

공동주택 지하주차장 확대 리모델링 개략 공사비 산정 모델 개발

정은빈¹ · 구충완² · 김태원³ · 이찬식^{4*}

¹인천대학교 건축학과 박사과정 · ²인천대학교 도시건축학부 조교수 · ³인천대학교 도시건축학부 부교수 · ⁴인천대학교 도시건축학부 교수

Development of Basic Construction Cost Estimation Model for Expansion of Underground Parking Lot Remodeling in Apartment Housing

Jeong, Eunbeen¹ · Koo, Choongwan² · Kim, Taewan³ · Lee, Chansik^{4*}

¹Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Graduate School, Incheon National University

²Assistant Professor, Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University

³Associate Professor, Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University

⁴Professor, Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University

Abstract : The cost of remodeling parking lots of apartment houses accounts for about 20 percent of the total cost of remodeling. This means that when the remodeling cost of the underground parking lot is known, it becomes possible to estimate the total construction cost. The standard of estimation referenced when calculating the construction cost is difficult to apply to calculating the remodeling cost. Thus, a construction cost estimation model that reflects the characteristics of remodeling construction is necessary. This study developed a basic construction cost estimation model for expansion remodeling of underground parking lots of apartment houses that calculates the approximate cost of construction by reflecting the characteristics and design elements of remodeling. Based on literature review and consultation with experts, 37 activities of underground parking lot remodeling construction were derived. In order to enable calculation of approximate construction cost before the remodeling design drawing is finalized, the quantity calculation formula and unit price for each activity were presented. Based on expert advice, 13 factors that affect the increase in construction cost and weights of each factor were determined. As a result of applying three cases of remodeling complexes to the basic cost estimation model, the accuracy was confirmed to be 93 percent on average.

Keywords : Basic Construction Cost Estimation Model, Underground Parking Lot Remodeling, Parking Lot Expansion

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

공동주택의 주차장 리모델링 공사비는 공동주택 전체 리모델링 공사비의 대략 20%를 차지한다(Han & Choi, 2014). 지하주차장 공사비를 알면 사업의 전체 공사비 예측이 가능할 것이다. 그러나 공동주택 주차장 리모델링은 사례가 적고, 신축 시 고려하지 않는 많은 리스크가 존재하며, 리모델링 공종의 시공성 파악이 어렵다(Lee, 2016; Xing et al., 2012).

Kim and Cha (2018)에 따르면, 공사비를 산정하기 위해 시공사에서 가장 많이 사용하는 방법은 품셈을 활용하는 것이다. 그러나 표준품셈은 리모델링 공사의 특징을 제대로 반영하고 있지 않다. 기존 지하 공간의 유무와 지하 층수에 따라 시공 절차도 달라지므로(Jung et al., 2018), 표준품셈을 활용하여 리모델링 공사비를 산정하는 것은 부적절하다. 따라서, 리모델링 공사의 특징을 반영할 수 있는 공사비 산정 모델이 필요하다.

이 연구는 공동주택 주민들이 가장 선호하며 주차장 확대 사례도 가장 많은 지하 확대 방식을 대상으로 공동주택 지하주차장 확대 리모델링 개략 공사비 산정 모델(이하, '개략 공사비 산정 모델')을 제시할 목적으로 수행되었다.

* **Corresponding author:** Lee, Chansik, Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University, Incheon, Korea, 22012

E-mail: cslee@inu.ac.kr

Received December 1, 2020: **revised** -

accepted December 28, 2020

1.2 연구의 범위 및 방법

연구의 범위는 공동주택 리모델링 프로젝트의 주차공간 중 지하주차장의 토공사, 해체 및 철거 공사, 구조체 보강 공사, 파일 및 기초 공사, 골조 공사 등의 직접 공사비 산정으로 한정한다.

연구의 절차 및 방법은 다음과 같다.

첫째, 지하주차장 확대방식, 지하주차장 진입방식, 그리고 공동주택 주차장의 공사비 관련 국내 선행연구에 대하여 고찰한다.

둘째, 개략 공사비 산정 모델을 개발한다.

셋째, 개략 공사비 산정 모델에 공동주택 리모델링 사례를 적용하여 개략 공사비 산정 모델의 정확도를 검증한다.

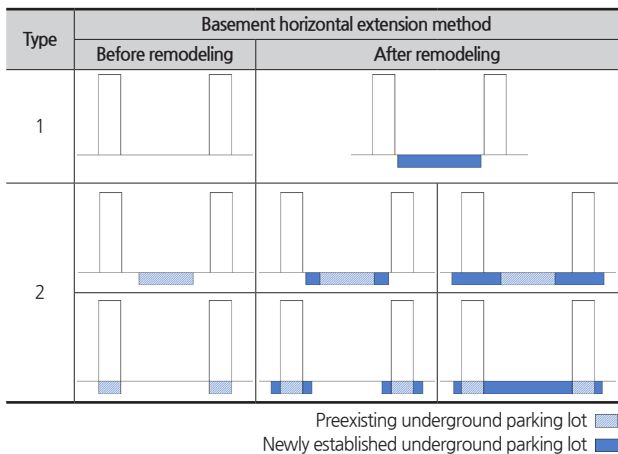
2. 예비적 고찰

2.1 지하주차장 확대방식

주차장 확대방식은 단지의 주차공간을 확보하기 위한 기술로서, 주차장 확대방식은 지하수평 확대방식, 지하수직 확대방식, 데크 확대방식, 별동 신축 확대방식, 별동 기계식주차 확대방식, 건물상부 확대방식 등으로 분류할 수 있다¹⁾. 이 중 연구의 범위에 해당하는 지하주차장에 적용 가능한 확대방식은 지하수평 확대방식과 지하수직 확대방식이다.

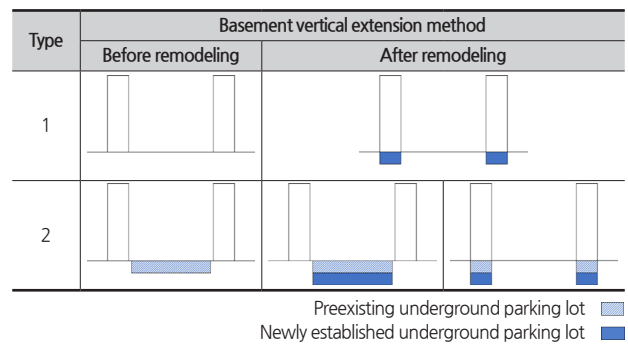
지하수평 확대방식은 주동과 주동 사이에 지하주차장을 계획하는 방식으로 지상주차장만 설치된 단지에 지하주차장을 신설하는 경우(Type 1)와 기존 지하주차장을 수평으로 확장하는 경우(Type 2)로 구분된다(Table 1). 이 방식은 주차공간 확보가 우수하고 지상에 공지 확보가 가능하여 조경 등 외부 특화가 가능하지만 중·저층 아파트의 경우 인동거리가 짧아서 확대가 어려울 수 있고 지하로 깊어지면 기존 구조체의 언더피닝이 필요하다(Shin, 2017).

