

AHP기법을 활용한 지하주차장 기초보강공법의 적용성 분석

신명하^{1*}, 이찬식²

Applicability Analysis of Foundation Reinforcement Method for Expanding Underground Parking Lot Using AHP Technique

Myeong-Ha Shin^{1*}, Chansik Lee²

Abstract: The shortage of parking lots in aged apartment complexes built from the 1980s to the mid 1990s is serious. When we look at the case of parking lot expansion in the aged apartment complexes, the method of extending the underground parking lot vertically occupies the majority. It is very important to secure the structural safety of the foundations when the existing buildings are enlarged. In the case of underground vertical work, the work space should be narrow, so that a method with excellent safety, environmental and construction properties should be applied. Urban construction is also required to use construction methods and equipment with low noise and vibration.

This study analyzed the factors influencing the selection of the foundation reinforcement method for the expansion of the underground parking lot and Weights of influence factors were calculated. The purpose of this study was to analyze the applicability of the foundation reinforcement method. Factors influencing the applicability of the foundation reinforcement method were derived through expert interviews and The AHP technique was used to calculate the weight of the influencing factors.

It was evaluated by experts on the applicability of the foundation reinforcement method. It conducted a case study on two types of underground parking lot expansion type and compared the applicability of the foundation reinforcement method.

Keywords: Aged apartment, Underground Parking lot expansion, Foundation reinforcement method, Influence factor of method

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1970년대 이후 급속한 도시화로 인한 주거문제를 해결하기 위해 등장한 공동주택은 국민의 60% 이상이 살고있는 우리나라의 대표적인 주거형태이다. 1990년 이후 주택 200만호 건설 정책등으로 공동주택이 대량 공급되었으며, 완공 후 15년이 지나 리모델링이 가능한 공동주택의 세대수는 2013년 기준 전국적으로 440만호 이상에 이르고 있다(최재필 2016).

노후 공동주택의 주차장 부족 현상은 심화 되어 왔으며, 1990년대 이후 건설된 1기 신도시공동주택 단지도 현행 법정 주차대수를 충족하지 못하고 있다.

기존 건축물을 증축할 경우 기초의 구조적 안전성 확보는 매우 중요하다. 지하 수직방향 공사의 경우 작업 공간이 협소

하기 때문에 안전성, 환경성 및 시공성이 우수한 공법을 적용해야 한다. 도심지 공사는 소음과 진동이 작은 공법과 장비의 사용도 필수적이다. 대표적인 기초보강 공법으로는 Micro Pile 공법, Screw Anchor Pile(이하 SAP)공법, Helical Pile 공법등이 있다. Micro Pile 공법은 지중에 소정의 깊이까지 천공 후 그라우팅을 하는 소구경 현장타설 말뚝공법이다. Helical Pile 공법은 파일을 유압모터로 회전시켜 관입함으로써 천공이 불필요하다. SAP공법은 천공과 설치를 동시에 진행하여 공정이 단순한 장점을 가지고 있다.

이 연구는 지하주차장 확대 공사에 필요한 기초보강 공법의 선정에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 영향요인의 가중치를 산정하여 기초보강공법의 적용성을 분석할 목적으로 수행되었다.

1.2 연구의 범위 및 방법

이 연구는 공동주택의 주차장확대방식 가운데 지하수직 및 지하수평 확대방식에 적용하는 기초보강공법으로 범위를 한정하였으며, 거주자가 전면이주 하고 공사하는 것으로 가정하였다. 기존문헌, 시공회사와 감리회사의 실무자와 보수보

¹학생회원, 인천대학교 도시건축학부 석사과정, 교신저자

²정회원, 인천대학교 도시건축학부 교수

*Corresponding author: cslee@inu.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Incheon University

•본 논문에 대한 토의를 2017년 6월 1일까지 학회로 보내주시면 2017년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

강업체 담당자를 대상으로 설문조사와 면담조사를 통해 Micro Pile 공법, SAP공법, Helical Pile 공법을 대상으로 그 적용성을 비교 분석 하였다.

연구의 방법 및 절차는 다음과 같다.

첫째, 문헌 및 사례조사를 통해 공동주택의 주차장 확대 공사에 적용가능한 기초보강공법을 조사하였다.

