해체공법은 크게 발파해체공법과 기계식해체공법으로 분류된다. 발파해체공법은 전문가의 부족과 과도한 민원, 허가기관의 소극성 등의 문제로 국내 시공 사례가 드물다[19]. 기계식해체공법은 국내 해체산업에서 가장 일반적으로 활용되며, 1990년대 이전에는 브레이커(Breaker)공법과 같은 타격 파쇄공법들이 주로 사용되었으나, 환경에 대한 인식변화로 진동, 소음, 분진으로 인한 민원이 증가하게 되면서 점차 퇴조되었다. 이를 대신하여 파쇄효율이 월등히 개선된 저소음형 압쇄장비가 보편화 되었고, 1990년대 중반 이후부터 현재까지 해체 공사의 약 95% 정도가 압쇄 파쇄공법을 적용하고 있다[20].

공정 측면에서의 연구범위는 1) 가설공사, 2) 구조물해체공사, 3) 폐기물처리공사로 제한하였다. Cho et al.[21]이 분류한 해체공사비 내역체계에 따르면, 해체공사비 구성 중 가장 큰 비중을 차지하는 직접공사비는 가설공사비, 직접해체비(구조물해체), 폐기물 처리비, 유가물 매각비, 기타 등으로 구성된다. 이 중 해체공사와 직접 관련된 가설공사, 직접해체(구조물해체), 폐기물처리 공정을 제외한 유가물 매각비 및 기타는 지역에 따른 폐자재 환수 하도급 차이 및 유가물의 시세변동의 문제로 연구범위에서 제외하였다.

본 연구의 주요 절차 및 방법은 다음과 같다. 기존 관련

연구문헌 고찰과 해체전문가 그룹의 자문을 바탕으로 건축물 해체공사비 변동에 영향을 미치는 요인들을 도출하고, 각 요인들이 공사비 변동에 미치는 영향정도를 분석하기 위하여 전문해체업체 실무자들을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문응답 결과에 대한 신뢰성을 평가 후 기술통계 분석(Descriptive analysis)을 수행하여 해체공사의 주요 개별공정 및 전체공정 공사비 변동에 대한 각 요인별 영향정도를 비교·평가하였다.

2. 기존연구 고찰

2.1 해체공사 관련 연구 현황

해체공사란 건축물의 전부 또는 일부를 철거하거나 실내·외부 마감의 개보수를 목적으로 시행하는 공사로, 기존 건축물이 구조적, 경제적 또는 사회적인 수명을 다했을 때 시행되는 필연적인 공정이다. 과거의 해체공사는 건설과정에서 수반되는 부수적 수단으로 인식되었다. 그러나 최근 노후 건축물이 급격히 증가하고, 환경에 대한 인식이 높아짐에 따라 해체공사는 건축물의 생애주기에서 중요한 순환고리 역할을 담당하게 되었다[1]. 이러한 패러다임의 변화와 함께 해체공사 생산성 향상, 폐기물 처리 및 재활용성 향상, 해체공사비 산정을 위한 관련 연구들이 수행되어왔다.

먼저 해체공사의 생산성 향상을 위한 합리적인 시공계획 수립 지원 관련 연구 고찰 결과, 현장조건을 고려한 건축구조물 해체공법 선정[5,6], 해체공정별 리스크 분류 및 우선 순위 도출[7], 공종별 생산성을 중심으로 개략적인 해체공사 기간 산정방안 제시[8] 등의 연구가 진행되었다. 이들 문헌에서는 해체공사의 시공계획단계에서 현장 관리자의 경험에 의존한 계획수립을 문제로 지적하며, 보다 경제적이고 합리적인 해체공사 계획수립과 현장 요인들이 보다 구체적으로 반영되어야 함을 강조하고 있다.

건축물해체는 건축폐기물을 가장 많이 배출시키는 공종이므로, 이로 인해 발생하는 건축폐기물 감량 및 재활용과 반출과정에서의 어려움을 해결하기 위한 연구가 수행되었다. 분별해체 제도 도입을 위한 일반해체와의 비교와[9] 적용대상 건축물의 범위 제시[10], 도면을 통한 해체 물량산정과 실제 건축폐기물 발생량 비교분석[11], 재료 또는 공정별 건축폐기물 발생원단위 제안을 통한 건축폐기물 산정[12], 건축폐기물 처리의 사전계획 수립이 재활용성의 증가와 품질에 미치는 영향 분석[13], 건설폐기물의 운반량 산정을

위한 재료별 중량 환산계수 제안[14] 등의 연구가 진행된 바 있다.