Table 1. Basement horizontal extension method



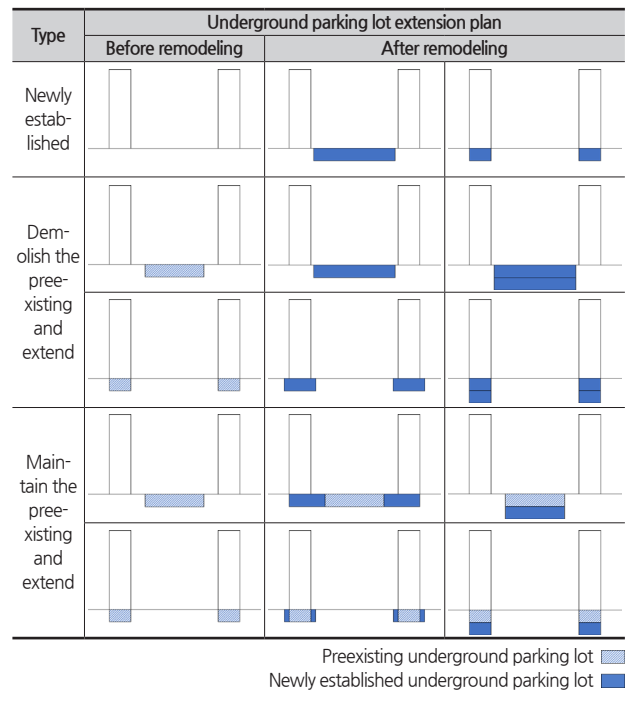
지하수직 확대방식은 기존 건물의 수직 하부에 주차장을 신설하는 경우(Type 1)와 기존 지하구조물을 이용하여 지하주차장을 계획하는 경우(Type 2)로 구분된다(Table 2). 이 방식은 기존 구조물 및 기초에 미치는 영향이 크기 때문에 구조적 제약조건이 많으며 구조 안정성이 확보되어야 확대 가능하다. 벽식구조의 경우 지하수직 확대방식을 적용하기 어렵고 주차공간 확보도 불리하다. 그리고 이 방식은 동간 거리가 확보되지 않은 경우 또는 대지 내 공지가 협소한 단지에 적용 가능하다(Song et al., 2009).

Table 2. Basement vertical extension method



Jung et al. (2018)은 지하공간을 확장하기 위한 확대방법으로 신설, 철거 후 신축, 존치 후 증축 등 3가지 방법을 제시하였다(Table 3). 첫째, 신설은 지하주차장이 존재하지 않던

Table 3. Underground parking lot extension plan



1) 황경진 외 1 (2007). “공동주택의 주차장 확대방식 선정 절차모델 개발”, 한국건설관리학회 논문집, 23(2).

공동주택을 대상으로 적용 가능하며, 지하 공사를 통해 새로운 지하주차장을 만드는 것으로 정의하였다. 둘째, 철거 후 신축은 지하주차장이 존재하던 공동주택을 대상으로 적용 가능하며, 구조적인 한계점과 공사난이도의 상승을 고려하여, 지하주차장을 철거하고 새롭게 지하주차장을 만드는 것으로 정의하였다. 셋째, 존치 후 증축은 기존 지하주차장이 존재하던 공동주택을 대상으로 적용 가능하며, 기존 지하주차장을 철거하지 않고 지하주차장의 층수를 늘리거나, 지하주차장의 범위를 넓히는 것으로 정의하였다.

2.2 지하주차장 진입방식

주차장 진입방식은 거주자가 주차장에서 주동으로 진입하는 방식이다. 주차장 진입방식은 주차장의 확대 범위에 따라 지상진입과 지하진입으로 구분하고, 엘리베이터 홀의 위치에 따라 직접진입과 간접진입으로 구분한다(Song et al., 2009). 이에 따라 주차장 진입방식은 지하직접 진입방식, 지하간접 진입방식, 지상직접 진입방식, 지상간접 진입방식, 데크진입방식 등 5가지로 나눌 수 있다²⁾. 이중 지하주차장 확대 방식에 적용 가능한 4가지 진입방식에 대한 설명은 다음과 같다(Table 4).

첫째, 지하직접 진입방식은 기존 공동주택의 지하 부위까지 엘리베이터를 확장하여 신설된 지하주차장에서 엘리베이터를 이용하여 세대에 직접 진입하는 방식이다(Youn et al., 2019). 둘째, 지하간접 진입방식은 신설된 지하주차장에서 주동 지하 부위 계단을 이용하여 1층으로 이동 후 엘리베이터를 이용하여 세대로 진입하는 방식이다(Song, 2009). 셋째, 지상직접 진입방식은 신설된 지하주차장 출구를 주동 1층 입구 주위로 계획하고 그 위에 캐노피를 설치하여 지하주차장에서 캐노피를 통해 1층으로 이동 후 엘리베이터를 이용하여 세대로 진입하는 방식이다(Youn, 2019). 넷째, 지상간접 진입방식은 신설된 지하주차장 입구를 주동과 일정 간격 떨어진 곳에 설치하고 지하주차장에서 외부로 경유하여 주동 1층으로 이동 후 엘리베이터를 이용하여 세대로 진입하는 방식이다(Park, 2009).

Table 4. Parking lot access system

Division	Direct access system to underground	Indirect access system to underground	Direct access system to ground floor	Indirect access system to ground floor
Cross section				

2) 김인기 외 2 (2009). 노후 공동주택 리모델링의 주차장확대 계획에 영향을 미치는 계획요인 및 요소에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 25(6).

Choi et al. (2019)는 주동-지하주차장 진입방식에 따른 연결 기술은 주동-지하주차장 단면구조와 지하주차장에서 주동으로의 진입방식에 따라 일반형, 터널형, 복도형, 셔틀형 등 4가지로 구분하였다. 일반형은 지하주차장과 주동의 단면이 일체구조이며 지하 직접 진입방식인 경우 해당하는 기술이다. 터널형은 지하주차장과 주동의 단면이 분리구조이며 지하간접 진입방식인 경우에 해당하고, 기존 코어 위치가 주동 내부 깊숙하게 위치한 경우에 직접 진입을 위해 적용되는 기술이다. 복도형은 지하주차장과 주동의 단면이 분리구조이며 지하간접 진입방식인 경우에 해당하고, 지하공간에서 더 이상 주차구획을 할 수 없는 경우 발생하는 여유 공간을 복도로 활용하는 기술이다. 셔틀형은 지하주차장과 주동의 단면구조가 분리구조이며 지하간접 진입방식인 경우에 해당하고, 주동 E/V를 지하층으로 수직 증축이 불가능하여 주동으로 직접 진입이 어려운 경우 지하주차장 중앙에 셔틀 E/V를 설치하여 간접진입이 가능한 기술이다(Table 5).

