

리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획 수립방안 - 벽식구조 노후 공동주택을 대상으로 -

A Scheduling Method Of Dismantling Work Considering Specific Condition Of Remodeling Project - Focused on Old Aged Apartment House with Wall-Slab Structure -

강 사 일* 황 영 규** 김 경 래***
Kang, Sa-Yil Hwang, Young-Kyu Kim, Kyung-Rai

요 약

현재 노후 공동주택의 노후화된 성능을 개선하기 위해 재건축사업과 리모델링사업을 시행하고 있다. 최근에는 재건축사업으로 인한 폐기물 발생, 자원낭비, 부동산투기 등의 문제점으로 인하여 리모델링사업이 부각되고 있다. 이에 따라 국내 노후 공동주택 리모델링사업이 점차 증가하는 추세이지만 사례를 살펴보면 공사 시 리모델링의 특성을 고려하지 않은 공정계획을 사용하여 일부 공종에서 공사기간이 지연되고 있다. 특히 철거공사의 경우 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획을 적용하지 못하여 철거공사기간이 지연되고 있다. 리모델링사업에서 철거공사는 다른 공정에 선행하기 때문에 철거공사기간이 지연될 경우 전체 공사기간이 지연되며, 계획공사기간을 맞추기 위해 돌관공사를 할 경우 리모델링사업비도 증가하게 된다. 더욱이 현재까지 완료된 노후 공동주택 리모델링사업은 라멘(보·기둥)조 공동주택을 대상으로 하였으나 향후 리모델링이 필요한 공동주택은 대부분 철거공사의 물량이 많은 벽식구조이므로 철거공사기간이 지연될 가능성이 크다. 이에 본 논문은 벽식구조 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공기지연을 방지하기 위해서 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획을 수립하고자 한다.

키워드: 벽식구조 노후 공동주택, 리모델링, 철거공사, 공정계획

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

90년대 말 정부의 주택보급률 증가 정책에 따른 공동주택 집중건설로 인하여 현재 노후 공동주택이 급증하고 있으며(표1 참조), 현재 노후화된 공동주택의 성능을 개선하기 위하여 재건축

사업과 리모델링사업을 시행하고 있다. 최근에는 재건축사업으로 인한 폐기물 발생, 자원낭비, 부동산투기 등의 문제점으로 인하여 리모델링사업이 부각되고 있다. 국내의 노후 공동주택 리모델링사업의 경우 2003년 말 완공된 마포용강아파트 리모델링을 시작으로 2006년 말 완공된 방배공전아파트 리모델링까지 8곳 정도의 리모델링 사례가 있으며, 현재 리모델링사업을 추진하고 있거나 준비 중인 사례는 점차 증가하는 추세이다.¹⁾

표 1. 유형별 및 사용년수별 공동주택 공급현황
(건설교통부, 2006년 말 기준)

사용년수 구분	5년 이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상
세대	160.7만호	167.4만호	148.2만호	75.2만호	53.8만호
누적	605.3만호	444.6만호	277.2만호	129만호	-

* 일반회원, 아주대학교 건축학과 대학원, 한국감정원 사원, ksi4141@hotmail.com
** 종신회원, 아주대학교 건축학과 대학원, A+CM 대표이사, apcm@chol.com
*** 종신회원, 아주대학교 건축학과 교수, 공학박사(교신저자), kyungrai@ajou.ac.kr

본 연구는 건설교통부 연구비 지원으로 수행되었음. 과제번호: 05건설핵심 D06

본 연구는 과학기술부 우수연구센터 운영사업인 한양대학교 친환경건축연구센터의 지원으로 수행되었음. 과제번호: R11-2005 -056-03004-0

1) 윤영선(2004), 국내 아파트 리모델링 시장의 성장 전망과 과제, 한국건설산업연구원

그러나 국내의 노후 공동주택 리모델링 사례를 살펴보면 공사 시 리모델링의 특성을 고려하지 않은 공정계획을 사용하여 일부 공종에서 공사기간이 지연되고 있고, 계획공사기간을 맞추기 위한 돌관작업으로 공사비용도 증가하고 있다.²⁾

신축공사와 대비한 리모델링공사의 가장 큰 특성은 주요 구조부를 제외한 비내력벽 및 마감재 등의 철거공사가 다른 공종에 선행되고(그림1 참조), 이러한 철거공사는 리모델링공사의 범위에 따라 철거공사의 물량과 작업방법이 달라진다는 것이다.

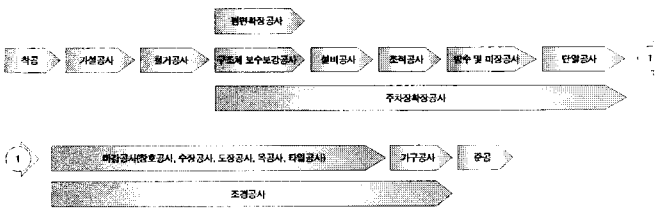


그림 1. 리모델링 철거공사의 프로세스

실제 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 경우 이러한 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획을 사용하지 못하여 철거공사기간이 지연되고 있으며, 전체 공사기간 또한 지연되고 있다.³⁾ 더욱이 현재까지 완료된 노후 공동주택 리모델링사업은 라멘(기둥·보) 공동주택을 대상으로 하였지만 향후에 리모델링이 필요한 공동주택은 대부분 벽식구조이므로 라멘조에 비해 철거면적이 많아지기 때문에 철거물량이 상당히 많고, 대부분의 벽이 구조체이기 때문에 철거작업의 난이도 또한 높다. 따라서 철거공사기간이 지연될 가능성이 크므로 벽식구조 노후 공동주택 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획을 수립할 필요가 있다.

이에 본 논문에서는 철거공사의 공기지연을 방지하기 위해 벽식구조 노후 공동주택 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획을 수립하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

리모델링사업은 주거환경 개선위주의 대수선형 리모델링방식과 세대면적을 넓히는 증축형 리모델링방식으로 나눌 수 있으며⁴⁾, 본 연구에서는 리모델링사업방식 중 최근 수요가 늘어나고 있는

2) 실제 노후 공동주택 리모델링공사를 수행한 경험이 있는 현장실무자와의 면담을 통한 도출 내용임.
3) 실제 노후 공동주택 리모델링공사를 수행한 경험이 있는 현장실무자와의 면담을 통한 도출 내용임.
4) 건축법 제2조 제1항 제10호는 리모델링을 '건축물의 노후화 억제 또는 기능향상 등을 위하여 대수선 또는 일부 증축하는 행위'로 정의함.