해체공사비 산정과 관련된 기존 연구 고찰 결과, 표준품셈에 명기된 비율을 활용한 비율단가 방식으로 산정된 해체비용과 현장 조사를 바탕으로 실측된 실적단가의 비교 연구 [15], 표준품셈에 기초한 해체공사 원가계산체계와 내역체계 및 일위대가의 기준제시[16], 그리고 현장에서 활용되고 있는 공중임에도 불구하고 표준품셈에서 표현되지 않은 항목들에 대한 기준제시[17,18] 등이 진행되었다. 이상과 같이 선행연구 다수가 표준품셈에 기초하여 연구를 진행하였다. 그 원인은 비교견적을 통한 해체공사비 산정의 경우, 해체시공업체의 기술력이나 특성에 따른 편차로 일정한 기준 제시가 어렵고, 실적공사비는 해당 공정에 대한 누적데이터의 확보가 어려운 점에 기인한다[18]. 하지만, 표준품셈에 따른 공사비 산정 시 건축물의 물리적 속성과 현장의 환경적 속성 차이에 의한 공사비 변동정도의 예측과 적정 공사비 산정에 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구에서는 해체공사비 변동에 영향을 미치는 주요 영향 요인들을 도출하고, 중요도 순위를 분석하였다.

2.2 해체공사비 영향요인 도출

본 연구에서는 해체공사비 변동 영향요인들을 도출하기 위해 앞서, 선행연구 분석을 통해 가설공사, 구조물해체, 폐기물 처리에 영향을 미치는 요인들을 살펴보았다. 분석 결과, 층수(P1), 연면적(P4), 경과년도(P6), 구조형식(P7), 구성물(폐콘크리트, 폐목재, 경량철골 등)의 종류와 비율(P8), 분별해체 유무(E1), 현장 위치(E2), 여유 야적 공간(E4), 총 8개의 요인이 조사되었다(Table 1).

Kim at al.[9]과 Kim[22]은 해체대상물 층수와 구조의 중요성을 강조하였다. 연면적이 같을지라도 층수와 구조에 따라서 투입 장비와 가설 부재의 사용이 달라지고, 이는 단위면적당 해체공사비의 증감에 영향을 줄 수 있음을 언급하였다. 구조의 경우, 조적조와 목조는 대부분 소규모 건축물로 해체공사비의 편차가 작아 영향도가 미미하여 제외할 것을 제안하였다. Lee at al.[7]은 분별해체가 일반해체보다 발생원단위 및 투입인원이 높게 나타났으며, 용적기준 건설 폐기물량 역시 증가하였음을 언급하였다. 이는 공사비 상승으로 직접적인 영향을 줄 수 있음을 의미한다. Park and Song[23]과 Kim at al.[24]은 해체 대상 건축물의 구조 및 규모와 함께 입지조건, 부지 내 유희공간과 같은 환경적

요소도 함께 검토되어야 함을 언급하였다. 이는 현장 위치에 따라 소음, 분진 진동, 주변에 대한 안전확보를 고려함에 따라 가설설비가 달라지고, 건축폐기물의 야적을 위한 유희공간의 크기가 건축폐기물 장외반출 사이클에 영향을 미치기 때문이다.

이의 기존 연구문헌 고찰 결과와 해체전문가 그룹의 자문을 토대로 건축물 해체공사비 변동 영향요인을 최종 도출하였다(Table 1). 전문가 자문을 토대로 추가 또는 세분화된 수정 사항은 다음과 같다. 1) 기존 층수 요인을 지상 및 지하 해체층수(P2)로 세분화 하였다. 2) 건축물 내 엘리베이터(Elevator)의 유무(P3)를 추가하였다. 내장재 또는 석면 해체단계에서는 인력 작업이 주로 이루어지게 되는데, 엘리베이터의 사용 여부가 인건비와 공기 증감으로 이어진다. 3) 연면적을 세분화하여 기준층 1개 층의 바닥면적(P5)을 추가하였다. 연면적이 클수록 공기와 공사비는 증가하지만, 기준층의 바닥면적이 넓을수록 장비운용의 효율성이 높아져 공기와 공사비는 감소하게 된다. 4) 건축물의 입면 및 평면형상(P9, P10)을 요인으로 추가하였다. 건축물의 형상에 따라 해체장비의 이동 및 작업반경의 제약이 해체공사비 증가에 영향을 미칠 것으로 예상하였다. 5) 현장위치 요인을 세분화하여 주변 교통여건(E3) 요인을 추가하였다.