Table 5. Underground parking lot access system

Type	Cross section	Floor plan
Normal		
Tunnel		
Corridor		
Shuttle		

2.3 공동주택 주차장의 공사비 관련 국내 선행연구

공동주택 주차장의 공사비에 대한 연구는 다음과 같이 수행되었다. Korea national housing corporation (2007)은 주차대수 및 지하주차장 층수에 따라 지하주차장 공사비를 분

석하였다. 공사비는 건축 공사(마감공사 포함), 기계 공사, 전기 공사, 통신 공사의 비용을 포함하여 산정한 후 토목공사비(68,052원/m²)를 합산하여 재 산정하였다. 건축 공사는 철근콘크리트를 사용했다고 가정했으며, 산정된 공사비는 재료비, 노무비, 경비, 간접비를 모두 반영하였다. Whang (2008)은 대한주택공사의 2005년 공동주택 공사비 분석 자료를 활용하여 주차장 확대 유형별 공사비를 분석하였다. Park (2009)은 공사 면적을 바탕으로 공종과 공종별 단가에 근거하여 공사비를 추정하는 견적 방식으로 물량 대비 공사비용을 산출하였다. 공사비 산정 범위는 철거 공사, 토공사, 흙막이 공사, 가설 공사, 골조 공사, 마감 공사, 설비 공사, 조경 공사이다. Kim et al. (2012)은 Whang (2008)의 연구에서 종합한 주차장 확대 유형별 공사비 기준을 적용(각 항목별 최댓값과 최솟값의 평균값)하고 2008~2010년의 3년간 물가 상승률을 반영하여 주차장 유형별 공사비를 재 산정하였다. Land & Housing Institute (2013)는 LH 단가 및 한국감정원 건물 신축 단가표를 활용하여 자체 단가를 포함한 직접 공사비를 추정하여 계상한 공사비를 산정하였다. 지하주차장 공구를 세분화하고 PC 공법을 도입하는 등 현장 작업을 최소화하고 입주한 상태에서 공사한다고 가정하였다. 선행연구에서 제시한 단위면적당 공사비는 <Table 6>과 같다.

Table 6. Apartment underground parking lot construction cost per unit area[won/3.3m²]

Division	Cost per unit area	note
Korea national housing corporation (2007)	549,322	Newly established (1 floor)
	481,853	Newly established (2 floor)
Whang (2008)	538,000	Minimum
	579,000	Maximum
Park (2009)	644,597	Newly established (2 floor)
Kim et al. (2012)	618,000	Newly established
Land & Housing Institute (2013)	688,000	Newly established

이 외에 공동주택 주차장의 공사비 산정 관련 연구는 Case-study를 통해 공사비를 분석한 연구(Han, 2015), 회귀 분석과 부위별 단가견적법을 활용하여 공사비를 예측한 연구(An & Kang, 2005)가 수행됐다.

기존 연구들은 공사비 산정 시, 리모델링의 특징 및 설계 요소가 반영되지 않았다는 한계가 있다. 따라서, 이 연구에서는 리모델링의 특징 및 설계 요소를 반영하여 공사비를 산정할 수 있는 개략 공사비 산정 모델을 제안한다.

3. 공동주택 지하주차장 확대 리모델링 개략 공사비 산정 모델

3.1 개략 공사비 산정 모델 개발

이 연구에서 개발한 개략 공사비 산정 모델의 개발 과정은 다음과 같다(Fig. 1).

첫째, Choi et al. (2019)의 지하주차장 확대 작업 분류 체계(이하, '지하주차장 확대 WBS')가 공동주택 리모델링 공사의 특징을 잘 반영하여 작성되었는지 전문가 5인에게 검토 받았다. 검토 결과를 반영하여 Activity를 수정·보완하였다.

둘째, 수정·보완한 Activity의 물량 산출 방법 및 단가를 제시한다. 이때, 물량 산출 방법은 리모델링 준공단지의 리모델링 전/후 도면을 분석하여 정리한 개략식을 활용했으며, 단가는 시장 단가를 활용하였다.

셋째, 리모델링의 특징 및 설계 요소를 반영하여 공사비를 보정하기 위해 공사난이도를 고려하였다. 전문가 자문을 통해 공사비 상승에 영향을 미치는 요인(이하 '공사난이도')의 항목과 각 공사난이도가 공사비 상승에 영향을 미치는 공사 구역 및 공종, 그리고 가중치를 결정하였다.

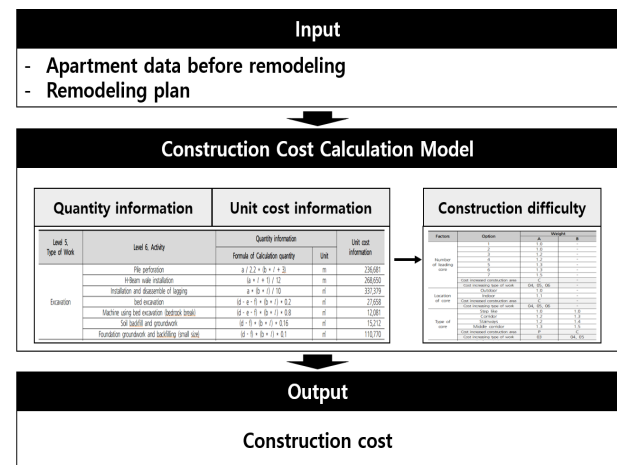


Fig. 1. Concept of cost calculation model for apartment of underground parking lot of remodeling construction

3.2 지하주차장 확대 WBS³⁾

Choi et al. (2019)은 지하주차장 확대 WBS를 Level 1. 프로젝트, Level 2. 지하주차장 확대방안, Level 3. 공사 구역, Level 4. 작업위치, Level 5. 공종, Level 6. Activity 등 총 6단계로 구분하였다(Fig. 2).

3) 이 연구에서는 지하주차장 확대 리모델링의 개략 공사비를 산정하기 위해 Choi et al. (2019)의 지하주차장 확대 WBS 중 Level 3. 공사구역, Level 5. 공종, Level 6. Activity를 인용하여 일부 수정하였다.