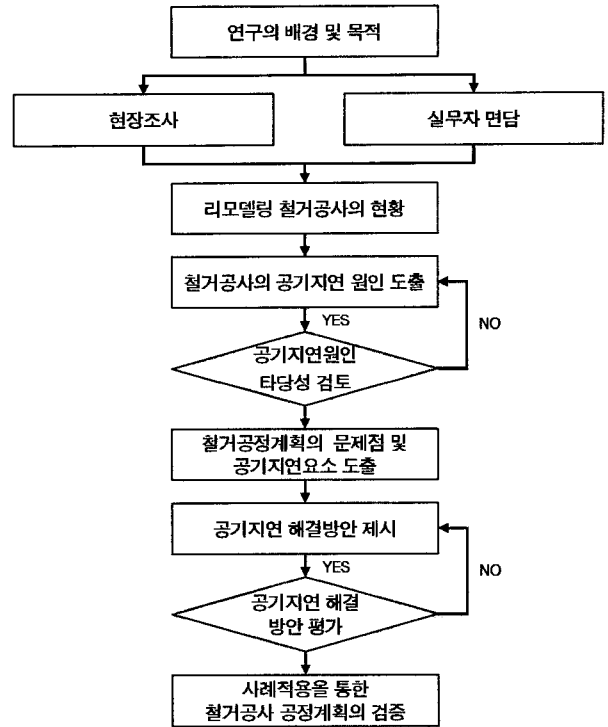


그림 2. 연구절차

증축형 리모델링 방식으로 연구의 범위를 한정하고자 한다. 또한 향후 수요가 증가할 노후 공동주택 리모델링 대상을 고려하여 수도권지역의 15년 이상⁵⁾ 된 벽식구조 노후 공동주택을 연구의 대상으로 하였다.

본 연구는 시공 중인 노후 공동주택 리모델링 현장조사와 노후 공동주택 리모델링공사 경험이 있는 실무자와의 면담을 통하여 현행 라멘조 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 현황을 조사하여 공기지연 요소를 도출한 뒤, 벽식구조의 리모델링 철거공사 시 발생할 수 있는 공기지연요소를 추가하여 종합적인 공기지연요소를 도출하였고⁶⁾, 이에 대한 해결방안을 제시하고 사례적용을 통해 검증하였다.

2. 리모델링 철거공사의 현황 및 문제점

2.1 리모델링 철거공사 공정계획의 중요성

본 연구에서는 시공 중인 리모델링공사 현장을 조사하고 노후

5) 공동주택 리모델링 가능연한은 건축법 20년 이상, 주택법 15년 이상으로 상이하나 건축법을 15년으로 하는 시행령 개정 중이므로 15년 이상으로 봄.
6) 벽식구조 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공기지연요소 도출시 라멘구조의 예를 참고한 것은 현재까지 벽식구조 노후 공동주택 리모델링공사 사례가 없고, 벽식구조와 라멘구조의 리모델링철거공사는 일부 공통된 공기지연요소를 가지고 있기 때문임.

공동주택 리모델링공사 경험이 있는 실무자를 면담하여 노후 공동주택 리모델링공사의 현황을 조사하였다. 리모델링 조사대상은 표2⁷⁾와 같으며 현황은 표3⁸⁾과 같다.

표2. 국내 노후 공동주택 리모델링 조사대상

구분	개요	공사개요
마포 용강 아파트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 준공연도: 1971년 ■ 규모: 지하 1층, 지하 5층 ■ 구조: 라멘조 ■ 코어형태: 계단식 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세대면적 확장 <ul style="list-style-type: none"> - 발코니 증축 및 실 재구성 ■ 기존 구조물 보수 보강 ■ 내진벽 및 코어 신설 ■ 설비 및 내/외장 업그레이드
방배 삼호 아파트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 준공연도: 1977년 ■ 규모: 지하 1층, 지상 12층 ■ 구조: 라멘조 ■ 코어형태: 계단식 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세대면적 확장 <ul style="list-style-type: none"> - 전/후면 발코니 증축, 기존발코니 실내화 ■ 기존 구조물 보수 보강 <ul style="list-style-type: none"> - 내진벽체 신설 ■ 지하주차대수 증설 ■ 설비 및 내/외장 업그레이드
방배 공진 아파트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 준공연도: 1977년 ■ 규모: 지하 1층, 지상 12층 ■ 구조: 라멘조 ■ 코어형태: 계단식, 복도식 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 세대면적 확장 <ul style="list-style-type: none"> - 전/후면 발코니 증축, 기존발코니 실내화 ■ 코어형식 변경 <ul style="list-style-type: none"> - 복도식·계단식 ■ 기존 구조물 보수 보강 ■ 지하주차장 신축 ■ 설비 및 내/외장 업그레이드

표 3. 노후 공동주택 리모델링 공사의 공종별 증기 지연 및 공종별 C.P 공기 지연

공종	공종별 Schedule Growth ⁹⁾	공종별 C.P Schedule Growth ¹⁰⁾
가설공사	0.00	0.00
토공사	0.00	0.00
철거공사	0.57	1.00
보수보강공사	1.38	0.50
파일공사	0.50	0.00
골조공사	1.00	0.50
조적공사	0.67	0.33
마감공사	-0.10	-0.13
준공청소 및 입주점검	0.50	0.50

노후 공동주택 리모델링공사는 대체로 계획공사기간에 맞춰 공사가 완료되었지만, 공사비는 계획공사비보다 10~20% 증가하였다. 공사비는 대부분 각 공종별로 지연된 공사기간을 만회

- 7) 최재필 외 3인(2007), 노후 공동주택 리모델링의 평면확장 유형과 특성에 관한 연구, 대한건축학회.
- 8) 실제 노후 공동주택 리모델링공사를 수행한 경험이 있는 현장실무자와의 면담 및 공정표 분석을 통한 도출 내용임.
- 9) CII의 Performance Metric Category: Schedule 중 Project Schedule Growth를 변형함. 공종별 Schedule Growth=(Actual 공종별 Duration-Initial Predicted 공종별 Duration)/Initial Predicted 공종별 Duration
- 10) 공종별 C.P Schedule Growth=(Actual 공종별 C.P Duration-Initial Predicted 공종별 C.P Duration)/Initial Predicted 공종별 Duration

하기 위한 돌관공사를 하는 과정에서 증가하였다.

노후 공동주택 리모델링공사의 공종별 Schedule Growth를 보면 일부 공종에서 공사기간이 지연되고 있으며(0인 경우) 보수보강공사, 골조공사, 조적공사, 철거공사 순으로 많이 지연되고 있었다. 또한 공종별 C.P Schedule Growth를 보면 철거공사, 골조공사 순으로 주공정선인 C.P(Critical Path)상에 있는 부분이 지연되고 있었다. 공종별 Schedule Growth와 공종별 C.P Schedule Growth의 순위가 다른 것은 공종별로 특징이 다르기 때문이다. 보수보강공사의 경우 공사기간이 가장 많이 지연되지만, C.P상에 있는 부분의 지연은 그보다 적다. 보수보강공사의 공사기간은 주로 골조공사 시 부수적으로 필요한 보수보강을 추가로 작업하는 과정에서 지연되므로 대부분 C.P상에 있지 않기 때문이다. 따라서 보수보강공사기간의 지연은 전체 공사기간을 지연시키지 않는다. 그러나 철거공사는 공사기간이 지연되는 것에 비해 C.P상에 있는 부분의 지연이 많다. 철거공사기간의 지연은 주로 공종 내에서 이루어지는 철거작업의 지연이므로 대부분 C.P상에 있기 때문이다. 따라서 철거공사기간의 지연은 전체 공사기간의 지연으로 이어진다.