Table 1. Factors influencing the fluctuation of demolition cost

| Category | ID | Factors | LR' | GI'' |
|--------------------------|-----|--|-----|------|
| Physical properties | P1 | Number of floor above ground | ✓ | |
| | P2 | Number of underground floors | | ✓ |
| | P3 | Elevator presence | | ✓ |
| | P4 | Gross floor area | ✓ | |
| | P5 | Floor area of a typical floor | | ✓ |
| | P6 | Years elapsed since construction | ✓ | |
| | P7 | Type of building structure | ✓ | |
| | P8 | Composition type and ratio of the building materials | ✓ | |
| | P9 | Shape and variation of elevation plan | | ✓ |
| | P10 | Shape and variation of floor plan | | ✓ |
| Environmental properties | E1 | Presence of separating dismantlement | ✓ | |
| | E2 | Site location | ✓ | |
| | E3 | Surrounding traffic condition | | ✓ |
| | E4 | Free space for open storage yard | | ✓ |

Note: 'LR=Literature review, ''GI=Group interview

3. 해체공사비 변동 영향요인 분석

3.1 설문조사 개요 및 신뢰도 분석

앞서 선행연구문헌 및 전문가 자문을 바탕으로 해체공사비 변동에 영향을 미치는 영향요인 14개를 도출하였다. 이를 바탕으로 영향요인들의 중요도를 산정하고, 분석하기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문지는 1) 응답자 기본정보, 2) 해체공사비 변동 영향요인 중요도 조사(5점 척도, 이상 2개 파트로 구성하였다. 중요도 조사는 크게 3개의 개별 공정(가설공사, 본 구조물 해체, 폐기물 운반 및 처리) 및 전체 공정에 대하여 각각 진행하였다. 본 연구에서는 해체공사비 변동 영향요인을 설문 답변 5점 척도에서 ‘영향이 거의 없음(공사비 변동 $\pm 5\%$ 이내)’은 1점, ‘영향이 적음($\pm 30\%$ 이내)’은 2점, ‘보통($\pm 50\%$ 이내)’은 3점, ‘영향이 큼($\pm 100\%$ 이내)’은 4점, ‘영향이 매우 큼($\pm 100\%$ 초과)’은 5점을 부과하여 전체 답변의 평균값으로 산정하였다. 각 퍼센티지(Percentage)는 전체 해체공사비에 대한 변동 범위를 나타낸다.

설문지는 국내 해체전문업체 중 대한전문건설협회 평가 기준 2017년 시공능력평가액 50억 이상인 57개 업체를 대상으로 전자우편 및 온라인 방식을 통해 배포하였으며, 약 1개월(2018년 6월)의 설문기간동안 총 21부가 회수되었다. 설문 응답자들의 해체공사 및 관련분야 실무경력은 평균 15년, 해체공사 수행경험 평균 34건인 것으로 집계되었다. 또한 Cronbach`s α 계수를 통한 내적일관성 검증을 통해 설문 응답 결과의 신뢰도 측정을 수행하였으며, 응답 신뢰도의 기준은 0.7이상으로 판정하였다[25]. 그 결과 가설공사(0.866), 구조물 해체 작업(0.895), 폐기물 운반 및 처리작업(0.890), 전체 공정(0.888)으로 응답자의 답변경향이 일관성 있게 나타나 설문 조사 결과를 신뢰할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 설문조사 결과분석

3.2.1 공정별 해체공사비 변동 영향요인 중요도

1) 가설 공사

해체공사 중 가설공사 공정에 대한 공사비 변동 영향요인들의 중요도 조사에 따른 기술통계 분석 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 왜도(Skewness)와 첨도(Kurtosis)의 절대값이 모두 2보다 작게 나타나고 있어 정규성에서 크게 벗어

나지 않아 각 요인의 평균 및 다른 변수와의 평균적 관계를 파악하는 것에 문제가 없는 것으로 판단된다.

Table 2에서 볼 수 있듯이 가설공사 단계에서 해체공사비 변동 영향요인 중요도는 ‘지상 해체 층수(P1, 3.71)’, ‘현장 위치(E2, 3.52)’가 가장 중요시 되는 영향요인으로 나타났다. 위 요인들은 가설공사 단계에서 해체공사비 $\pm 50\% \sim \pm 100\%$ 이내의 변동 가능성을 가진다. 가설공사의 특성상 지상 해체 층수가 가설공사량으로 직결되고, 현장의 위치에 따라 민원과 안전을 고려한 가설설비의 종류 및 설치정도가 크게 변할 수 있음에 기인한다고 볼 수 있다. 이어서 ‘건물 입면 형상(P9 3.43)’, ‘주변 교통 여건(E3, 3.19)’의 순으로 중요도가 나타났으며, 위 요인들은 평균적으로 $\pm 30\% \sim \pm 50\%$ 이내의 가설공사비 변동을 야기할 수 있다. ‘건물 입면 형상’ 요인의 경우, 해체대상물의 불규칙한 입면이 가설공사의 시공난이도에 영향을 미치는 점이 공사비 변동의 큰 원인으로 판단된다.