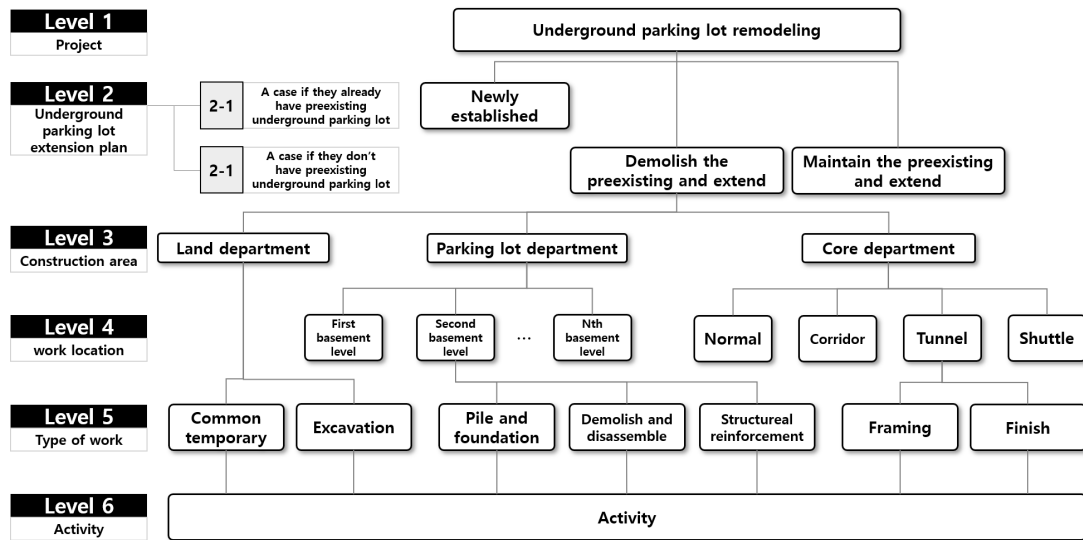


Fig. 2. Work breakdown structure of underground parking lot (Choi et al., 2019)

건설 현장에서 10년 이상 근무한 전문가 3인과 공동주택 리모델링 시공 경험이 있는 전문가 2인에게 지하주차장 확대 WBS가 실제 공동주택 리모델링 공사의 공사 구역, 공종, 그리고 Activity 등을 잘 반영했는지에 대하여 검토를 받았다. 검토 결과, 지하주차장 확대 WBS가 지하주차장 리모델링의 지하주차장 확대방안과 공사 구역을 잘 구분했으며, 지하주차장 리모델링에서 수행하는 공종도 잘 포함하여 구축했다는 평가를 받았다. 대부분의 지하주차장 확대 리모델링의 Activity를 포함했지만 거푸집 설치와 거푸집 해체는 일반적으로 구분하지 않으므로 병합이 필요하며, 거푸집·철근·콘크리트 관련 Activity가 부위별로 너무 세분화되어 있으므로 수직 부재와 수평 부재로 병합하는 것이 좋다고 지적하였다. 이를 반영하여, 거푸집 설치와 거푸집 해체 Activity를 거푸집 설치 및 해체로 병합하였다. 거푸집 설치 및 해체, 철근 배근, 콘크리트 타설 Activity의 벽과 기둥은 수직 부재로, 보와 슬래브는 수평 부재로 병합하였다. 최종 Activity는 <Table 7>과 같다.

3.3 물량 산출 및 단가

공동주택 리모델링은 단지 조건과 리모델링 계획에 따라 철거량과 보강 방법 및 보강 정도가 모두 상이하다는 특징이 있다. 이러한 리모델링의 특징 때문에 리모델링 설계도면이 확정되기 전, 철거량 및 보강 정도를 판단하는 것은 어렵다. 따라서, 공동주택 리모델링 설계도면이 확정되기 전, 개략 공사비를 산정하기 위해 다음과 같이 물량 산출식을 정리하였다.

첫째, 리모델링 준공단지의 지하주차장 리모델링 전/후 도면을 분석한다.

둘째, 적산 기준과 B 시공회사의 물량 산출식을 활용하여

리모델링 준공단지의 지하주차장 물량을 산출한다.

셋째, 리모델링 대상단지의 단지 조건 및 리모델링 계획을 활용하여 간단하게 물량을 산출할 수 있도록 변수를 선정하고 계수를 산출한다. 이때, 물량 산출을 위한 변수는 지하주차장 둘레(a), 리모델링 후 지하 층고(b), 최종 지하 층수(c), 대지면적(d), 건축면적(e), 주차면적(f), 지하 1개 층 연면적(g), 리모델링 전 지하 층고(h), 기존 지하 층수(i), 철거 층수(j), 존치 층수(k), 신축 층수(l) 등 12개가 있다. 물량 산출을 위한 계수는 리모델링 준공단지의 물량을 기준으로, 해당 부재의 비율로 결정하였다. 예를 들어, 골조 공사 중, 거푸집 관련 Activity의 계수는 전체 거푸집의 물량을 1로 보고, 지하주차장 리모델링 후 도면에서 벽, 기둥, 보, 슬래브의 비율로 나눴다. 이렇게 산출된 각 부재의 계수는 벽 거푸집은 0.178 기둥 거푸집은 0.023, 보 거푸집은 0.208, 슬래브 거푸집은 0.591로 결정하였다. 3.2절에서 벽과 기둥은 수직 부재로, 보와 슬래브는 수평 부재로 병합하였으므로, 수직 부재 거푸집의 계수는 0.201, 수평 부재 거푸집의 계수는 0.799이다. Activity 별 단가는 시장 단가를 조사하여 정리하였다. Activity 별 물량 산출식 및 단가는 <Table 7>과 같다.

3.4 공사난이도

리모델링 공사의 특징 및 설계 요소를 반영하여 공사비를 보정하기 위해 공사난이도를 고려하였다. 공사난이도는 건설 현장에서 6년 이상 근무한 시공 전문가 및 공동주택 리모델링 연구 경험이 있는 연구원 등 10인의 자문을 통하여 다음과 같이 결정하였다.

첫째, 문헌고찰 및 전문가 자문을 통해 공사난이도를 수집한다.