둘째, 기초보강공법의 적용성에 영향을 미치는 요인을 도출하였고, 영향요인의 중요도를 산정하였다.

셋째, 사례적용을 통해 기초보강공법의 적용성을 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 주차장 확대 유형

노후 공동주택의 주차장 확대방식은 크게 지하 수평 및 수직 확대, 필로티 확대, 지상데크 확대, 별동 확대 방식등으로 나눌 수 있다. 황경진(2007)은 Table 1 같이 공동주택의 주차장 확대 유형별 특징을 제시하였다.

2.2 주차장 확대 사례

사례조사 공동주택의 대부분은 여유부지 확보 목적으로 별동 확대방식 보다 동과동 사이에 지하 수직 또는 수평 확대 방

Table 1 Feature of parking extension type

Expanded type	Feature
Underground horizontal expansion	- Parking efficiency is good - Safety of the complex and need to inspection the foundation's stiffness - High cost of construction
Underground vertical expansion	- Less noise during construction - Structural difficulties due to large impacts and interference on the foundation structure - High cost of construction - Construction period considerably needed
Piloti expansion	- Need to consider vertical expansion due to decrease in the number of households on the ground floor - Limited number of parking lots
Ground deck expansion	- Disadvantage of low-rise view - Can not use existing one-floor households and requires vertical expansion - Less interference with existing structures
An annex building expansion	- Economical construction cost compared to underground parking - Construction period is short - Need to a separate site - High maintenance cost

식을 선택하고 있다. Table 2는 노후 공동주택의 주차장 확대 사례를 조사한 것이다.

공동주택 단지의 규모, 기존 주차장의 규모 등 다양한 단지 조건을 고려하여 기존의 주차장을 수평, 수직으로 확대하는 방식이나 대지의 단차를 고려한 필로티 방식과 데크 방식의 혼합, 데크 방식과 지하수평 및 수직 확대 방식 혼합등 다양한 확대 사례도 있다.

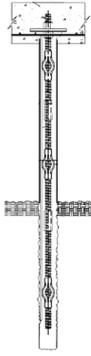
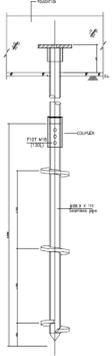
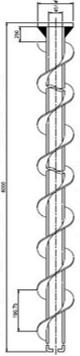
2.3 기초보강공법 유형

기초의 보수보강에 활용되는 공법은 주입체를 이용한 그라우팅 공법과 소구경 현장타설 말뚝공법으로 대별된다. 주차장 확대 공사 시 기존의 지하주차장을 수직 또는 수평으로 확대할 경우 협소한 작업공간을 고려하여 대부분 소구경 현장타설 말뚝공법을 채용하고 있다. 복잡하고 한정된 공간의 도심지에서 적용 가능한 기초보강공법은 일반적인 말뚝공법과 달리 시공 시 소음과 진동이 적고 소형 장비 사용이 필수적이다. 노후 공동주택의 리모델링 공사에 적용가능한 대표적인

Table 2 Case of expansion of apartment parking lot

Apartment house	Remodeling completion year	Number of parking spaces		Type of Parking Expansion
		Before	After	
Case 1	2005	44	76	Ground expansion
Case 2	2005	33	102	Underground horizontal
Case 3	2007	78	207	Underground horizontal
Case 4	2008	33	69	Ground and New underground parking lot
Case 5	2010	58	285	Underground horizontal and vertical
Case 6	2011	181	430	Underground horizontal and vertical
Case 7	2012	34	99	New underground parking lot
Case 8	2013	70	200	Ground deck and New underground parking lot
Case 9	2014	158	461	New underground parking lot (2 Floors)
Case 10	2014	116	216	Ground deck and Underground horizontal
Case 11	2014	82	129	Underground horizontal and vertical

