

공동주택 PHC 파일 공사관리 개선방안에 관한 연구

A Study on the Improvement Method of Construction Management for PHC Pile in an Apartment House

유재욱[○] 김태희^{**} 김선국^{***} 한충희^{***}
Yoo, Jae-Wook Kim, Tae-Hui Kim, Sun-Kuk Han, Choong-Hee

요약

말뚝기초는 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 기초형식 중의 하나로서 상부 구조물의 하중을 하부의 단단한 지반에 전달시키거나 흙과 말뚝의 접촉면에서 발생하는 마찰저항을 이용하여 구조물을 안전하게 지지하도록 사용되고 있다. 그러나 말뚝공법은 작업절차가 복잡하고 세심한 주의를 필요로 하므로 경험이 부족한 기술자의 경우 공사관리에 큰 어려움을 겪게된다. 특히, 파일 시공단계에서의 문제점에 직면하게 되면 계량화된 분석에 의존하기보다는 항타기나 작업반장의 경험에 의한 직관만으로 결정되는 경우가 많아 품질관리에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 필요성에 의해 본 논문은 실제 현장에서의 충분한 사례분석을 통한 파일공사의 단계별 문제점 및 관리요인 분석을 통해 개선 모델을 제시하고자 한다.

키워드: PHC파일, SIP공법, IDEF0 모델, 공사관리

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 고도의 산업화와 경제발전에 따라 건축, 토목구조물은 고층화 및 대형화추세에 있으며, 동시에 이들 구조물의 고층화, 대형화에 따른 기초공사의 중요성은 더욱 중대되고 있는 실정이다. 특히, 연약지반 및 해안지역에서 대형 건축물을 시공할 경우 말뚝(Pile) 기초의 사용빈도가 더욱 증가되는 실정이다.

그러나 말뚝공법은 작업절차가 복잡하고 세심한 주의를 필요로 하므로 경험이 부족한 기술자의 경우에는 공사관리에 큰 어려움을 겪게된다. 또한, 현재까지 진행된 대부분의 연구들이 개념적이거나 학술적인 접근 등의 수준에 머무르지 않았나 사료되며, 실무에서의 사례분석을 통한 구체적인 연구는 이루어지지 못했던 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 현재 주로 사용되고 있는 SIP공법으로 시공된 PHC 파일 공사에서 발생할 수 있는 여러 문제점과 관리요인들을 도출하고, 이들 상호관계를 규명하여 효율적인 프로세스 모델을 구축함으로써 공사관리에 대한 효율성 제고 및 시공상에 발생할 수 있는 리스크를 최소화하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 PHC 파일공사에서 발생할 수 있는 문제점 및 관리요인 도출과 이들 상호간의 연관관계 분석을 통한 프로세스 정립을 연구범위로 한다. 체계적인 프로세스 분석을 위하여 IDEF0 방법론¹⁾을 활용하였으며, 실무에서의 조사자료를 토대로 현행 모델의 문제점 및 관리요인을 분석하고 이들의 상호관계를 규명하여 비생산적이고 불합리한 요소를 수정하고 배제한 개선모델을 제안하고자 한다.

2 PHC 파일공사에 대한 이론적 고찰

말뚝기초란 지상에서 제작하거나 지중에 구멍을 뚫고 그 구멍 속에서 제작되는 긴 탄성체의 지지물로 상부구조물의 하중을 하부의 단단하고 상대적으로 견고한 지층 또는 암반에 전달시키는 기둥형태의 부재이다.

기초의 형태는 건축물의 용도, 규모, 지반의 조건 및 현장여건에 의해 설계된 구조도면 및 구조계산서에 의해 정해지며 기둥, 보 등과 같이 건축물 주요 구조부의 하나로 구성된다. 따라서 기초가 안정되지 못하면 건축물 전체가 구조적으로 불안정해지므로 기초시공의 철저한 품질관리가

* 일반회원, 경희대학교 대학원 석사과정
** 학생회원, 경희대학교 대학원 박사과정
*** 종신회원, 경희대 토목건축공학부 교수, 공학박사

1) 미 국방부에 의해 액티비티 모델링을 위한 표준 방법론으로, 1993년 미연방 정보처리 표준으로 채택되었고, IBM, GM 등 광범위하게 사용되고 있다.

요구된다.

3. PHC 파일공사의 단계별 문제점 및 관리요인 분석

실제 현장에서의 파일지지층 추정치와 실시공 결과치로부터 도출한 문제점과 시공중 특별관리를 요하는 단계 등에 있어, 많은 근본적인 문제점들이 동시에 발생되고, 또 상호연관되어 있어 세부항목별 분석을 곤란하게 하였다. 또한, 현장에서의 문제점은 설계, 시공 등의 기술적인 문제점 외에 시공계획수립 등의 기술외적인 문제점에도 상당부분 기인함을 알 수 있었다.

따라서 이 장에서는 PHC 파일공사에 대해 그림1과 같이 계획 및 시공준비 단계와 시공 단계로 구분하여 단계별 문제점 및 관리요인을 분석하였다.