특히 철거공사기간의 지연이 다른 공종보다 문제시 되는 것은 리모델링공사에서 철거공사는 다른 공정에 선행되며 다른 공정과 병행할 수 없기 때문에 철거공사가 끝나기 전까지 다른 공종을 시작할 수 없으며(F-S관계, Finish to Start), 이에 따라 철거공사의 모든 철거작업이 C.P상에 있게 되어 공사기간이 지연될 경우 전체 공사기간이 지연되기 때문이다.

이와 같이 노후 공동주택 리모델링공사에서는 각 공종별로 공사기간이 지연되고 있으며, 철거공사의 공기지연은 곧 C.P상에 있는 부분의 지연이므로 전체 공사기간을 가장 많이 증가시켜 문제시되고 있다.

2.2 리모델링 철거공사의 공기지연 원인

노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공기지연 원인을 도출하기 위하여 시공 중인 노후 공동주택 리모델링공사 현장조사와 실무자 면담조사를 하였으며 그 내용은 표4와 같다.

표 4. 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공기지연 원인

구분	내용
철거공사의 공정계획 미비	노후 공동주택 리모델링공사의 경험이 부족하여 철거공사의 공정계획이 미비한 채로 철거공사를 진행하므로 공사기간이 지연됨.
예측 불가능한 상황의 발생	공사시작 후 기존 도면 및 시방서와 실제 상태가 상이한 부분이 많아 추가적인 철거작업이 필요하게 되어 공사기간이 지연됨.

원인으로는 1) 노후 공동주택 리모델링공사의 경험부족으로 인한 철거공사의 공정계획 미비와 2) 기존 도면 및 시방서와 실제상태의 차이, 구조체 변형 등의 예측불가능한 상황의 발생이었다. 이 중에서 예측불가능한 상황의 발생은 미리 대비하기 어렵기 때문에 철거공사의 공정계획 미비가 공기지연의 주된 원인이며 개선의 여지 또한 크다.

2.3 리모델링 철거공사 공정계획의 문제점

노후 공동주택 리모델링 철거공사 공정계획의 문제점을 도출하기 위하여 시공 중인 노후 공동주택 리모델링공사 현장조사와 실무자 면담조사 통해 철거공사의 공정계획 현황을 조사하였으며 내용은 표5와 같다.

표 5. 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공정계획 현황

구분		내용
철거공사 내 철거작업 (철거공종에서 철거하는 작업)	작업범위 설정	철거할 부분과 재사용 할 부분 (보수보강 필요 유·무를 구분함.)
	작업의 선·후행관계 설정	철거작업범위 설정 후 선·후행관계를 고려하여 작업순서를 정함.
철거공사 외 철거작업 (철거공종이 아닌 다른 공종에서 철거하는 작업)		철거공사 외에서 발생할 가능성이 있는 철거작업을 미리 예측하여, 추가 철거작업을 다시 하지 않도록 계획함.

효과적인 철거공사를 위해 철거공사의 공정계획 수립 시 철거공종에서 철거하는 철거공사 내 철거작업과 다른 공종에서 철거하는 철거공사 외 철거작업을 모두 고려하고 있었다. 철거공사 내 철거작업에서는 철거작업범위를 명확하게 설정하고 선·후행관계에 따라 작업순서를 정하고 있으며, 철거공사 외 철거작업에서는 철거공사가 아닌 다른 공종에서 발생할 가능성이 있는 철거작업을 철거공사 시 몰아서 하도록 계획하고 있었다. 그러나 노후 공동주택 리모델링공사에 대한 경험부족으로 인하여 노후 공동주택의 특성을 고려한 철거공사의 공정계획을 세우는데 어려움을 겪고 있었다. 리모델링공사에서 사용하고 있는 철거공사의 공정계획은 주로 기존의 건물 부분해체공사나 전면해체공사, 대수선 리모델링공사(인테리어공사)에서 실시하였던 철거공사의 공정계획을 참고로 수립되고 있었으며 이는 철거공사 공기지연의 주된 원인이었다.

노후 공동주택 리모델링공사 시에 리모델링의 특성을 반영하지 못한 철거공사의 공정계획을 사용함으로써 표6과 같은 공기지연요소가 발생하였다.

공통적으로 발생한 공기지연요소로는 구조적인 안정성 고려,

표 6. 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공기지연요소

철거공사기간의 공기지연현황	리모델링 공사 현장		
	A현장	B현장	C현장
협소한 작업공간으로 인한 작업제한	0		
구조적인 안정성 고려	0	0	0
폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정	0	0	0
철거장비의 진입방법 선정	0	0	0
추가철거작업 발생	0	0	0

폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정, 철거장비의 진입방법 선정, 추가철거작업의 발생이었다. 또한 A현장과 같이 소규모 평수 아파트인 경우는 협소한 작업공간으로 인한 작업제한과 같은 공기지연요소가 발생하였다.

위의 공기지연요소에 대한 세부내용은 표7과 같다.

표7. 철거공사의 공기지연요소 및 세부내용

공기지연요소	요소별 세부내용
구조적 안정성 고려	작업하중 및 충격하중에 의한 붕괴위험이 수시로 존재하므로 구조체의 균형유지를 위해 철거작업 순서를 정하는 과정에서 공사기간이 지연됨.
폐기물 투하/분리/반출 시기, 방법 선정	폐기물을 투하하고 분리/반출하는 시기 및 방법의 선정과 폐기물을 반출하기 위한 반출구 확보 과정(경제성, 친환경성 고려)에서 공사기간이 지연됨.
철거장비의 진입방법 선정	노후 공동주택의 조건(계단 폭, 현관 폭, 복도 폭, 발코니 폭, 각 실의 폭)과 장비의 조건(장비 폭, 장비 높이, 장비 작업반경, 장비의 작업효율), 철거방식에 따른 진원경성 과 민원발생가능성, 경제성을 고려하여 장비를 선정하는 과정에서 공사기간이 지연됨.
협소한 공간으로 인한 작업제한	세대내 공간이 협소하여 작은 철거장비를 사용하므로 작업효율이 떨어지고 장비와 인력이 동시에 작업을 하는 것이 불가능하므로 철거작업 속도가 늦어져 공사기간이 지연됨.
추가 철거작업 발생	철거공사가 끝난 후에 다른 공사를 하는 과정에서 추가철거작업이 필요하여 재작업을 함으로써 공기지연이 발생하였다.

첫째, 리모델링공사 시 작업하중 및 충격하중에 의한 붕괴위험이 수시로 존재하므로 구조체의 균형유지를 위해 철거작업 순서를 정하는 과정에서 공사기간이 지연되었다. 둘째, 폐기물을 투하하고 분리/반출하는 시기 및 방법의 선정과 폐기물을 반출하기 위한 반출구 확보 과정에서 경제성과 친환경성을 고려하여 공기지연이 발생하였다. 셋째, 노후 공동주택의 조건(계단 폭, 현관 폭, 복도 폭, 발코니 폭, 각 실의 폭)과 장비의 조건(장비

폭, 장비 높이, 장비 작업반경, 장비의 작업효율), 철거방식에 따른 친환경성과 민원발생가능성, 경제성을 고려하여 장비를 선정하는 과정에서 공사기간이 지연되었다. 넷째, 세대별 전유면적이 협소한 경우 작업공간이 협소하여 작은 철거장비를 사용할 수밖에 없어 작업효율이 떨어지고, 장비와 인력이 동시에 작업을 하는 것이 불가능하므로 철거작업 속도가 늦어져 공기지연이 발생하였다. 다섯째, 철거공사가 끝난 후에 다른 공사를 하는 과정에서 추가철거작업이 발생하고, 세대별로 난방시설 등을 변경한 경우 바닥 마감의 추가 철거작업이 필요한 경우에 철거공사기간이 지연되었다.