Table 3 Foundation reinforcement method

	Micro pile method	Helical pile method	Screw anchor method
Concept			
Construct ability	<ul style="list-style-type: none"> - Pile length is unlimited - The construction period is long - The process is complicated 	<ul style="list-style-type: none"> - Pile length is unlimited - The process is simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Construction up to 50m - The process is simple
Environmental	<ul style="list-style-type: none"> - Vulnerable to noise, vibration and scattered dust 	<ul style="list-style-type: none"> - Very little noise, vibration and scattered dust 	<ul style="list-style-type: none"> - Very little noise, vibration and scattered dust
Structural safety	<ul style="list-style-type: none"> - Stress interference with existing pile with diameter of around 200mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Pile head support method quality test result 60ton - Less interference with existing piles 	<ul style="list-style-type: none"> - Less interference with existing piles
Corrosion	<ul style="list-style-type: none"> - Consider corrosion thickness 1mm/100yr - Corrosion-resistant retention of inside and outside grout 	<ul style="list-style-type: none"> - Consider corrosion thickness 1mm/100yr 	<ul style="list-style-type: none"> - Does not consider corrosion thickness - Corrosion-resistant retaining grout around the pile
Applicability	<ul style="list-style-type: none"> - Applicable in soft ground, bedrock and rock - Due to the grouting, it is difficult to construct the ground with small pore size 	<ul style="list-style-type: none"> - Soft ground can be applied - The boulder stone layer under the ground can be constructed after separate drilling 	<ul style="list-style-type: none"> - Soft ground can be applied - Site conditions are not significantly affected
Workload per day	100~150 m	250~400 m	150~200 m

기초보강 공법으로는 Micro Pile 공법, SAP 공법, Helical Pile 공법이 있다.

김현수(2015)는 공동주택 수직증축 시 적용가능한 기초보강공법들의 개념 및 기술을 분석하였다. Table 3은 김현수(2015)의 자료를 바탕으로 기초보강공법들의 특징을 정리한 것이다.

마이크로파일공법은 공동주택 리모델링 공사 시 주로 활용되고 있다. 헬리컬파일공법은 일반건축물에 적용된 사례가 있으나 공동주택 리모델링 공사에 실제로 적용된 사례는 아직 없다. SAP공법은 한 곳의 리모델링 사례에 적용되었는데 주동의 수평 증축부와 주동 하부 증축부에 적용되었다. Table 4는 Table 2의 사례에 사용된 기초보강공법이다.

2.4 기존 연구 고찰

오승준(1999)은 사전검토단계에서 제한조건 분석에 의한 지하 합성벽 공법의 현장 적용성 평가에 관한 연구에서 계획 단계에서 흙막이 공사의 지하합성벽 구조 공법 적용 시 영향

Table 4 Application of foundation reinforcement method

Apartment house	Type of Parking Expansion	Foundation reinforcement method
Case 1	Ground expansion	-
Case 2	Underground horizontal	-
Case 3	Underground horizontal	Micro pile
Case 4	Ground and New underground parking lot	Micro pile
Case 5	Underground horizontal and vertical	Micro pile
Case 6	Underground horizontal and vertical	Micro pile
Case 7	New underground parking lot	Micro pile
Case 8	Ground deck and New underground parking lot	Micro pile
Case 9	New underground parking lot (2 Floors)	Micro pile
Case 10	Ground deck and Underground horizontal	Micro pile
Case 11	Underground horizontal and vertical	SAP

을 미치는 제한조건 분석을 통해 공법 적용성 및 평가방법을 제시하였다. 정경진(2004)은 지하공사 지식기반 적정공법 선정을 위한 프로세스에 관한 연구에서 지하공사를 대상으로 적정공법 선정을 위한 프로세스 및 개념적 모델을 제시하기 위해 지하공사의 특성 및 제한조건을 분석하여 토질의 특성, 안전성, 시공성, 경제성등을 고려한 적정 공법 선정 프로세스를 제시하였다. 윤여환(2001)은 리스크 요인분석을 통한 건축 공법선정에 관한 연구를 위해 공법 선정에 필요한 현장요건 및 건축주의 요구사항과 공법이 가지는 리스크를 분석하여 최적 공법을 선정하기 위한 과정을 제안하였다. 노영창(2007)은 거주중 공동주택의 지하주차장 확대를 위한 흠막이 공법 선정연구에서 흠막이 공법 선정 영향요인을 분석하여 AHP기법을 통해 영향요인의 우선순위를 도출하고 공법의 적용성을 평가하였다. 천봉호(2004)는 적정 말뚝공법 선정연구에서 공법 계획 및 검토 단계에서 활용할 수 있는 ‘말뚝 공법 선정을 위한 신경망 모델’을 개발하였다. 김현수(2015)는 공동주택 수직증축 시 기초보강공법별 사업성 분석을 위해 세 가지 기초보강공법의 특징을 분석하고 공법별 비용수익을 산출하여 경제적인 공법선정방안을 제시하였다.