둘째, 수집한 공사난이도 중 전문가 5인 이상이 실제 공사

Table 7. The information of quantity and unit cost per activity

Level 5. Type of Work	Level 6. Activity	Quantity information		Unit cost information
		Formula of Calculation quantity	Unit	
Excavation	Pile perforation	$a / 2.2 * (b * c + 3)$	m	236,681
	H-Beam wale installation	$(a * c + 1) / 12$	m	268,650
	Installation and disassemble of lagging	$a * (b * c) / 10$	m ²	337,379
	bed excavation	$(d - e - f) * (b * c) * 0.2$	m ²	27,658
	Machine using bed excavation (bedrock break)	$(d - e - f) * (b * c) * 0.8$	m ²	12,081
	Soil backfill and groundwork	$(d - f) * (b * c) * 0.16$	m ²	15,212
	Foundation groundwork and backfilling (small size)	$(d - f) * (b * c) * 0.1$	m ²	110,770
Demolish and isassemble	Concrete cutting	$g * h * 0.3$	m ²	29,912
	Concrete cutting with equipment (small size)	$g * h * 0.5$	m ²	34,766
	Concrete cutting with equipment (large size)	$g * h * 0.01$	m ²	253,622
	Demolish structure floor	$g * 0.05$	m ²	16,595
	Demolish partition wall	$a * b * i$	m ²	2,753
	Demolish preexisting waterproof course and protective layer	$(a * b * i) + (g * 0.8)$	m ²	42,788
	Demolish preexisting finishing materials	$(g / i) + 1.1 * (a * b * i)$	m ²	5,532
	Disposal of construction waste	$(g / i) * (j + 0.5) * 0.169$	m ²	107,866
Pile and foundation	Organize construction site	$g * i$	m ²	20,744
	Install steel Pipe Pile	$g * 0.048$	m ²	1,407,654
	Pile driving	$g * 0.048$	m ²	95,176
	Pile following	$g * 0.048$	m ²	134,750
	Pile cutting work	$g * 0.064$	m ²	27,126
	Micropile construction	$g * 0.128$	m ²	323,325
	Static pile load test	4	EA	2,087,366
Structural reinforcement	Seismic reinforcement	$g * 0.05$	m ²	67,446
	H-steel structural reinforcement	$g * k$	m ²	33,085
	Jack-support reinforcement	$g * c$	m ²	30,681
	Concrete crack repair	$g * 0.5$	m	2,491
Framing	Marking	f	m ²	30,681
	System support installation and disassemble	$f * h * \ell * 0.09$	m ²	165,342
	Form work(vertical)	$f * h * \ell * 0.201$	m ²	707,498
	Form work(horizontal)	$f * \ell * 0.799$	m ²	121,804
	Vertical member reinforcement placement	$f * h * \ell * 0.201$	TON	2,581,125
	Horizontal member reinforcement placement	$f * \ell * 0.799$	TON	2,581,125
	Leveling concrete placement	$f * 0.1$	m ²	4,869
	Plain concrete placement	$f * 0.3$	m ²	779
	Concrete filling	$f * \ell * b * 0.301$	m ²	1,060
	Concrete placement	$f * \ell * b * 0.699$	m ²	1,060
	Roof concrete placement	$g * 0.378$	m ²	2,121

a: Circumference of underground parking lot / b: The height of underground after remodeling / c: Final number of floors in the underground / d: Site area / e: Building area / f: Parking lot area / g: Single floor total floor space in the underground / h: The height of underground before remodeling / i: The number of preexisting floors in the underground / j: The number of demolished floors in the underground / k: The number of maintained floors in the underground / ℓ: The number of newly established floors in underground

비 상승에 영향을 미치지 않는다고 선택한 공사난이도를 제거한다.

셋째, 문헌고찰 및 전문가 자문을 통해 각 공사난이도가 영향을 미치는 공사 구역과 공종을 도출한다.

넷째, 표준품셈의 깊이, 면적, 구조 등 난이도 산정 방법을 준용하여 공사난이도의 옵션별 가중치를 산출하고, 리모델링 준공단지에 1차 공사난이도를 적용하여 공사비를 산출한다. 공사난이도 적용 전/후 공사비 및 공종별 공사비의 비율을 전문가에게 검토받고 수정하는 과정을 반복하여 최종 공사난이도의 옵션별 가중치를 결정한다.

최종 도출된 공사난이도는 주동 코어수, 코어 위치, 코어 형식, 주차장 기초 형태, 주동 기초 형태, 암반 유무, 준공년도, 지하주차장 확대계획, 주동-주차장 연결 구조, 진입 형태, EV 운행 층수, 계단실 층수, 주동 코어 계획 등 13가지이다. 공사 구역별 영향을 미치는 공사난이도는 다음과 같다. '부지부'에 영향을 미치는 공사난이도는 주동 기초 형태, 암반 유무, 준공년도, 지하주차장 확대계획, 주동 주차장 연결 구조 등 5개가 있다. '주차장부'에 영향을 미치는 공사난이도는 코어 형식, 주차장 기초 형태, 준공년도, 지하주차장 확대계획 등 4개가 있다. 그리고, '코어부'에 영향을 미치는 공사

난이도는 주동 코어수, 코어 위치, 코어 형식, 주동 기초 형태, 암반 유무, 준공년도, 지하주차장 확대계획, 주동 주차장 연결 구조, 진입 형태, 엘리베이터 운행 층수, 계단 층수, 주동 코어 계획 등 12개가 있다.

각 공사난이도가 영향을 미치는 공사 구역과 공종, 그리고 옵션별 가중치는 <Table 8>과 같다. 이때, 해당 공사난이도가 영향을 미치지 않는 공사 구역 및 공종의 가중치는 1.0을 적용한다.

가상단지를 대상으로 산출한 공사난이도 적용 전/후 공사비는 다음과 같다. 코어 형식은 계단식, 주차장 기초 형태는 매트기초, 1980~90년대에 준공된 가상단지를 대상으로, 준치 후 증축으로 지하주차장을 확대할 경우, 공사난이도를 적용하기 전 주차장부의 공사비를 100만 원이라고 가정하면

공사난이도로 보정한 주차장부의 총공사비는 161만 원이다 <Table 9>.

Table 9. Parking lot area construction cost before/after revision

(unit: 1,000 won)

Work	Parking lot area construction cost		note
	Before revision	After revision	
Demolish and disassemble construction	250	343	+ 93
Pile and foundation work	250	509	+ 259
Structural reinforcement	250	509	+ 259
Framing	250	250	-
Total Cost	1,000	1,611	+ 611

Table 8. Items for construction difficulty and weight

Items	Option	Weight	
		A	B
Number of leading core	1	1.0	-
	2	1.0	-
	3	1.2	-
	4	1.2	-
	5	1.3	-
	6	1.3	-
	7	1.5	-
	Cost increased construction area	C	-
Cost increasing type of work	03, 04, 05	-	
Location of core	Outdoor	1.0	-
	Indoor	1.1	-
	Cost increased construction area	C	-
	Cost increasing type of work	03, 04, 05	-
Type of core	Step like	1.0	1.0
	Corridor	1.2	1.3
	Stairways	1.2	1.4
	Middle corridor	1.3	1.5
	Cost increased construction area	P	C
	Cost increasing type of work	02	03, 04
Foundation Type of Parking lot	Pile foundation	1.0	1.1
	Mat foundation	1.2	1.3
	Complex foundation	1.3	1.5
	Cost increased construction area	P	P
	Cost increasing type of work	02	03
Foundation Type of Apartment	Pile foundation	1.0	1.1
	Mat foundation	1.2	1.3
	Complex foundation	1.3	1.5
	Cost increased construction area	L	C
Presence of bedrock	Yes	1.2	1.5
	No	1.0	1.0
	Cost increased construction area	L	C
	Cost increasing type of work	01	03, 04
Year of completion	Before 1980s	1.3	1.2
	1980s ~ 1990s	1.2	1.1
	1990s ~ 2000s	1.1	1.1
	After 2000s	1.0	1.0
	Cost increased construction area	P, C	L
Cost increasing type of work	03, 04	01	