위에서 제시한 5가지의 라멘조 노후 공동주택의 리모델링 철거공사 공기지연요소는 벽식구조 노후 공동주택의 리모델링 철거공사에서 발생하는 공통적인 공기지연요소이다. 5가지 공기지연요소에 벽식구조 노후 공동주택의 리모델링 철거공사에서만 발생할 수 있는 공기지연요소를 추가하기 위해 리모델링공사경험이 있는 실무자와 면담을 통해 공기지연요소를 도출하였으며 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 벽에 의한 철거작업동선 한정과 공간제약이다. 라멘조의 경우 철거장비가 이동하는데 제약이 없지만 벽식구조는 벽에 의해 작업동선이 한정되므로, 철거공사 시작 전 철거장비의 진입방법뿐만 아니라 철거장비의 동선까지 명확하게 계획하여 철거작업동선을 확보하지 않으면 철거공사기간이 지연된다. 또한 벽에 의해 작업공간이 더욱 협소해지므로 작은 철거장비를 사용하게 되어 작업효율이 떨어질 뿐만 아니라 장비와 인력의 동시작업이 불가능하므로 철거작업 속도가 느려져 공기지연이 발생한다.

둘째, 많은 철거물량으로 인한 느린 작업속도이다. 벽식구조의 경우 벽이 많기 때문에 라멘조보다 철거량이 많으므로 철거동선에 따른 작업범위에 맞는 철거작업반을 디테일하게 구성하지 않으면 철거작업 속도가 느려져 철거공사기간이 지연된다.

라멘조 리모델링 철거공사의 5가지 공기지연요소에 벽식구조 리모델링 철거공사만의 2가지 공기지연요소를 추가하여 벽식구조 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 종합적인 공기지연요소를 도출하였다. 종합적인 공기지연요소는 1)구조적 안정성 확보, 2)폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정, 3)철거장비의 진입 방법 선정, 4)철거동선확보 및 철거작업반 구성¹¹⁾의 부재이다.

11) 공기지연요소인 협소한 작업공간으로 인한 작업제약과 추가철거작업 발생은 디테일한 철거작업반구성의 부재 때문이므로 철거작업반 구성의 부재로 통합함.

3. 벽식구조 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획 수립방안

3.1 철거공사의 공정계획 요소

2장에서 도출한 철거공사 공기지연 요소를 바탕으로 벽식구조 노후 공동주택 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획 요소(그림3참조)를 도출하였고, 노후 공동주택 리모델링공사 실무자와의 면담조사와 참고문헌조사를 통해 효과적인 공정계획과 선정절차를 제시하였으며 그 내용은 그림3과 같다.

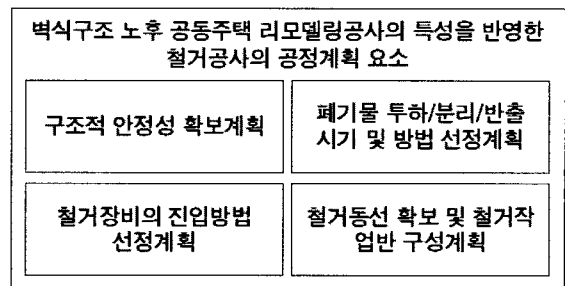


그림 3. 벽식구조 노후 공동주택 리모델링 철거공사의 공정계획 요소

3.2 구조적인 안정성 확보계획

노후 공동주택 리모델링 철거공사 시 구조적 안정성 확보를 위한 철거공사의 공정계획 요소는 그림4와 같다.

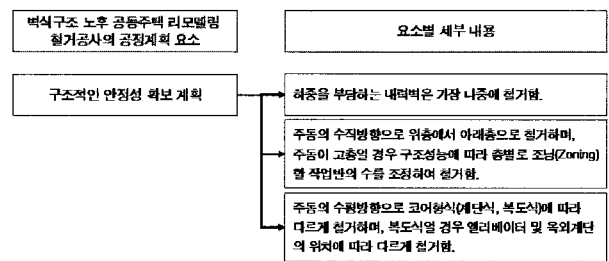


그림 4. 구조적 안정성 확보를 위한 철거공사의 공정계획 요소

첫째, 하중을 부담하는 내력벽은 가장 마지막에 철거하도록 계획하여야 한다. 내력벽부터 철거할 경우 약해진 내력벽이 철거장비의 작업하중과 충격하중을 견딜 수 없어 붕괴될 가능성이 있기 때문이다.

둘째, 주동의 수직방향으로 철거작업을 위층에서 아래층으로 하도록 계획하며, 주동의 구조성능에 따라 층별로 zoning 할 작업반의 수를 조정하여 철거하도록 계획하여야 한다. 아래층부터 충격을 가할 경우 아래층 내력벽의 강도가 저하되어 위

층의 하중을 전달 수 없어 붕괴될 가능성이 있기 때문이다. 또한 주동이 고층인 경우 구조성능에 따라 안전한 범위 내에서 층별로 조닝을 하여 동시에 철거함으로써 철거작업속도를 증가시킬 수 있다.

셋째, 주동의 수평방향으로 코어형식에 따라 철거작업을 다르게 계획하여야 한다. 계단식일 경우 주동의 수직방향 철거계획대로 철거하며, 복도식일 경우 엘리베이터 및 옥외계단의 위치에 따라 철거작업을 다르게 계획한다. 엘리베이터 및 옥외계단의 위치가 중앙에 있는 경우 철거작업의 충격하중과 작업하중을 양끝세대가 가장 많이 받으므로 양끝세대에서 중앙세대로 철거하도록 계획하여야 한다. 또한 엘리베이터가 가운데에 있고, 옥외계단이 한쪽 편에 몰려있는 경우 옥외계단이 없는 쪽부터 철거하도록 계획하여야 한다. 구조적 안정성 확보를 위한 철거공사의 공정계획 요소를 선정하는 절차는 그림5와 같다.