흠막이공법 등의 적용성에 관한 연구가 몇 차례 수행되었고, 공동주택 리모델링 공사에 적용가능한 공법의 적용성에 관한 연구도 일부 수행되었다. 주차장 확대 방식에 관한 연구가 일부 수행되었으나, 기초보강공법의 적용성에 관한 연구는 없다. 노후 공동주택 단지들이 주차공간을 확보하기 위해서는 지하주차장의 확대가 필수적이며, 협소한 지하공간에서 적용가능한 기초보강공법을 선정하기 위해서는 현장여건을 비롯한 환경성, 시공성, 경제성 등을 비교 분석할 필요가 있다.

3. AHP기법을 통한 기초보강공법의 적용성 분석

노후 공동주택의 주차장 확대 공사에 적용할 수 있는 기초보강공법의 선정영향요인을 분석하고 적용성을 평가하기 위해 선행연구를 고찰하였으며, 시공회사와 감리회사의 실무자 및 보수보강업체 담당자를 대상으로 설문조사와 면담조사를 실시하였다. 설문조사는 건축시공경력 20년 이상 실무자 10명, 감리경력 20년 이상 실무자 5명, 보수보강업체 담당자 10명 총 25명을 대상으로 실시하였으며, 2016년 11월부터 2016년 12월까지 조사하였다. 기초보강공법 선정영향요인 및 적용성을 5점 척도로 평가하도록 하였으며, 추가의견은 서술형으로 작성하도록 하였다.

3.1 영향요인 분석

3.1.1 기초보강공법 선정 시 고려사항

최근 도심지 공사가 증가하고 있으나 협소한 대지에서 대규모 지하굴착 등으로 토압의 증대, 지하수위 저하, 진동 등으로 인한 주변 지반의 침하가 발생하여 인접 건물의 균열 등 안전사고 발생이 빈번하다. 특히, 공동주택의 지하주차장 확대 공사는 제한된 공간에서 공사를 수행해야 하기 때문에 기초보강공사를 하기 위해서는 다양한 고려가 필요하다.(Table 5 참조)

3.1.2 기초보강공법 선정 영향요인

Table 5에서 제시한 사항을 반영하고 기존 연구문헌과 전문가 면담조사를 통해 기초보강공법 선정에 영향을 미치는 요인을 Table 6와 같이 정리하였다.

3.1.3 영향요인의 우선순위 산정

시공회사와 감리회사의 실무자와 보수보강업체 담당자를 대상으로 실시한 설문조사를 통해 도출된 기초보강공법 선정

Table 5 Considerations for selection of foundation reinforcement method

Division		Contents
Design condition		Vertical and horizontal expansion of the complex, Applied load, Reliability of Investigated Methods, Reliability of auxiliary method etc.
Field conditions	Site conditions	Site size, Presence or absence of adjacent structures, Presence of underground parking lot, The elevation in the ground, Material transport way
	Ground condition	Ground feature, Support zone feature, Depth of support zone, ground-water zone etc
	Environmental condition	Noise, vibration and dust
Construction conditions		Pile depth, Fluctuation of Applied load, Work safety, Drilling depth etc
Economic condition		Construction period and cost

Table 6 Factors influencing the selection of the foundation reinforcement method

Level. 1	Level. 2
Constructability	Ground condition, Drilling(piles) depth, Pile stiffness
Field conditions	Workspace, Scale of equipment
Environmental	Noise, Vibration, Scattered dust
Economics	Construction period, Construction cost

영향요인과 세부영향요인별 중요도를 산정하기 위하여 AHP 분석을 실시하였다. AHP기법을 통해 도출된 중요도는 공법별 적용성 평가 시 가중치로 사용된다. 분석결과, 시공성이 0.488로 중요도가 가장 높게 나타났으며, 경제성이 0.195로 나타났다. 현장여건은 0.139로 가장 낮았다. (Table 7 참조)