Table 2. Importance of the factors affecting temporary work costs

| ID | Mean | SD | Min. | Max. | Skewness | Kurtosis | Rank |
|-----|------|------|------|------|----------|----------|------|
| P1 | 3.71 | 1.01 | 2.0 | 5.0 | -0.33 | -0.82 | 1 |
| P2 | 2.43 | 1.25 | 1.0 | 5.0 | 0.78 | -0.13 | 10 |
| P3 | 2.38 | 1.20 | 1.0 | 5.0 | 0.31 | -0.69 | 11 |
| P4 | 3.14 | 1.42 | 1.0 | 5.0 | -0.28 | -1.21 | 5 |
| P5 | 2.33 | 1.32 | 1.0 | 5.0 | 0.47 | -1.09 | 12 |
| P6 | 2.67 | 1.15 | 1.0 | 5.0 | 0.52 | -0.08 | 8 |
| P7 | 2.90 | 1.22 | 1.0 | 5.0 | 0.20 | -0.38 | 6 |
| P8 | 1.95 | 1.20 | 1.0 | 5.0 | 1.05 | 0.32 | 13 |
| P9 | 3.43 | 1.36 | 1.0 | 5.0 | -0.62 | -0.69 | 3 |
| P10 | 2.57 | 1.33 | 1.0 | 5.0 | 0.47 | -0.41 | 9 |
| E1 | 1.81 | 0.98 | 1.0 | 4.0 | 0.77 | -0.75 | 14 |
| E2 | 3.52 | 1.08 | 2.0 | 5.0 | 0.06 | -1.20 | 2 |
| E3 | 3.19 | 0.93 | 2.0 | 5.0 | 0.41 | -0.45 | 4 |
| E4 | 2.90 | 1.18 | 1.0 | 5.0 | 0.40 | -0.33 | 6 |

Note : SD = Standard deviation

2) 본 구조물 해체공사

Table 3에서 볼 수 있듯이 앞서와 마찬가지로 정규성 가정에 문제가 없는 것으로 판단되며, 구조물해체 단계에서의 해체공사비 변동 영향요인 중요도는 ‘지하 해체 층수(P2, 4.33)’가 가장 높게 나타났다. 다음으로 ‘야적 공간 여유(E4, 4.00)’, ‘현장위치(E2, 3.86)’ 그리고 ‘주변 교통 여건(E3, 3.71)’과 ‘구조형식(P7, 3.71)’ 순으로 나타났다. 위의 요인들은 해체공사비의 $\pm 100\%$ 이내의 변동 가능성을

가진다. ‘지하 해체 층수’ 요인은 해체 장비의 투입이 어려운 경우 또는 지하구조물 해체에 따른 지반 보강이 필요한 경우에, 토목 업체와 병행하여 작업이 진행되는 과정에서 해체공사비 증가를 초래하는 것으로 판단된다. 또한 본 구조물해체 단계에서 ‘구조 형식(P7)’에 따른 투입 장비 및 인력 변화로 인한 공사비 변동의 영향이 큰 것으로 나타났다.

Table 3. Importance of the factors affecting structure demolition costs

| ID | Mean | SD | Min. | Max. | Skewness | Kurtosis | Rank |
|-----|------|------|------|------|----------|----------|------|
| P1 | 3.67 | 1.06 | 2.0 | 5.0 | -0.35 | -1.01 | 6 |
| P2 | 4.33 | 0.73 | 3.0 | 5.0 | -0.63 | -0.77 | 1 |
| P3 | 2.62 | 0.97 | 1.0 | 4.0 | -0.19 | -0.79 | 14 |
| P4 | 3.33 | 1.28 | 1.0 | 5.0 | -0.54 | -0.36 | 8 |
| P5 | 3.05 | 1.32 | 1.0 | 5.0 | -0.1 | -1.14 | 11 |
| P6 | 2.86 | 1.06 | 1.0 | 5.0 | 0.59 | -0.14 | 13 |
| P7 | 3.71 | 0.96 | 2.0 | 5.0 | -0.5 | -0.44 | 4 |
| P8 | 3.38 | 1.07 | 1.0 | 5.0 | -0.33 | -0.18 | 7 |
| P9 | 3.29 | 1.23 | 1.0 | 5.0 | -0.25 | -0.6 | 9 |
| P10 | 3.00 | 1.00 | 1.0 | 5.0 | -0.33 | 0.27 | 12 |
| E1 | 3.10 | 1.04 | 1.0 | 5.0 | 0.09 | -0.32 | 10 |
| E2 | 3.86 | 0.91 | 2.0 | 5.0 | -0.14 | -0.96 | 3 |
| E3 | 3.71 | 1.01 | 2.0 | 5.0 | -0.01 | -1.16 | 4 |
| E4 | 4.00 | 0.84 | 2.0 | 5.0 | -0.57 | 0.08 | 2 |