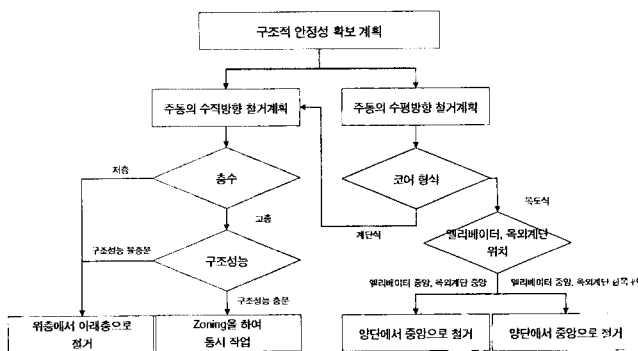


그림 5. 구조적 안정성 확보를 위한 철거공사의 공정계획 선정절차

3.3 폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정계획

노후 공동주택 리모델링 철거공사 시 폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정을 위한 철거공사의 공정계획 요소는 그림6과 같다.¹²⁾

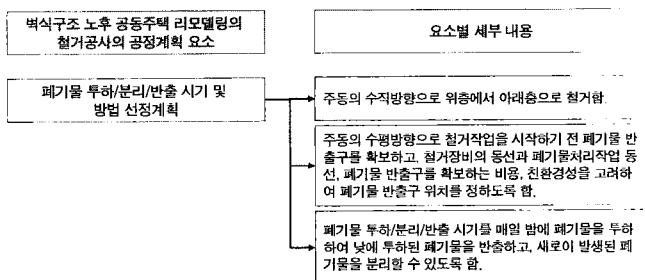


그림 6. 폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법선정을 위한 철거공사의 공정계획 요소

첫째, 주동의 수직방향으로 철거작업을 위층에서 아래층으로 하도록 계획하여야 한다. 아래층부터 위층으로 철거작업을 진행할 경우 위층에서 투하되는 폐기물, 먼지 등이 철거가 끝난 아래층으로 유입되기 때문에 관리가 어렵고, 위층에서 아래층으로 갈수록 폐기물을 투하할 경우에 발생하는 투하소음이 줄어들어 민원발생가능성도 적어지기 때문이다.

둘째, 주동의 수평방향으로 철거작업을 시작하기 전 폐기물 반출구를 확보하도록 계획하여야 한다. 폐기물이 일정량 발생할 때 마다 폐기물을 반출하여야만 철거장비의 이동이 쉽기 때문에 작업속도를 증가시킬 수 있기 때문이다. 또한 철거장비의 동선과 폐기물처리작업 동선, 폐기물 반출구를 확보하는 비용, 친환경성을 고려하여 폐기물 반출구 위치를 정하도록 계획하여야 한다. 리모델링공사의 특성 상 폐기물의 양이 많기 때문에 호이스트, 엘리베이터를 이용한 폐기물 반출은 반출기간이 길어지고 반출비용도 높아지므로 불가능하다. 따라서 엘리베이터, AD, PD를 철거한 후 폐기물을 투하하거나 슈트를 설치하여 폐기물을 투하하면서 살수를 병행하는 방법을 계획하여야 한다. 이 때 경제성과 친환경성을 고려하여야 하는데 엘리베이터, AD, PD를 철거하는 비용과 이 방법에 의해 발생하는 소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향 또는 슈트를 설치하고 살수를 병행하는 비용과 이 방법에 의해 발생하는 소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향을 비교하여 계획을 선정하여야 한다. 친환경성의 경우 슈트 및 살수를 병행할 때보다 엘리베이터, AD, PD를 철거하여 투하할 경우보다 더 좋은데, 이는 코어 안에서 소음, 진동, 비산먼지가 발생하므로 외부에 미치는 영향이 적기 때문이다.

셋째, 폐기물 투하 및 분리 반출 시기를 매일 낮에 발생된 폐기물을 분리하고 밤에는 정리된 폐기물을 투하하여 폐기물 반출작업이 낮에 이루어질 수 있도록 계획하여야 한다. 밤에 폐기물을 투하함으로써 밤에 투하된 폐기물을 낮에 반출할 수 있고, 낮에 새로 발생하는 폐기물을 각 층에서 분리할 수 있는 공간을 확보할 수 있기 때문이다. 폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정을 위

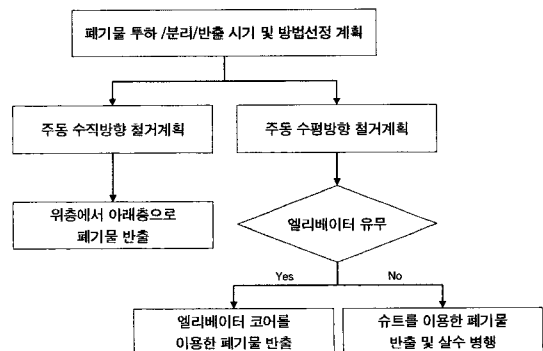


그림 7. 폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정을 위한 철거공사의 공정계획 선정

12) 서현 업무시설 리모델링 현장팀, "서현266 업무시설 리모델링", 대림산업, 2007, pp. 27-44

한 철거공사의 공정계획 요소를 선정하는 절차는 그림7과 같다.

3.4 철거장비의 진입방법 선정계획

노후 공동주택 리모델링 철거공사 시 철거장비의 진입방법 선정을 위한 철거공사 공정계획 요소는 그림8과 같다.

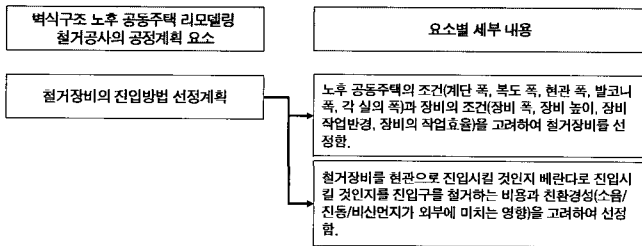


그림 8. 철거장비의 진입방법 선정을 위한 철거공사의 공정계획

첫째, 노후 공동주택의 조건(계단 폭, 복도 폭, 현관 폭, 발코니 폭, 각 실의 폭)과 장비의 조건(장비 폭, 장비 높이, 장비 작업반경, 장비의 작업효율)을 고려하여 철거장비를 선정하도록 계획하여야 한다. 노후 공동주택의 조건에 맞는 철거장비를 사용하지 않으면 철거작업을 효율적으로 할 수 없어 작업속도가 느리기 때문이다.

둘째, 철거장비의 진입구를 확보하는 비용과 친환경성(소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향)을 고려하여 철거장비를 진입시킬 방법을 선정하도록 계획하여야 한다. 노후 공동주택 리모델링공사에서 철거장비의 진입은 현관을 넓혀서 들어가는 방법과 발코니 난간벽을 철거한 후 이동식 크레인으로 들어 올려 발코니로 들어가는 방법을 주로 사용하고 있다. 따라서 1)현관을 일부 철거할 경우의 비용과 선정된 철거장비로 주동 모든 세대를 철거하는 비용¹³⁾ 그리고 현관 철거작업, 세대 내 철거작업 시 발생하는 소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향과 2) 발코니 난간벽을 철거할 경우의 소요비용과 철거장비를 들어올리기 위한 이동식 크레인 임대비용, 선정된 철거장비로 주동 모든 세대를 철거하는 비용 그리고 발코니 철거작업과 세대 내 철거작업 시 발생하는 소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향 등을 비교하여 장비의 진입방법을 선정하여야 한다. 철거장비의 진입방법 선정을 위한 철거공사의 공정계획 요소를 선정하는 절차는 그림9와 같다.