Table 7 Selection of foundation reinforcement method Weight by evaluation area

Influence factor	Weight	Rank
Constructability	0.488	1
Field conditions	0.139	4
Environmental	0.177	3
Economics	0.195	2
Total	1	

Table 8 Detailed influencing factor of constructability weight

Detailed influencing factor	weight	Rank
Ground condition	0.490	1
Constructability Drilling(piles) depth	0.296	2
Pile stiffness	0.215	3
Total	1	

Table 9 Detailed influencing factor of field conditions weight

Detailed influencing factor	weight	Rank
Field conditions Workspace	0.813	1
Scale of equipment	0.187	2
Total	1	

Table 10 Detailed influencing factor of environmental weight

Detailed influencing factor	weight	Rank
Environmental Noise	0.493	1
Vibration	0.245	3
Scattered dust	0.262	2
Total	1	

Table 11 Detailed influencing factor of economics weight

Detailed influencing factor	weight	Rank
Economics Construction period	0.417	2
Construction cost	0.583	1
Total	1	

세부영향요인의 우선순위는 다음과 같다.(Table 8 ~ Table 11 참조) 시공성에서는 지반조건이 0.490으로 가장 높게 나타났고, 현장여건에서는 작업공간이 0.813으로 높았다. 환경성에서는 소음이 0.493으로 가장 높았으며, 경제성은 공사비용이 0.417로 가장 높게 나타났다.

세부 영향요인별 우선순위는 지반조건이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 굴착(파일)심도, 공사비용, 작업공간의 순으로 나타났다.

3.2 기초보강공법의 적용성 분석

기초보강공법의 적용성을 확인하기 위해 실무담당자를 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 그 결과는 Table 13과 같다. 시공성 측면에서는 SAP공법이 지반조건에서 우수하고, 마이크로파일 공법은 보통이며, 헬리컬 파일 공법은 지반조건에서 타 공법에 비해 불리한 것으로 나타났다. 현장여건 측면에서는 SAP공법이 가장 우수하게 나타났으며, 환경성 측면에서는 3가지 기초보강공법 모두 소음, 진동, 비산먼지에 대해 우수한 것으로 나타났다. 경제성 측면에서는 마이크로파일 공법과 SAP 공법이 상대적으로 우수한 것으로 나타났는데, 그 이유는 헬리컬파일 공법이 일일 작업량이 적어 공사기간이 늘어나기 때문이다.

3.3 기초보강공법 적용

지하주차장 확대 공사의 기초보강공법은 4단계 과정을 통하여 적용된다.

- 1) 노후 공동주택의 단지 현황과 입주자의 요구를 수렴하여 주차장 확대 대안을 선정한다.
- 2) 기초보강공법 선정에 영향을 미치는 시공성, 현장여건, 환경성, 경제성등의 요인과 세부영향요인을 선정하고

Table 12 Weight per area

Selection influencing factors	weight	Rank
Ground condition	0.239	1
Constructability Drilling(piles) depth	0.144	2
Pile stiffness	0.105	5
Field conditions Workspace	0.113	4
Scale of equipment	0.026	10
Environmental Noise	0.087	6
Vibration	0.043	9
Scattered dust	0.046	8
Economics Construction period	0.081	7
Construction cost	0.114	3
Total	1	

Table 13 Examination of applicability of foundation reinforcement method

Pile method	Inspection contents		Constructability				Field conditions		Environmental			Economics	
	Ground condition		Drilling depth	Pile stiffness	Work space	Scale of equipment	Noise	Vibration	Scattered dust	Construction period	Construction cost		
	Sedimentary layer	Sand gravel layer										Rock layer	ground-water level
Micro Pile	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	
Helical Pile	△	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	△	
SAP	◎	○	△	△	○	○	◎	◎	○	○	○	○	

◎ : very advantage , ○ : Advantage, △ : Nomal, x : Disadvantage, xx : Very Disadvantage

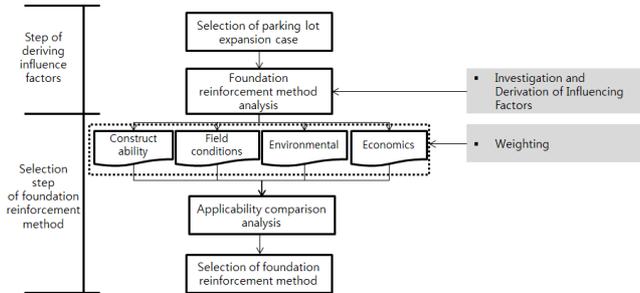


Fig. 1 Procedure for selection of foundation reinforcement method

- 가중치를 산정한다.
- 3) 단지환경과 적용 가능한 공법의 특징을 고려하여 공법별 적용성을 평가한다.
 - 4) 적용성 평가 값에 영향요인의 가중치를 곱하여 평가점수의 합계가 가장 높은 공법을 선정한다.