하지만 예상과 달리 ‘지하 해체 층수(E2)’와 ‘구조형식(P7)’을 제외한 해체대상물의 물리적 속성보다 환경적 속성이 본 구조물 해체 단계에서 해체공사비 변동에 미치는 영향이 더욱 큰 것으로 나타났다. 그 원인은 ‘현장위치(E2)’, ‘주변 교통 여건(E3)’, ‘야적 공간 여유(E4)’와 같은 요인들이 가설공사와 폐기물처리 과정에서 직·간접적으로 본 구조물 해체 작업 사이클에 미치는 영향이 크기 때문으로 분석된다.

3) 폐기물 운반 및 처리공사

Table 4에서 볼 수 있듯이 앞서와 마찬가지로 정규성 가정에 문제가 없는 것으로 판단되며, 이에 폐기물 운반 및 처리 단계에서의 해체공사비 변동 영향요인의 중요도는 ‘야적 공간 여유(E4, 4.14)’, ‘현장위치(E2, 3.95)’, ‘주변 교통 여건(E3, 3.90)’, ‘지하 해체 층수(P2, 3.76)’ 순으로 나타났다. 위의 요인들은 폐기물처리 단계에서 해체공사비 $\pm 50 \sim \pm 100\%$ 내외의 변동 가능성을 갖는다. ‘야적 공간

여유(E4)’와 ‘구성물 종류, 비율(P8)’ 요인은 성상별 분리 작업의 효율 및 생산성과 직결되며, ‘현장위치(E2)’와 ‘주변 교통 여건(E3)’ 요인과 함께 해체폐기물의 장외반출 사이클(cycle)에 중대한 영향을 미치는 원인으로 분석된다. 또한 ‘지하 해체 층수(P2)’에 따른 폐기물처리하는 지상층 해체와 달리 양증을 통해서만 가능하다. 이에 따른 양증장비의 투입 수량과 종류가 공사비의 증감에 영향을 미치는 것으로 분석된다. ‘분별해체 유무(E1)’ 요인은 분별해체를 실시할 경우에 해체폐기물의 감소와 재활용성은 증가 되지만, 투입 인력 증가로 비용 증가의 원인이 된다[9].

Table 4. Importance of the factors affecting waste disposal costs

| ID | Mean | SD | Min. | Max. | Skewness | Kurtosis | Rank |
|-----|------|------|------|------|----------|----------|------|
| P1 | 3.14 | 1.46 | 1.0 | 5.0 | -0.17 | -1.26 | 8 |
| P2 | 3.76 | 1.14 | 2.0 | 5.0 | -3.89 | -1.22 | 4 |
| P3 | 2.57 | 1.12 | 1.0 | 4.0 | 0.04 | -1.36 | 11 |
| P4 | 3.29 | 1.38 | 1.0 | 5.0 | -0.57 | 0.78 | 7 |
| P5 | 2.62 | 1.24 | 1.0 | 5.0 | 0.48 | -0.58 | 10 |
| P6 | 2.43 | 0.98 | 1.0 | 5.0 | 0.75 | 1.16 | 12 |
| P7 | 3.05 | 1.36 | 1.0 | 5.0 | 0.04 | -1.13 | 9 |
| P8 | 3.57 | 1.25 | 1.0 | 5.0 | -1.12 | 0.63 | 5 |
| P9 | 2.24 | 1.14 | 1.0 | 5.0 | 0.61 | 0.01 | 14 |
| P10 | 2.29 | 1.06 | 1.0 | 5.0 | 0.77 | 0.75 | 13 |
| E1 | 3.57 | 1.08 | 1.0 | 5.0 | -0.6 | 0.2 | 5 |
| E2 | 3.95 | 1.02 | 2.0 | 5.0 | -0.52 | -0.87 | 2 |
| E3 | 3.90 | 0.94 | 2.0 | 5.0 | -0.59 | -0.3 | 3 |
| E4 | 4.14 | 0.79 | 3.0 | 5.0 | -0.27 | -1.31 | 1 |

3.2.2 개별 공정 및 전체 해체공사비 변동 영향요인 중요도 비교

Table 5는 해체공사비 변동 영향요인의 중요도를 공정별 비교가 가능하도록 나타낸 것이다. 전체공정의 요인별 중요도(Table 5의 (a))과 개별 공정의 요인별 중요도(Table 5의 (b)~(d))를 바탕으로 도출한 평균 중요도(Table 5의 (e))를 비교했을 때, 요인별 중요도의 차이는 매우 근소하며 중요도의 순위 역시 유사하게 나타났다. 또한 통계적 차이여부를 검증하기 위하여 독립표본 t검정을 수행해본 결과, 14개 요인 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이는 각 요인들이 전체 해체공사비의 변동에 영향을 미치는 정도는 3개 주요 공정의 공사비 변동에 미치는 영향정도의 평균이 될 수 있음을 의미하며, 이는 향후 실적 자료를 토대로 검증이 필요할 것이다.