13) 선정된 철거장비의 작업효율에 따라 철거작업시간이 다르므로 철거비용 또한 다름.

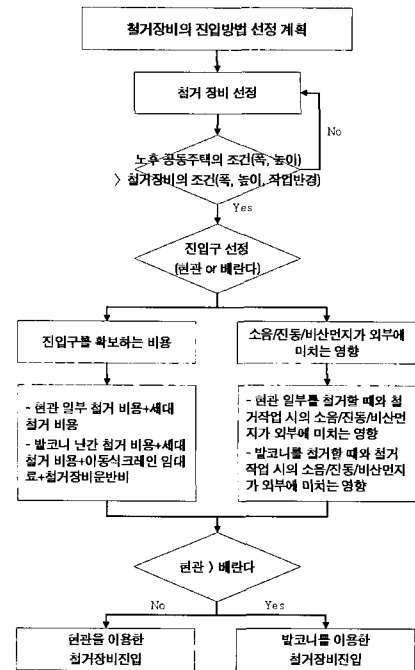


그림 9. 철거장비의 진입방법 선정을 위한 철거공사의 공정계획 선정 절차

3.5 철거동선확보 및 철거작업반 구성계획

노후 공동주택 리모델링 철거공사 시 동선확보 및 철거작업반 구성을 위한 철거공사의 공정계획 요소는 그림10과 같다.

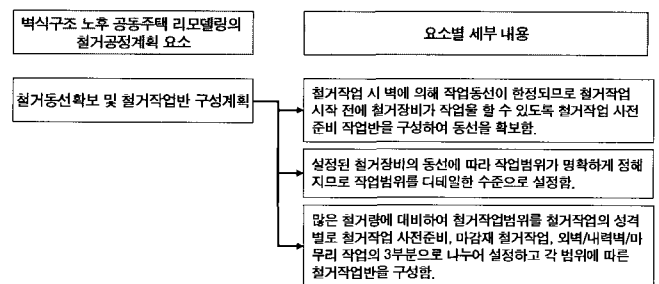


그림 10. 철거동선확보 및 철거작업반 구성을 위한 철거공사의 공정계획 요소

첫째, 철거작업 시 벽에 의해 작업동선이 한정되므로 철거작업 시작 전에 철거장비가 작업을 할 수 있도록 동선을 확보하도록 계획하여야 한다. 철거동선을 명확하게 설정하고 확보하지 않으면 철거작업을 시작할 수 없고 동선에 따른 작업범위가 명확하지 않아 철거작업의 속도가 느리게 된다. 따라서 철거공사를 시작하기 전 철거장비의 작업동선 확보를 위해 재사용하지 않는 비내력벽을 인력철거로 Saw cutting하고 장비로 들어내는 등의 철거작업 사전준비 작업반을 별도로 구성해야 한다.

표 8. 벽식구조 노후 공동주택의 유형별 사례의 개요와 리모델링 계획요소

유형	유형별 사례 및 개요	리모델링 계획요소
세대 통합형	제주 A지구 주공 임대아파트 (편복도형)	수평 세대통합(2호의 1호화)
	①층수: 5층 ②주동형식: 3코어+12세대 ③코어형태: 복도식과 계단식 혼합 ④전용면적: 26㎡(8PY)	①코어형식 변경: 편복도+계단식→계단식, ②내력벽 변경(축소, 삭제, 천공), ③발코니 실내화, ④발코니 부가, ⑤승강기 신설, ⑥설 비변경(개별난방→중앙난방)
세대 확장형	서울 논현동 동원 아파트 (계단실형)	부기형 세대확장
	①층수: 12층 ②주동형식: 4코어+6/8세대 ③코어형태: 계단식 ④전용면적: 84㎡(25PY)	①코어형식 변경: 없음, ②내력벽 변경(축소, 삭제, 천공), ③발코니 실내화, ④발코니 부 가, ⑤설비확장(화장실 추가)
코어 증축형	서울 개포동 주공 아파트 (편복도형)	코어형식 변경 + 코어수평증축
	①층수: 15층 ②주동형식: 1코어+6세대 ③코어형태: 복도식 ④전용면적: 53/73/84㎡(16/22/25PY)	①코어형식 변경: 편복도→계단식, ②내력벽 변경(천공), ③복도 실내화, ④발코니 부가, ⑤침실 부가, ⑥설비변경(배관시설 이동)

철거작업을 성격별로 철거작업 사전준비, 마감재 철거작업, 비내력벽/내력벽 철거작업으로 나누어 특정부분만을 철거하게 하여 세대 당 1~2일정도의 철거공사기간을 단축시킬 수 있다. 공사 시작 전 수립한 철거공사의 공정계획을 통해 코어형식별 구조적인 안정성 확보 방법 선정, 경제성과 친환경성을 고려한 폐기물 투하구 확보 및 철거장비 진입 방법 선정, 철거작업 동선 선정을 함으로써 벽식구조 노후 공동주택 리모델링의 특성을 반영한 철거공사 공정계획을 세울 수 있다. 따라서 철거공사 중간에 예측하지 못한 문제가 발생하여 철거작업의 흐름을 끊어 공기지연을 일으키는 경우가 적어진다. 철거공사 중에 폐기물 투하구를 사전에 확보지 못하여 1일~3일 정도의 공기지연이 발생하는 것을 방지할 수 있고, 단위세대를 1개의 작업반이 아닌 3개의 작업반이 철거함으로써 세대별로 1일~2일의 공기지연을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 작업의 연속성 확보로 같은 시간동안 약2개의 세대를 철거할 수 있다. 따라서 노후 공동주택의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획을 사용함으로써 철거공사기간이 지연되는 것을 방지할 수 있다.

5. 결론

노후 공동주택의 성능을 개선하기 위한 방법으로 리모델링사업을 시행하는 사례가 점점 증가하고 있다. 그러나 국내의 노후 공동주택 리모델링 사례를 살펴보면 철거공사 시에 리모델링의 특성을 고려하지 않은 공정계획을 사용하여 공사기간이 지연되고 있다. 미비한 철거공사 공정계획으로 인하여 1)구조적 안정성 확보, 2)폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정, 3)철거장비의 진입방법 선정, 4)추가 철거작업 발생으로 인하여 철거공사기간이 지연되고 있었다. 또한 벽식구조 노후 공동주택 리모델링공사 시에는 1)벽에 의한 철거작업동선 한정과 공간제약, 2)많은 철거물량으로 인한 느린 작업속도가 공기지연을 일으키는 요소였다.

따라서 이러한 공기지연 요소를 고려한 철거공사 공정계획을 수립하여 철거공사기간이 지연되는 것을 방지하고자 하였다. 벽식구조 노후 공동주택의 철거공사 공정계획요소로서 1)구조적 안정성 확보, 2)폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정, 3)철거장비의 진입방법 선정, 4)철거작업 동선 확보 및 철거작업반 구성을 선정하여 각 요소에 대한 지침과 선정방법을 제시하였다. 제시한 지침과 선정방법이 실제 벽식구조 노후 공동주택 리모델링 철거공사에 반영시킬 수 있는지를 검증하기위하여 리모델링의 유형을 설정하였고 유형별 사례를 선택하여 적용하였다. 사례적용 결과 철거공사 공정계획 요소를 통해 리모델링유형에

맞는 철거공사 공정계획을 수립할 수 있었으며, 시뮬레이션을 통해 벽식구조 노후 공동주택 리모델링의 특성을 반영한 철거공사 공정계획요소를 적용하기 전후를 비교하여 세대 당 1~2일 정도의 철거공사기간을 단축시킬 수 있다는 결과를 얻었다.