Fig. 1은 기초보강공법 선정 흐름도를 나타낸 것이다.

4. 사례연구

사례적용 단지는 성남시에 위치한 공동주택으로 준공 후 20년이 경과되어 현행법규상 리모델링이 가능한 공동주택이다. 해당단지는 지상주차장 및 지하주차장을 보유하고 있으나 세대당 0.56대로 주차 부족이 심각하다. 이 단지를 대상으로 본 연구에서 제안하는 기초보강공법의 적용성을 비교 분석하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 사례단지의 지상 및 지하주차장 현황이며, 2개의 확대 유형에 대하여 연구 하였다.

본 사례적용 단지의 주차장 확대 대안은 ‘지상+지하수평확대방식’과 ‘지하 수직+수평 확대방식’으로 가정하였다. ‘지상+지하수평 확대방식’은 기존의 지상과 지하 주차장을 수평으로 확장하여 주차공간을 확보하는 방식이고, ‘지하 수직+수평 확대방식’은 기존 지하주차장에서 지하로 1개층 수직 증축 및 수평 증축하는 방식이다. 해당 단지의 지반조건으로는



Fig. 2 Ground parking lot status



Fig. 3 Underground parking lot status

인근에 탄천이 인접하고 있어 지하수위가 높은 상태로 가정하여 적용성 평가를 실시하였다. 사례적용 단지의 기초보강공법 적용성 평가를 위해 시공실무 경력 20년 이상의 전문가들과 보수보강 전문업체를 대상으로 면담을 겸한 설문조사를 실시하였다. 각 공법을 5점 척도(매우양호: 5점, 양호: 4점, 보통: 3점, 불리: 2점, 매우불리: 1점)로 평가하여 점수를 산정하도록 하였다. 조사된 주차장 확대 대안별 항목의 평균값은 Table 14, Table 15와 같다.

공법의 적용성 평가에서 산출된 값에 3.1절의 기초보강공법 선정 영향요인의 가중치를 곱하여 결과치를 도출하였다. 예를 들어, Table 16의 마이크로파일 평가점수는 Equation 1. 과 같이 각 항목에 가중치 값을 곱한 값의 합이 된다.

$$2.6(\text{마이크로파일공법 지반조건 Table 14}) \times 0.239(\text{기초보강공법 선정 세부영역별 가중치 Table 12}) = 0.62(1)$$

위 식을 적용하여 각 공법별 적용성 평가를 수행한 결과는 Table 16 및 Table 17 과 같다.

사례단지의 주차장 확대 대안별 기초보강공법 적용성 평가 결과 ‘지상 주차장확대+지하 1층 수평확대방식’에서는 마이

Table 14 Case 1 Applicability Evaluation

Pile method	Inspection contents	Construct ability		Field conditions		Environmental			Economics	
	Ground condition	Drilling depth	Pile stiffness	Work space	Equipment	Noise	Vibration	Scattered dust	period	cost
Micro Pile	2.6	4.0	4.0	4.5	5.0	4.0	4.5	4.5	4.0	3.0
Helical Pile	3.0	3.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5	2.5
Screw anchor pile	3.1	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	3.5

5: Very good, 4: Good, 3: Normal, 2: Not good, 1: Very not good

Table 15 Case 2 Applicability Evaluation

Pile method	Inspection contents	Construct ability		Field conditions		Environmental			Economics	
	Ground condition	Drilling depth	Pile stiffness	Work space	Equipment	Noise	Vibration	Scattered dust	period	cost
Micro Pile	3.0	4.0	4.0	4.5	4.0	3.5	4.0	4.0	3.5	2.5
Helical Pile	2.0	3.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.0	2.0
Screw anchor pile	3.0	3.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.0