Items	Option	Weight				
		A	B	C	D	
Underground Parking lot extension plan	Newly established	1.0	1.2			
	Maintain the preexisting and extend	1.5	1.0			
	Demolish the preexisting and extend	1.3	1.3			
	Cost increased construction area	L	P, C	P	C	
	Cost increasing type of work	01	03, 04	02, 05	05	
Connection structure (apartment parking lot)	Separate structure	1.2	1.0			
	Integral structure	1.0	1.2			
	Cost increased construction area	L	C	C		
	Cost increasing type of work	01	05	03		
Entrance type	Separate structure	Tunnel	1.2	1.3		
		Corridor	1.3	1.2		
		Shuttle	1.1	1.0		
		N/A	1.0	1.0		
		Cost increased construction area	C	C		
	Cost increasing type of work	05	03, 04			
	Integral structure	Normal	1.0	1.1		
		Corridor	1.1	1.3		
		Shuttle	1.2	1.2		
		N/A	1.0	1.0		
Cost increased construction area		C	C			
Cost increasing type of work	05	03, 04				
Number of operating floors by elevator	Underground 1 floor	1.0	-			
	Underground 2 floor	1.1	-			
	Underground 3 floor	1.2	-			
	Underground 4 floor	1.4	-			
	Underground 5 floor	1.6	-			
	Not operating to the underground levels	1.0	-			
	Cost increased construction area	C	-			
	Cost increasing type of work	03, 04, 05	-			
	Number of floors by stairs	Underground 1 floor	1.0	-		
		Underground 2 floor	1.1	-		
Underground 3 floor		1.2	-			
Underground 4 floor		1.4	-			
Underground 5 floor		1.6	-			
Cost increased construction area		C	-			
Cost increasing type of work		04, 05	-			
Leading core plan	Outdoor	1.1	1.0			
	Indoor	1.0	1.3			
	Cost increased construction area	C	C			
	Cost increasing type of work	03, 04	05			

L: Land department / P: Parking lot department / C: Core department

01: Excavation / 02: Demolish and disassemble construction / 03: Pile and foundation work / 04: Structural reinforcement / 05: Framing

Table 10. Outline of remodeling apartment case study

Division	A apartment		B apartment		C apartment	
	Before remodeling	After remodeling	Before remodeling	After remodeling	Before remodeling	After remodeling
Building site	Gangnam-gu, Seoul		Gangnam-gu, Seoul		Seocho-gu, Seoul	
Year of completion	1992		1992		1992	
Site area [m ²]	3,556.90		4,847.60		7,215.20	
Building area [m ²]	741.71	1,263.10	1,037.24	1,725.55	1,767.59	3,240.79
Total floor area [m ²]	13,859.99	20,777.59	12,585.70	25,907.75	22,979.65	39,461.09
Building coverage [%]	20.85	35.51	21.40	35.60	24.50	44.92
Floor area ratio [%]	303.80	423.49	248.85	387.76	268.50	412.28
The number of households [EA]	108	108	120	138	208	237
The number of parking lots [EA]	67	129	55	152	134	269
The number of underground floors	2	3	0	2	1	4
Leading entrance method	Normal	Normal	-	Normal	Normal	Shuttle
Underground Parking lot extension plan	Maintain the preexisting and extend		Newly established		Maintain the preexisting and extend	
The number of E/V connected floors	-	3	-	2	0	1
The number of stairs connected floors	2	3	-	2	1	1(4)
Lamp type / structure	Bidirectional / Spiral	Bidirectional / Linear	-	Bidirectional / Linear	Bidirectional / Spiral	Bidirectional / Spiral
The number of lamps	1	1	0	1	1	1

4. 사례 적용 및 검증

4.1 사례단지 개요 및 지하주차장 리모델링 계획

이 연구에서 개발한 개략 공사비 산정 모델의 정확도를 검증하기 위해, 리모델링 사례단지 3개의 정보를 개략 공사비 산정 모델에 적용하였다. 각 사례단지의 개요 및 지하주차장 리모델링 계획은 다음과 같다(Table 10).

4.1.1 A 단지

A 단지는 1992년 준공된 서울시 강남구에 위치한 단지이다. 리모델링 전 108세대로 구성된 A 단지는 지상과 지하 주차장에 총 67대의 주차대수가 있으며, 세대당 주차대수가 0.62대인 주차공간이 부족한 단지이다. 세대수 증가가 없는 A 단지의 지하주차장 리모델링 계획은 기존 지하주차장 2개 층을 존치하며 지하 1개 층을 증축하는 방식으로 지하주차장을 확대하여 기존 주차대수의 약 1.5배 많은 129대를 확보할 수 있도록 계획하였다. 그리고 E/V는 주동부터 지하 3층까지 연결하여 지하주차장에서 주동까지 직접 진입이 가능하도록 계획하였다.

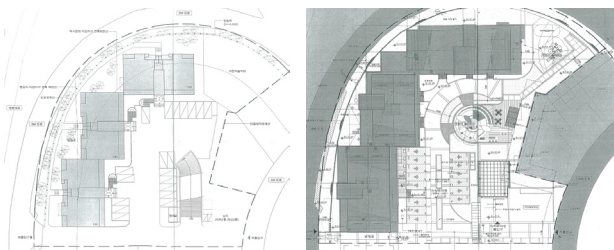


Fig. 3. A apartment remodeling before/after plot plan (left: before / right: after)

4.1.2 B 단지

B 단지는 1992년 준공된 서울시 강남구에 위치한 단지이

다. 리모델링 전 120세대로 구성된 B 단지는 지상 주차장에 총 55대의 주차대수가 있으며, 세대당 주차대수가 0.45대로 주차공간이 매우 부족한 단지이다. 18세대가 증가하는 B 단지의 지하주차장 리모델링 계획은 지하주차장 2개 층을 신설하는 방식⁴⁾으로 지하주차장을 확대하여 기존보다 약 2.76배 많은 152대를 확보할 수 있도록 계획하였다. 그리고 E/V는 주동부터 지하 2층까지 연결하여 지하주차장에서 주동까지 직접 진입이 가능하도록 계획하였다.