본 연구에서는 리모델링의 특성을 반영한 벽식구조 노후 공동주택 철거공사의 공정계획을 수립하였다. 하지만 철거공사만을

대상으로 하였기 때문에 철거공사의 선행 공종인 가설공사, 토공사 및 후행 공종인 보수보강공사와의 관계를 고려하지 않았는데 한계가 있다. 특히 보수보강공사의 경우 철거공사 시작 전과 완료 후로 밀접한 관련을 가지고 있으므로 이를 고려한 철거공사의 공정계획이 후속 연구과제로서 요구된다.

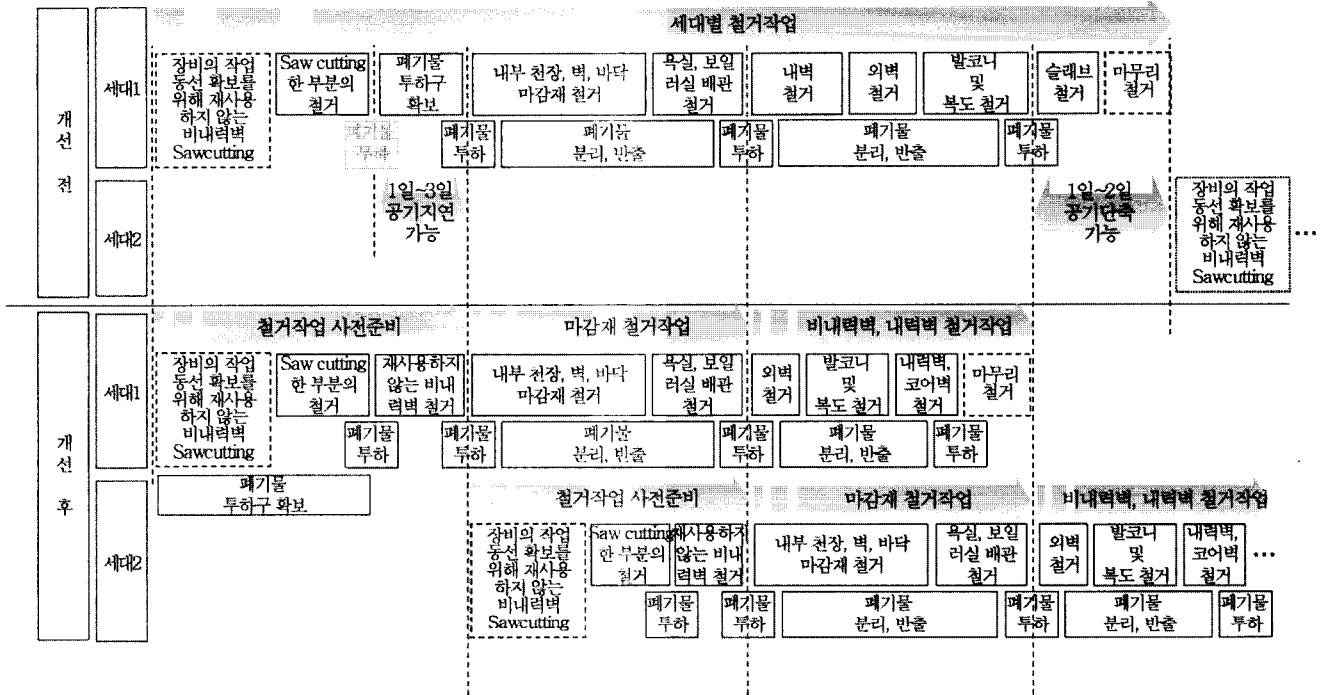
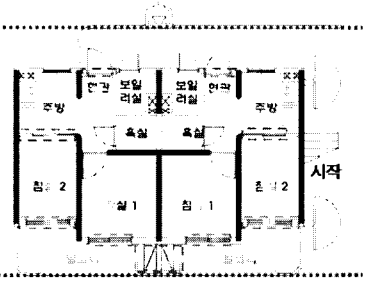
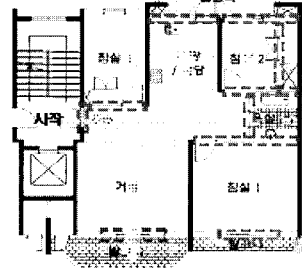
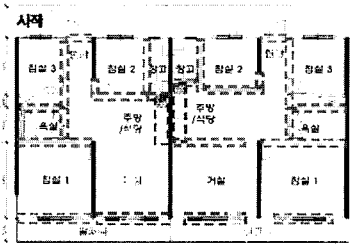


그림 13. 시뮬레이션을 통한 리모델링의 특성을 반영한 철거공사의 공정계획 비교분석 (점선테두리는 인력철거작업, 실선테두리는 장비철거작업)

표 9. 벽식구조 노후 공동주택의 유형에 따른 사례적용 결과

유형 및 사례	세대통합형	세대확장형	코어중축형
리모델링 계획요소	제주 A지구 주공 임대아파트	서울 논현동 동현 아파트	서울 개포동 주공 아파트
구조적 안정성 확보 계획	<ul style="list-style-type: none"> ■하중을 부담하는 내력벽은 가장 마지막으로 철거함. ■주동의 수직방향으로는 위층에서 아래층으로 철거하도록 계획한다. 그러나 주동이 5층으로 저층이므로 층별로 zoning(Zoning)할 필요는 없다. ■주동의 수평방향으로는 코어형식이 계단식과 복도식의 혼합이지만 계단식에 가까우므로 주동의 수직방향 철거계획대로 철거하도록 계획한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ■주동의 수직방향으로는 위층에서 아래층으로 철거하도록 계획하며, 2층으로 고층이므로 주동의 구조성능에 따라 층별로 zoning(Zoning)할 작업반의 수를 조정하여 철거하도록 계획하여야 한다. ■주동의 수평방향으로는 코어형식이 계단식이므로 주동의 수직방향 철거계획대로 철거하도록 계획한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ■주동의 수직방향으로는 위층에서 아래층으로 철거하도록 계획하며, 15층으로 고층이므로 주동의 구조성능에 따라 층별로 zoning(Zoning)할 작업반의 수를 조정하여 철거하도록 계획하여야 한다. ■주동의 수평방향으로는 코어형식이 복도식이고 엘레베이터 및 옥외계단의 위치가 중앙에 있으므로 양끝세대에서 중앙세대로 철거하도록 계획하여야 한다.