5: Very good, 4: Good, 3: Normal, 2: Not good, 1: Very not good

Table 16 The applicability evaluation result of Case 1

Pile method	Inspection contents	Constructability			Field conditions		Environmental		Economics		Evaluation Measurement
	Ground condition	Drilling (piles) depth	Pile stiffness	Work space	Scale of equipment	Noise	Vibration	Scattered dust	Const- ruction period	Const- ruction cost	
Micro Pile	0.62	0.58	0.42	0.51	0.13	0.35	0.19	0.21	0.32	0.34	3.68
Helical Pile	0.72	0.43	0.42	0.40	0.09	0.30	0.15	0.18	0.28	0.29	3.26
SAP	0.75	0.50	0.42	0.40	0.09	0.30	0.15	0.16	0.32	0.40	3.50

Table 17 The applicability evaluation result of Case 2

Pile method	Inspection contents	Constructability			Field conditions		Environmental		Economics		Evaluation Measurement
	Ground condition	Drilling (piles) depth	Pile stiffness	Work space	Scale of equipment	Noise	Vibration	Scattered dust	Const- ruction period	Const- ruction cost	
Micro Pile	0.72	0.58	0.42	0.51	0.10	0.30	0.17	0.18	0.28	0.29	3.55
Helical Pile	0.48	0.43	0.42	0.40	0.08	0.26	0.13	0.16	0.24	0.23	2.83
SAP	0.72	0.50	0.42	0.40	0.09	0.26	0.13	0.14	0.28	0.34	3.28

크로파일 공법이 3.68로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 스크류 앵커파일 공법, 헬리컬파일 공법 순서로 나타났다. ‘지하 1층 수평확대+ 지하 2층 수직확대방식’에서는 마이크로파일 공법이 3.55로 가장 적합한 공법으로 나타났으며, 다음으로 SAP 공법, 헬리컬파일 공법 순서로 나타났다. 두 개의 확대 유형 모두 Micro pile 공법이 가장 적합하게 나타났으나 SAP공법과 평가점수 차이가 크지 않기 때문에 적용성을 정확하게

판단하기는 어렵다고 볼 수 있다.

사례단지는 인근에 하천이 있어 지하수위가 높아져 헬리컬 파일 공법의 적용성이 낮은 것으로 판단된다. ‘지하 1층 수평 확대+ 지하 2층 수직확대방식’은 ‘지상 주차장확대+지하 1층 수평확대방식’에 비해 지하 1개층을 추가로 수직 및 수평으로 확대하기 때문에 공법별 적용성 평가 점수가 ‘지상 주차장 확대+지하 1층 수평확대방식’에 비하여 낮은 것을 알 수 있다.

5. 결 론

이 연구는 노후 공동주택의 지하주차장 확대 공사에 필요한 기초보강공법의 선정에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 영향요인의 가중치를 산정하여 공법의 적용성을 분석할 목적으로 수행되었다. 기존 문헌과 시공사, 감리회사의 실무자와 보수보강업체 담당자를 대상으로 설문조사 및 면담조사를 통해 시공성, 현장여건, 환경성, 경제성 등 4개의 영향요인과 10개의 세부영향요인을 도출하였으며, AHP기법을 활용하여 공법선정의 영향요인과 세부영향요인별 가중치를 산정하였다.

동일한 전문가를 대상으로 기초 및 지반보강공법인 Micro Pile 공법, SAP공법, Helical Pile 공법의 적용성을 비교 분석하였다. 적용성 분석의 적정성을 검증하기 위해 성남시 소재 A 공동주택을 대상으로 사례분석을 실시하였다. ‘지상 주차장확대+지하 1층 수평확대방식’과, ‘지하 1층 수평확대+ 지하 2층 수직확대방식’을 가정하여 사례분석한 결과 첫 번째 확대안은 Micro pile 공법의 평가점수가 가장 높게 나타났으며, 두 번째 확대안 역시 Micro Pile 공법의 적용성이 가장 높게 나타났다. 두 가지 확대 방식 모두 마이크로파일 공법과 SAP공법과 평가점수의 차이가 크지 않았다.