Table 5. Comparison on the importance of the factors affecting demolition costs of each and whole process

| ID | Importance(Ranking) | | | | |
|------|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Whole process (a) | Temporary work (b) | Structure demolition (c) | Waste disposal (d) | Average (e=(b+c+d)/3) |
| P1 | 3.67(5) | 3.71(1) | 3.67(6) | 3.14(8) | 3.51(4) |
| P2 | 3.90(2) | 2.43(10) | 4.33(1) | 3.76(4) | 3.51(5) |
| P3 | 2.71(14) | 2.38(11) | 2.62(14) | 2.57(11) | 2.52(14) |
| P4 | 3.38(6) | 3.14(5) | 3.33(8) | 3.29(7) | 3.25(6) |
| P5 | 2.76(12) | 2.33(12) | 3.05(11) | 2.62(10) | 2.67(11) |
| P6 | 2.81(11) | 2.67(8) | 2.86(13) | 2.43(12) | 2.65(12) |
| P7 | 3.29(7) | 2.90(6) | 3.71(4) | 3.05(9) | 3.22(7) |
| P8 | 3.24(8) | 1.95(13) | 3.38(7) | 3.57(5) | 2.97(9) |
| P9 | 3.05(10) | 3.43(3) | 3.29(9) | 2.24(14) | 2.98(8) |
| P10 | 2.76(12) | 2.57(9) | 3.00(12) | 2.29(13) | 2.62(13) |
| E1 | 3.14(9) | 1.81(14) | 3.10(10) | 3.57(5) | 2.83(10) |
| E2 | 4.00(1) | 3.52(2) | 3.86(3) | 3.95(5) | 3.78(1) |
| E3 | 3.81(4) | 3.19(4) | 3.71(4) | 3.90(3) | 3.60(3) |
| E4 | 3.86(3) | 2.90(6) | 4.00(2) | 4.14(1) | 3.68(2) |
| Ave. | 3.31 | 2.78 | 3.42 | 3.18 | 3.13 |

Table 5의 결과에서 볼 수 있듯이, 전체 해체공사비 변동에 대해서는 ‘현장위치(E1, 4.00)’와 ‘지하 해체 층수(P2, 3.90)’의 공사비 영향정도가 가장 중요시 되는 영향요인으로 나타났다. 이어서 ‘야적 공간의 여유(E4, 3.86)’와 ‘주변 교통 여건(E3, 3.81)’, ‘지상 해체 층수(P1, 3.67)’의 순으로 중요도가 높게 나타났다. 위의 요인들은 평균적으로 $\pm 50 \sim \pm 100\%$ 내외의 변동을 야기할 수 있으며, 이는 건물의 물리적 속성에 비해 현장의 환경적 속성이 해체공사시 전체 공사비의 변동에 더 크게 영향을 미치는 것으로 분석할 수 있다. 도심지와 같은 건축물 밀집지역일 때, 민원과 안전의 문제로 진동, 소음, 분진 저감을 위한 가설설비 설치비용 증가와 지하층 해체 시, 주변 지반의 침하방지를 위한 보강 및 건축폐기물 양증으로 인한 공기 증가가 해체공사비 변동의 큰 원인으로 분석된다.

Table 5에서 공정별로 중요도의 평균값을 초과하는 요인의 중요도는 굵은 글씨(Bold)로 나타내었다. 먼저 ‘현장위치(E2)’, ‘주변 교통 여건(E3)’, ‘야적공간 여유(E4)’는 공정과 관계없이 해체공사비 변동에 평균 이상의 영향을 미치는 중요 요인들로 나타났다. 앞으로 중·고층 건축물의 도심지 해체공사가 증가함에 따라 위의 요인들의 중요도는 더욱 커질 것으로 예상된다. ‘지상 해체층수(P1)’와 ‘구조형식(P7)’은 폐기물 처리공사, ‘연면적(P4)’은 본 구조물 해체

공사에서 평균 이하의 중요도를 나타냈으나, 모두 평균 3이상의 영향정도를 보였다. 또한 ‘지하 해체 층수(P2)’의 경우 관련성이 낮은 가설공사를 제외한 나머지 공정에서 모두 공사비 변동에 미치는 영향이 매우 큰 중요 요인으로 나타났다.