표 9. 벽식구조 노후 공동주택의 유형에 따른 사례적용 결과(계속)

유형 및 사례	세대통합형	세대확장형	코어증축형
리모델링 계획요소	제주 A지구 주공 임대아파트	서울 논현동 동현 아파트	서울 개포동 주공 아파트
폐기물 투하/분리/반출 시기 및 방법 선정 계획	<p>■ 주동의 수평방향으로는 철거작업을 시작하기 전 폐기물 반출구를 선정해야 한다. 또한 주동이 저층이므로 엘리베이터가 없기 때문에 슈트를 설치하여 폐기물을 투하하면서 살수를 병행하는 방법으로 계획한다. 이 방법은 폐기물투하 속도가 느리며 소음/진동/비산먼지가 다량 발생하기 때문에 민원발생에 대비하여야 한다.</p>	<p>■ 주동의 수평방향으로는 철거작업을 시작하기 전 폐기물 반출구를 선정해야 한다. 또한 주동이 고층이므로 엘리베이터가 있고 슈트를 설치하기에 비용이 많이 드므로 엘리베이터, AD, PD를 철거한 후 폐기물을 투하하는 방법으로 계획한다. 이 방법은 코어 안에서 소음/진동/비산먼지가 발생하므로 외부에 미치는 영향이 적기 때문에 친환경적이다.</p>	<p>■ 주동의 수평방향으로는 철거작업을 시작하기 전 폐기물 반출구를 선정해야 한다. 또한 주동이 고층이므로 엘리베이터가 있고 슈트를 설치하기에 비용이 많이 드므로 엘리베이터, AD, PD를 철거한 후 폐기물을 투하하는 방법으로 계획한다. 이 방법은 코어 안에서 소음/진동/비산먼지가 발생하므로 외부에 미치는 영향이 적기 때문에 친환경적이다.</p>
철거장비의 진입방법 선정 계획	<p>■ 철거장비 진입방법 선정(현관, 발코니) - 현관을 일부 철거할 경우의 비용+선정된 철거장비로 주동 모든 세대를 철거하는 비용+현관 철거작업과 세대 내 철거작업 시 발생하는 소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향 - 발코니 난간벽을 철거할 경우의 소요비용+철거장비를 들어올리기 위한 이동식 크레인 임대비용+선정된 철거장비로 주동 모든 세대를 철거하는 비용+발코니 철거작업과 세대 내 철거작업 시 발생하는 소음/진동/비산먼지가 외부에 미치는 영향</p>	<p>■ 철거장비의 선정은 노후 공동주택의 상태인 발코니폭(650~1400mm), 현관폭(900mm), 계단 폭(1300mm)에 맞는 철거장비로 해야 한다. ■ 철거장비의 진입방법 선정은 경제성 측면에서 층수가 고층이므로 현관으로 진입하는 방법이나 발코니로 진입하는 방법의 비용이 서로 비슷하다. 친환경성 측면에서는 코어형식이 계단식이므로 현관에 코어 안에 있어 현관을 났을 때 발생하는 소음/진동/비산먼지는 외부에 영향을 작게 미치게 된다. 따라서 경제성과 친환경성을 고려하였을 때 현관으로 진입하여야 한다.</p>	<p>■ 철거장비의 선정은 노후 공동주택의 상태인 발코니폭(1100mm), 현관폭(900mm), 계단폭(1200mm), 복도폭(1500mm)에 맞는 철거장비로 해야 한다. ■ 철거장비의 진입방법 선정은 경제성 측면에서 층수가 고층이므로 현관으로 진입하는 방법이나 발코니로 진입하는 방법의 비용이 서로 비슷하다. 친환경성 측면에서는 코어형식이 복도식이어서 현관과 발코니가 모두 외부에 접해 있으므로, 가능한 개구부를 적게 내어 소음/진동/비산먼지가 외부에 영향을 작게 미치도록 현관으로 진입해야 한다. 따라서 경제성과 친환경성을 고려하였을 때 현관으로 진입하여야 한다.</p>
철거작업 시 벽에 의해 작업동선이 한정되므로 철거작업 시작 전에 철거장비가 작업을 할 수 있도록 동선을 확보하기위하여 철거공사 시작 전 철거장비의 작업동선 확보를 위해 자사용하지 않는 비내력벽을 인력철거로 Saw cutting하고 장비로 들어내는 철거작업 사전준비 작업반을 별도로 구성한다. ■ 설정된 철거장비의 동선에 따라 작업범위가 명확하게 정해지므로 작업범위를 디테일한 수준으로 계획한다. ■ 많은 철거량에 대비하여 철거작업범위를 철거작업의 성격별로 철거작업 사전준비, 마감재 철거작업, 외벽/내력벽/마무리 작업의 3부분으로 나누어 설정하고 각 범위에 따른 철거작업반을 구성한다.	<p>■ 철거작업 동선 확정</p> 	<p>■ 철거작업 동선 확정</p> 	<p>■ 철거작업 동선 확정</p> 
철거동선확보 및 철거작업반 구성 계획			

참고문헌

1. 이은희 외 1인, “공동주택 리모델링 프로세스에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 대한건축학회, 제23권 1호, 2003, pp.27-30
2. 홍성욱 외 1인, “건축리모델링 공사의 전략적 리스크 대응 방안에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 대한건축학회, 제 20권 11호, 2004, pp.153-160
3. 대한주택공사 도시개발사업단 리모델링부, “마포용강 시범 아파트 리모델링 사업지”, 대한주택공사, 2003
4. 여운용 외 3인, “건축물 리모델링 프로젝트 사례적용에 의한 시공관리 개선방안”, 한국건설관리학회논문집, 한국건설관리학회, 제5권 4호, 2004, pp.122-129
5. 서현 업무시설 리모델링 현장팀, “서현266 업무시설 리모델링”, 대림산업, 2007, pp. 27-44
6. 최재필 외 3인, “노후 공동주택 리모델링의 평면확장 유형과 특성에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 대한건축학회, 제22권 10호, 2006, pp. 93-102
7. 최재필 외 3인, “노후 공동주택의 구조 및 설비성능개선 기술개발(1)”, 건설핵심기술연구개발사업 제2차년도 연차보고서, 한국건설교통기술평가원, 2007

논문제출일: 2008.01.03

심사완료일: 2008.04.15

Abstract

Currently, reconstruction and remodeling are conducted to improve the performance of aged housing. Recently reconstruction has caused many problems such as wastes generation, wasting resources and real estate speculation, remodeling is drawing attention. Accordingly, remodeling business for aged housings gradually increasing, but the use of scheduling method not considering characteristics of remodeling deters construction in some construction types. Especially, in case of dismantling construction, the dismantling is delayed since the scheduling method not considering characteristics of remodeling is used. In case of remodeling, dismantling construction is ahead of other processes, if the dismantling construction is delayed, whole construction will be delayed and if speedy construction is conducted, the costs for remodeling will increase. Furthermore, existing remodeling for aged housing has been for rahmen(crossbeam and pillar) structure apartments, but since most apartments to be remodeled are wall-slab structure where dismantling takes a lot of weight, it is highly possible the dismantling construction is delayed. Thus, this paper is to establish scheduling method for the dismantling construction reflecting characteristic of remodeling to prevent delay of dismantling construction for remodeling of aged housing with wall-slab structure.

Keywords: Wall-slabstructure housing, remodeling, dismantling construction, scheduling method