본 연구에서는 공동주택의 지하주차장 확대 공사에 필요한 기초보강공법의 적용성을 비교분석하여 공법 적용 시 의사결정에 도움을 주고자 하였다. 본 연구결과를 활용 한다면 지하주차장 확대공사시 적정 기초보강공법 선정에 도움을 줄 것으로 사료된다. 향후 다양한 단지특성 분석 자료와 기초보강공법의 실제 적용 사례를 바탕으로 적용성 평가를 추가한다면 연구 결과의 신뢰도를 한층 향상시킬 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 국토교통부 주거환경연구사업(과제번호:16RERP-B099826-02)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Oh, S. J. (2000), A study on the selection process for the construction method in sheathing work, Master's thesis, Gyeonggi-do, Dankook University, Department of Architecture Engineering.
Ro, Y. C. (2008), Selection of Retaining Wall System for Underground

Parking Lots Expansion of Apartments, *Journal of Construction Engineering and Management*, 9(2), 99-107.
Park, I. G. (2014), A case study of Foundation Construction Method (SAP Method), *Journal of Korean Geosynthetic Society*, 13(3), 6-14.
Byeon, H. Y. (2011), Environmental foundation reinforcement method of existing structure / PR Pressure Penetrating Pile, *Journal of Korean structural Engineers Association*, 18(5), 57-64.
Song, N. H. (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*, 10(2), 65-74.
Song, G. Y. (2012), SAP construction method apartment and factory renovation foundation reinforcement case, *Journal of Korean structural Engineers Association*, 19(5), 69-77.
Choi, J. P. (2016), Research on the Representative Types of Aged Apartments in the 1st-Phase New Town for Remodeling, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 33-40.
Hwang, K. J. (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*, 23(2), 151-160.
Joung, K. J. (2004), A study on the Knowledge based Selection Process for Proper Construction Method of the Underground Construction Phase, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 24(2), 639-642.
Kim, H. S. (2015), A Study on Feasibility Analysis of Each Way of Fundamental Reinforcement Method in Vertical Extension of an Apartment, *Korea Journal of Construction Engineering and Management*, 10, pp142-146.
Kim, T. H. (2014), A Study on the Basement Extension Construction Method Using Existing Piles, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 317-322.
Helical Pile with Grouting - Proposal of HPG method. (2013), *Journal of civil engineering*, 61(4), 66-68.
Han, B. G. (2013), Screw attached to a small-caliber steel pipe piles(SAP), *Magazine of the Korea Concrete Institute*, 24(3), 43-47.
Yoon, Y. W. (2001), A Study on the Selection of Construction Method by Risk Factor Analysis - Focused on Underground Construction Work, 161-170.
Cheon, B. H. (2004), A Neural Network Model for Selecting a Piling Method of Building Construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, 317-322.

Received : 02/24/2017

Revised : 04/11/2017

Accepted : 04/28/2017

요 지 : 1980년대에서 1990년대 중반까지 건설된 노후 공동주택 단지의 주차장 부족 현상은 심각하다. 노후 공동주택의 주차장 확대 사례를 살펴보면 수직으로 지하 주차장을 확장하는 방식이 대부분을 차지하고 있다. 기존 건축물을 증축할 경우 기초의 구조적 안전성 확보는 매우 중요하며, 지하 수직방향 공사의 경우 작업 공간이 협소하기 때문에 안전성, 환경성 및 시공성이 우수한 공법을 적용해야 한다. 도심지 공사는 소음과 진동이 작은 공법과 장비의 사용도 필수적이다. 이 연구는 지하주차장 확대 공사에 필요한 기초보강 공법 선정에 영향을 미치는 요인을 분석하고 영향요인의 가중치를 산정하여 기초보강공법의 적용성을 분석 할 목적으로 수행되었다. 기초보강 공법의 적용성에 영향을 미치는 요인은 전문가 면담조사를 통하여 도출하였고, AHP기법을 통하여 영향요인의 가중치를 산정하였다. 전문가를 대상으로 기초보강 공법의 적용성을 평가 하였다. 2건의 지하주차장 확대 유형에 대한 사례연구를 실시하여 기초보강공법의 적용성을 비교 분석하였다.

핵심용어 : 노후 공동주택, 지하주차장 확대, 기초보강공법, 공법선정 영향요인