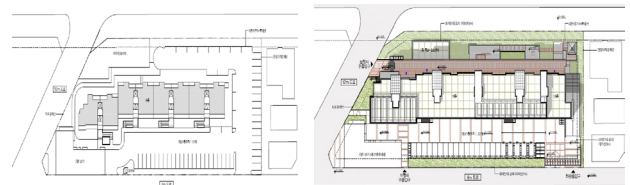


Fig. 4. B apartment remodeling before/after plot plan (left: before / right: after)

4.1.3 C 단지

C 단지는 1992년 준공된 서울시 서초구에 위치한 단지이다. 리모델링 전 208세대로 구성된 C 단지는 지상과 지하주차장에 총 134대의 주차대수가 있으며, 세대당 주차대수 0.64대인 주차공간이 부족한 단지이다. 29세대가 증가한 C 단지의 지하주차장 리모델링 계획은 기존 지하주차장 1개 층을 존치하며 수평 확장하고, 지하 3개 층을 수직증축하는 방식으로 확대하여 기존보다 약 2배 많은 269대를 확보할 수 있도록 계획하였다. 그리고 E/V는 주동에서 지하 1층까지 연결하고, 더 깊은 층으로 이동하기 위해 지하 1층에서

4) B 단지의 리모델링 전과 후의 지하 층수는 각각 1층과 3층이지만, 연구의 범위가 지하주차장의 공사비 산정하는 것이므로, 주차 외의 용도(기계실, 지하대피소 등)로 사용된 지하층은 없는 것으로 가정하였다.

지하 4층까지 연결되는 E/V로 이동하도록 계획하였다.

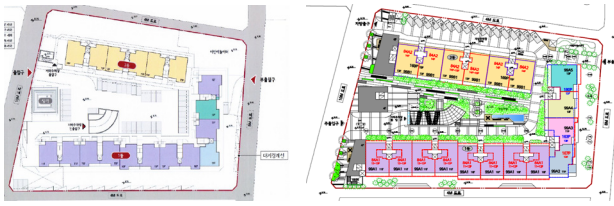


Fig. 5. C apartment remodeling before/after plot plan (left: before / right: after)

4.2 공사비 산정 결과

개략 공사비 산정 모델의 정확도를 측정하기 위하여 공동주택 리모델링 사례단지 3개의 정보를 개략 공사비 산정 모델에 적용한 결과이다. A 단지의 지하주차장 평당 공사비는 119만 원이다. B 단지의 지하주차장 평당 공사비는 155만 원이다. C 단지의 지하주차장 평당 공사비는 170만 원이다. 주차장 리모델링 공사비⁵⁾와 개략 공사비 산정 모델의 산정 결과의 정확도를 비교한 결과, A 단지는 80%, B 단지는 90%, C 단지는 108%로, 평균값은 93%로 나타났다.

Table 11. The accuracy of construction cost calculation model (10,000 won/3.3m)

Division	Actual Cost (a)	Estimated Cost (b)	Accuracy (b/a*100%)
A apartment	148	119	80 %
B apartment	172	155	90 %
C apartment	158	170	108 %

공사비 산정 결과에 대하여 전문가 자문을 수행한 결과, 개략 공사비 산정 모델의 정확도가 다소 낮은 것으로 판단될 수 있지만, 주차공간 전체의 공사비가 아닌 지하주차장의 공사비만 산정하여 비교한 결과이므로 지상 주차장, 데크 주차장, 필로티 주차장 등 지상 주차공간의 공사비를 감안하면 공사비 산정 결과를 신뢰할 수 있다고 판단된다. 산출된 공사비의 세부 내역을 분석한 결과, 일부 자재의 성능·품질 차이로 인해 공사비의 오차가 발생한 것으로 분석되었다.

5. 결론

이 연구에서는 공동주택 리모델링 설계 요소를 반영한 공동주택 지하주차장 확대 리모델링의 개략 공사비 산정 모델을 개발하였다. 지하주차장 확대 작업 분류 체계를 전문가 5

인의 자문을 받아 Activity를 수정·보완하고, Activity의 물량 산출 방법과 단가를 정리하였다. 공사비 상승에 영향을 미치는 요인(이하 ‘공사난이도’)을 13개 도출하고, 각 공사난이도가 영향을 미치는 공사 구역과 공종, 그리고 가중치를 도출하였다. 개략 공사비 산정 모델에 리모델링 사례단지 3개의 정보를 적용하여 모델의 정확도를 검증하였다. 주요한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 지하주차장 확대 리모델링의 Activity는 토공사에서 파일 천공 등 7개, 철거 및 해체 공사에서 콘크리트 커팅 등 9개, 파일 및 기초 공사에서 강관말뚝 설치 등 6개, 구조체 보강 공사에서 내진보강 등 4개, 그리고 골조 공사에서 거푸집 먹매김 등 11개, 총 37개의 Activity를 도출하였다.

둘째, 공동주택 리모델링 설계도면이 확정되기 전, 개략 공사비를 산정하기 위해 Activity 별 물량 산출식을 정리하였다. 이때, 물량 산출에 지하주차장 둘레, 리모델링 전/후 지하층고, 최종 지하층수, 존치 지하층수, 신축 지하층수, 기존 지하층수, 철거 지하층수, 지하 1개 층 연면적, 대지면적, 건축면적, 주차면적 등 변수 12개를 활용하였다.

셋째, 공동주택 지하주차장 확대 리모델링의 공사난이도 13개 중, ‘부지부’에 영향을 미치는 공사난이도는 주동 기초 형태 등 5개, ‘주차장부’에 영향을 미치는 공사난이도는 코어 형식 등 4개, ‘코어부’에 영향을 미치는 공사난이도는 주동 코어 수 등 12개가 있다.

넷째, 개략 공사비 산정 모델에 리모델링 사례단지 3개의 정보를 적용한 결과, 평균 정확도는 93%인 것을 확인하였다. 정확도가 낮은 원인은 주차공간 중 지하주차장의 개략 공사비만 산정하였고, 일부 자재의 성능 및 품질 차이인 것으로 분석되었다.

이 연구는 리모델링의 특징 및 설계 요소를 반영하여 지하주차장 확대 리모델링 공사비를 산정하는 방법을 제시했다는 점에서 선행연구와 차별성이 있다. 공동주택 리모델링 설계도면이 확정되기 전, 여러 대안의 개략 공사비를 산정 및 비교할 수 있는 도구를 제공한다는 점에서 실무적인 의의가 있다.

공사난이도 결정 시, 조사 대상이 많지 않아 신뢰성이 다소 떨어질 수 있으며, 공동주택의 단지 조건과 리모델링 계획에 따라 시공 방법 등에 차이가 존재하여 새로운 타입의 공동주택 리모델링 단지를 개략 공사비 산정 모델에 적용하면 정확도가 감소할 수 있고, 물량 산출식의 계수가 리모델링 준공단지 하나의 사례를 분석하여 결정하였기 때문에 일반화하기 힘들다는 한계가 있다. 추후 지하주차장 리모델링 사례가 증가하여 데이터 축적 및 공사난이도 수정을 거치면 단지의 조건에 따라 정확한 공사비를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