반면에, ‘엘리베이터의 유무(P3)’, ‘기준층 바닥 면적(P5)’, ‘경과년도(P6)’, ‘건물 평면 형상(P10)’ 요인은 모든 공정에서 해체공사비 변동에 미치는 영향이 타 요인에 비해 상대적으로 미미한 것으로 나타났다. ‘엘리베이터의 유무(P3)’ 요인은 엘리베이터가 존재하지 않거나, 기타의 문제로 엘리베이터 샤프트(shaft)의 활용이 어려울 경우, 슬래브를 일부 개구하여 사용하는 차선이 있어 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다. 또한 ‘건물 평면 형상(P10)’이 해체 장비의 이동 및 회전 반경에 제약을 주고, 이로 인한 장비 효율성의 저하가 비용증가로 이어질 것으로 예상했으나 해체공사비 변동에 미치는 영향은 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

가설공사단계에서 영향요인들의 중요도 평균은 2.78로, 14개 영향요인에 의해 약 $\pm 30\% \sim \pm 50\%$ 정도의 공사비 변동 가능성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 구조물해체단계(3.42)와 폐기물처리단계(3.18)의 공사비 변동 가능성과 비교했을 때, 상대적으로 해체공사비 변동에 미치는 영향이 작다고 판단할 수 있다. 특히 타 공정과 비교했을 때, ‘지하 해체 층수(P2)’, ‘구성물의 종류 및 비율(P8)’, ‘분별 해체 유무(E1)’, ‘야적 공간 여유(E4)’ 요인의 중요도가 낮게 나타났다. 이는 위의 영향요인들이 타 공정에 비해 가설공사와의 연관성이 유독 낮기 때문으로 판단된다.

4. 결 론

최근 사회적, 구조적 수명을 다한 노후 건축물들이 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 증가추이를 고려할 때 해체산업의 급격한 성장이 예상된다. 하지만 해체공사비 예측을 위한 이론적 접근이나 관련 연구가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 해체공사비의 추정을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다. 이를 위해 건축물 해체공사비 변동에 영향을 미치는 중요 요인들을 제시하였으며, 각 요인들이 해체공사의 주요 공정 및 전체 공정 공사비 변동에 미치는 영향정도를 도출하고 분석하였다. 그 결과, 현장위치, 주변 교통 여건, 야적공간 여유, 해체층수, 연면적과 같은 요인들이 공정에 관계없

이 전반적으로 높은 중요도로 도출되었다. 또한 해체공사비의 변동 범위는 구조물해체와 폐기물처리 공정에서 높게 나왔으며, 환경적 요인들의 영향을 많이 받는 것으로 분석되었다. 즉, 보다 정확한 공사비 예측 및 적정 공사비 산정을 위해서는 건물의 물리적 속성들에 비해 상대적으로 정량화 및 분류가 어려운 현장의 환경적 속성이 공사비 변동정도를 파악함에 있어 매우 중요한 요소가 될 것이다. 본 연구의 결과는 중요도 분석을 위한 데이터가 다소 적은 점이 한계점으로 남았지만, 기존의 미흡했던 해체공사비 예측을 위한 연구의 기초자료로써 의미가 있다. 본 연구 결과는 향후 실질적인 현장 데이터를 바탕으로 해체공사비 예측 모형 개발을 진행함에 있어, 독립변수의 선정 및 가중치 반영에 활용될 것이다.

요 약

급속한 산업화와 도시화를 거치면서 대량으로 건설된 중·고층 건물이 사회적, 구조적으로 노후됨에 따라 해체공사가 대거 증가하고 있다. 그러나 해체공사비 예측을 위한 이론적 접근이나 관련 연구는 미흡한 실정이다. 이러한 배경에서 본 연구는 건축물 해체공사비 변동에 영향을 미치는 중요 요인을 도출하고 분석하고자 하였다. 이를 위해 먼저 문헌고찰과 전문가 그룹의 자문을 바탕으로 14개의 영향요인을 도출하였으며, 설문조사를 실시하여 가설공사, 구조물해체, 폐기물처리, 전체공정별 중요도를 파악하고 분석하였다. 그 결과, 해체공사비의 변동은 해체현장의 환경적 요인들에 의한 영향이 큰 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 해체공사 발주단계에서 개략공사비 추정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 해체공사비, 영향요인, 건적, 기술통계분석

Acknowledgement

This research was supported by Individual Basic Science & Engineering Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2015R1D1A1A01058681) and by research fund from Chosun University, 2016.