5) Han (2015)의 연구를 준용하여 Kim & Cha (2018)가 제시한 실제 공사비 데이터에 2018 ~ 2020년 건설공사비지수를 반영하여 주차장 리모델링의 공사비로 가정하였다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 주거환경연구사업 중 “저비용·고효율의 노후 공동주택 수직증축 리모델링 기술개발 및 실증” 과제(21RERP-B099826-07)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- An, S.H., and Kang, K.I. (2005). “A Study on the Cost Model of Underground Parking Lot of Apartment Housing Projects in the Early Stage.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, JAIK-SC, 21(5), pp. 135-142.
- Choi, J.P., Park, Y.S., Ryu, J.W., and Choi, Y.J. (2008). “Case Study of Apartment Remodeling by Occupant's Questionnaire Survey.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, JAIK-PD, 24(5), pp. 31-40.
- Choi, J.W., Jeong, E.B., Park, S.P., Kim, T.W., and Lee, C.S. (2019). “Development of Expansion Work Breakdown Structure for Underground Parking Lots in Aged Apartment Housing.” *Proceedings of the 2019 AIK Conference*, Daejeon, KOREA.
- Customized Remodeling Item for Aged Apartment (2013). Korea Land and Housing Corporation, LH Research Report, 2013-10.
- Han, T.H. (2015). “Evaluating the efficiency and feasibility of parking lot expansion types for remodeling of deteriorated apartment.” MS thesis, Seoul National Univ., Seoul.
- Han, T.H., and Choi, M.J. (2014). “A Study on the Types and Performance of Parking Space Expansion through Remodeling of Deteriorated Apartment.” *Proceedings of the 2014 KAHPS Conference*, Seoul, KOREA.
- Jung, S.J., Kim, J.H., Lee, B.H., Hwang, K.S., and Seo, S.Y. (2018). “Establishment of a Technology for Earthwork Safety at New Construction/Extension of Underground Parking Lot in Building.” *Proceedings of the 2018 KCI Conference*, Pyeongchang, KOREA.
- Kim, D.J., Park, C.K., and Kim, H.J. (2012). “A Study on the Expansion for the Parking Lots in Deteriorated Apartments.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, JAIK-PD, 28(2), pp. 159-167.
- Kim, I.G., Kim, H.I., and Lee, S.H. (2009). “A Study on the Factors and Elements Effecting Parking Area Expansion Plans in Apartment Complexes Remodeling.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, JAIK-SC, 25(6), pp. 51-58.
- Kim, J. (2018). “Development of Estimation System for Housing Remodeling Cost through Influence Analysis by Design Elements.” MS thesis, Ajou Univ., Kyonggi.
- Kim, J., and Cha, H.S. (2018). “Development of Estimation System for Housing Remodeling Cost through Influence Analysis by Design Elements.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 19(6), pp. 65-78.
- Kim, K.R. (2002). *Modern Architecture Process Management Studies*; Gimundang, Korea, pp. 1-256.
- Korea Land & Housing Corporation. (2007).
- Lee, E.J., Hyun, C.H., and Hyun, C.G. (2010). “A Case Study on the Safety Diagnosis of Daechi hyundai Apartment Remodeling.” *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, 14(5), pp. 35-41.
- Lee, J.S., and Bing, C.M. (2012). “Cheongdam Cheonggu Apartment Remodeling Construction.” *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, JKIBC, 12(6), pp. 42-51.
- Lee, K. (2016). “Remodeling and cost.” *Korea Remodeling Association*, pp. 49-51.
- Park, J.G. (2009). “Development of Checklist for Expansion of Parking Lot in Aged Apartment.” MS thesis, Incheon National Univ., Incheon.
- Park, J.G., and Lee, C.S. (2008). “Preliminary Checklist For Vertical Extension of Elevator in Apartment Buildings.” *Proceedings of the 2008 KICEM Conference*, Seoul, KOREA.
- Park, S.P., Youn, B.H., Choi, J.W., Kim, T.W., and Lee, C.S. (2018). “Development of Technology Tree for Method of Entry to Expand the Underground Parking Lot of the Apartment.” *Proceedings of the 2018 KICEM Conference*, Seoul, KOREA.
- Shin, M.H. (2017). “Selection of the Aged Apartment Parking Lot Expansion Types Considering Economic Feasibility.” MS thesis, Incheon National Univ., Incheon.
- Song, N.H. (2009). “The Selecting Method of Entry for Apartment in Remodeling an Underground Parking Lot.” MS thesis, Incheon National Univ., Incheon.
- Song, N.H., Jung, I.S., and Lee, C.S. (2009). “The Development of a Model for Selecting Method of Entry for Apartment in Remodeling an Underground Parking Lot.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 10(2), pp. 65-74.
- Whang, K.J. (2008). “A Decision Making Model for Selection Method of Parking Lot Expansion for the Aged Apartment Complex.” Ph-D thesis, Incheon National Univ., Incheon.
- Whang, K.J., and Lee, C.S. (2007). “The Development of Procedure Model for Selecting the Method of Parking

- Lot Expansion in Apartment Complex.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, JAIK-SC, 23(2), pp. 151-160.
- Xing Su, Abdul rahman Andoh, Hubo Cai, Jing Pan, Amr Kandil, and Hisham M. Said. (2012). “Gis-based dynamic construction site material layout evaluation for building renovation projects.” *Automation in construction*, 27, pp. 40-49.
- Youn, B.H. (2019). “Development of the Planning Procedure Model for the Remodeling of the Parking Lot in the Aged Apartment Complex.” MS thesis, Incheon National Univ., Incheon.
- Youn, B.H., Choi, J.W., Park, S.P., Kim, T.W., and Lee, C.S. (2019). “A Study on the Functional Analysis of Parking Lot Expansion Technology using Technology-Tree.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 120(3), pp. 64-76.
- Yu, Y.S., and Lee, C.S. (2017). “The Development of Assessment Method for Parking Lot Remodeling Alternative Adopted Asset Management Technique.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 18(3), pp. 52-62.

요약 : 공동주택 주차장 리모델링 공사비는 전체 리모델링 공사비의 대략 20%를 차지한다. 지하주차장 공사비를 알면 전체 공사비 예측이 가능한 것이다. 공사비 산정 시 참고하는 표준품셈은 리모델링 공사비 산정에 적용하기 곤란하여 리모델링 공사의 특징을 반영할 수 있는 공사비 산정 모델이 필요하다. 이 연구에서는 리모델링의 특징 및 설계 요소를 반영하여 개략 공사비를 산정하는 공동주택 지하주차장 확대 리모델링의 개략 공사비 산정 모델을 개발하였다. 선행 연구 고찰 및 전문가 자문을 통해 지하주차장 리모델링 공사의 Activity를 37개 도출하였다. 리모델링 설계도면이 확정되기 전 개략 공사비를 산정할 수 있도록 Activity 별 물량 산출식 및 단가를 제시하였다. 전문가 자문을 통해 공사비 상승에 영향을 미치는 요인 13개와 요인 별 가중치를 결정하였다. 리모델링 사례단지 3개를 개략 공사비 산정 모델에 적용한 결과, 정확도는 평균 93%로 나타났다.

키워드 : 개략 공사비 산정 모델, 지하주차장 리모델링, 주차장 확대