References

1. Kim HJ. Development of advanced demolition technologies for eco-friendly urban regeneration, 1st ed. Anyang(Korea): Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement; c2012, Chapter 1, Outline of development project, p. 3-6.
2. Housing Supply Ratio: Demolition status [Internet]. Sejong(Korea): Ministry of Land, Infrastructure, and Transport. 2010 - 2016 [cited 2018 Jun 11]. Available from: <http://kosis.kr/index/index.do>
3. Statistical yearbook: Contract performance [Internet]. Seoul(Korea): Korea Specialty Construction Association, 2012 - 2016 [cited 2018 Jun 11]. Available from: <https://www.kosca.or.kr/>
4. Lee JY. 2014 Year book of land & housing Statistics, Seongnam(Korea): Korea Land and Housing Corporation; c2014, Chapter 3, Housing; p.222-3.
5. Mun GN. A Study on the criteria for selection for demolition method of structure based on case study [master`s thesis]. [Seoul (Korea)]: Hanyang University; 2004. 54 p.
6. Lee HM, Go SS. A study on the system development for optimum method selection in demolition works. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2008 May;24(5):193-200.
7. Kim KH, Choi JS, Shin SH, Yang CH. Analysis of the risk factors in demolition. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2008 Jan;24(1):151-8.
8. Woo JP, Cha HS, Kim KR, Shin DW. A study on duration calculation method for eco-friendly remodeling demolition work using productivity analysis. Korean Journal of Construction Engineering and Management, 2013 Jan;14(1):124-32.
9. Lee JC, Yoon SH, Lee SH, Song TH. A comparative analysis between separating dismantlement and usual dismantlement of the building interior. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 2009 Oct;25(8):135-42.
10. Park JS, Song TH, Choi DH. Applicable building range for the introduction of the building separation and dismantling system. Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, 2013 Dec;1(3):189-96.
11. Kim CH, Lee GH, Kim HJ. The comparison and analysis of waste quantity through a case study of demolition works. Korean Journal of Construction Engineering and Management, 2008 Aug;9(4):131-39.
12. Park JM, Kim CH, Kim HJ. Quantifying demolition waste using regression analysis. Proceedings of KICEM Annual Conference;

- 2010 Nov 5–6; Incheon National University, Incheon, Korea, Seoul(Korea): Korea Institute of Construction Engineering and Management, p.319–20.
13. Chae SH, Kim KH, Cha HS, Kim KR, Han JH, Construct ability analysis in aged–housing remodeling demolition work for maximizing waste recycling. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2010 May;11(3):13–22.
 14. Kim HJ, Kang IS, Kim CH. A comparative analysis on generated construction waste quantities in a case study for deconstruction of an apartment. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2014 Nov;15(6):63–70.
 15. Sung NW, Kim YS. An investigation on the propriety of ratio–unit price method for estimating demolition cost. *Proceedings of KICEM Annual Conference; 2004 Nov 6; Chung–ang University, Seoul, Korea, Seoul(Korea): Korea Institute of Construction Engineering and Management*. p.579–83.
 16. Park SS, Lee SB, Shin SH. Demolition cost estimation of small–size rental housing based on the quantity per unit method. *LHI Journal of Land, Housing, and Urban Affairs*. 2011 Oct;2(4):415–27.
 17. Nam WJ, A study on improvement method of quantity per–unit system in the remodeling demolition work [master`s thesis]. [Seoul (Korea)]: Konkuk University; 2013. 52 p.
 18. Kim HJ, Kang IS, Lee DW, Kim CH. Development of a computer system and suggestion of man–hours for demolition cost estimation. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 2014 Jun;34(3):1007–15.
 19. An MS, An JW. Development direction of explosive demolition method. *Construction Engineering and Management*. 2017 Oct;18(5):21–5.
 20. Kim HJ. Develop optimal dismantling technology for each type of high–rise building. Sejong(Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; c2006. Chapter 2, State of Internal and External Technology Development; p.8.
 21. Cho TW. A Prospect of explosives demolition based on comparative Aanalysis of demolition cost. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2004 Aug;5(4):130–8.
 22. Kim BH. A study on improving method selection process to enhance removal environment of downtown buildings [master`s thesis]. [Seoul (Korea)]: Chung–ang University; 2008. 67 p.
 23. Park JS, Song TH. Basic research for introduction plan of building dismantlement. *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*. 2012 Dec;7(4):113–20.
 24. Kim YD, Kim KH, Cha HS, Kim KR, Shin DW. Economic evaluation of eco–friendly demolition work and case study in remodeling project. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2010 Mar;11(2):45–53.
 25. Kim WP. Basic statistical analysis. Seoul(Korea): WiseIN Company; 2017. p.328–74.