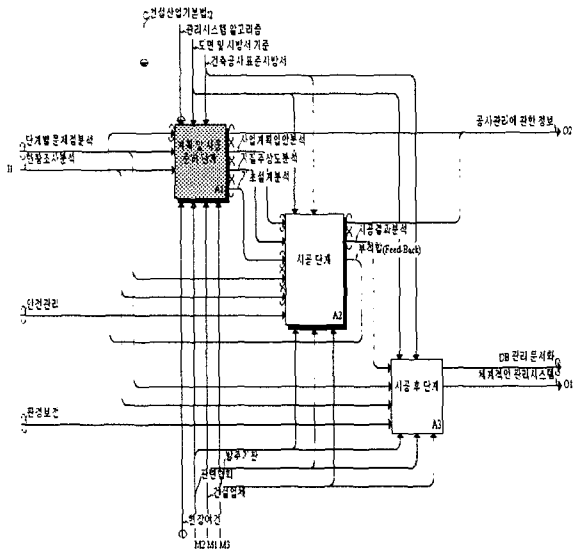


그림 1. IDEF0 모델의 중간레벨(As-Is)

3.1 계획 및 시공준비 단계

공사계획의 목적은 설계도면 및 시방서에 의거하여 소정의 공사기간 내에 최소의 비용으로 안전하게 시공할 수 있는 조건과 방법을 만들어내는 것이다.²⁾

이 단계에서 분석이 되는 하위레벨의 분석과정은 그림 2에서처럼 (1) 사업계획 입안 (2) 지반조사 (3) 말뚝기초 설계로 구분하였으며, 각 분석과정의 세부사항은 다음과 같다.

(1) 사업계획 입안상의 문제점

계획의 입안과정에서는 말뚝기초의 본질, 기타 가능한 모든 파괴의 원인, 필수적인 작업흐름 등의 충분한 사전검토가 필요하다. 그러나 대부분의 건설현장에서는 비전문적인 목표설정 및 무리한 목표완료, 그리고 전반적인 계획소홀로 인하여 기초파괴 및 구조물의 부동침하 등 각종 문제점이

발생되고 있는 실정이다.

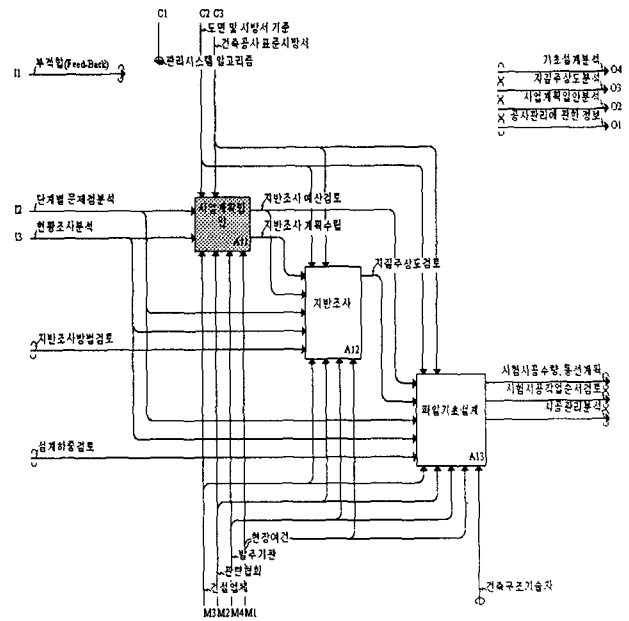


그림 2. 계획 및 시공준비 단계(As-Is)

(2) 지반조사상의 문제점

각종 기초를 설계함에 있어 지반조사의 중요성은 아무리 강조하여도 지나치지 않다. 적절하지 못한 지반조사는 기초의 파괴를 유발하거나 과잉설계를 유발케 되어 비경제적인 설계를 하게 된다. 지반조사의 부실로 인한 기초파괴로 야기되는 손실이 연간 1,500억원 이상이라는 영국 건축협회의 연구결과³⁾로 미루어볼 때, 막대한 비용이 낭비되고 있을 것으로 추정된다. 국내에서 가장 보편화된 지반조사 방법 중의 하나인 보링조사의 평균 2.5M 오차에 대한 손실기준으로 할 경우에도 연간 약 1,700억원 이상의 공사비 손실이 있는 것으로 추정된다.

(3) 말뚝기초 설계상의 문제점

기초구조물의 설계는 그림2에서처럼 대부분 상부 구조설계를 담당하는 건축구조 기술자에 의해 작성되고 있으며, 토질 및 기초 비전문가에 의한 말뚝기초의 설계, 그리고 보링조사에만 의거한 설계는 말뚝기초의 파괴를 유발하는 각종 지반변수에 적절히 대응하기에는 크게 미흡한 실정이다. 따라서 합리적인 방안으로의 전환이 요구되고 있다.

3.2 시공 단계

이 단계에서 검토되는 하위단계의 분석과정은 그림3과 같으며, 여기서는 PHC 파일 시공시 많이 발생하는 문제점들로 다음과 같다.

▶ 파일 관입도중 정지

3) "Future site investigations-quality and value for money". Ground Engineering, Vol. 20, No. 5, 1987, pp.2-9

2) 김문한 외, 건설경영공학, 기문당, p 195-197

- ▶ 파일둘레 Soil Cement 채움부족
- ▶ 공벽의 붕괴
- ▶ 파일두부의 손상 및 종균열발생
- ▶ 지지력 부족

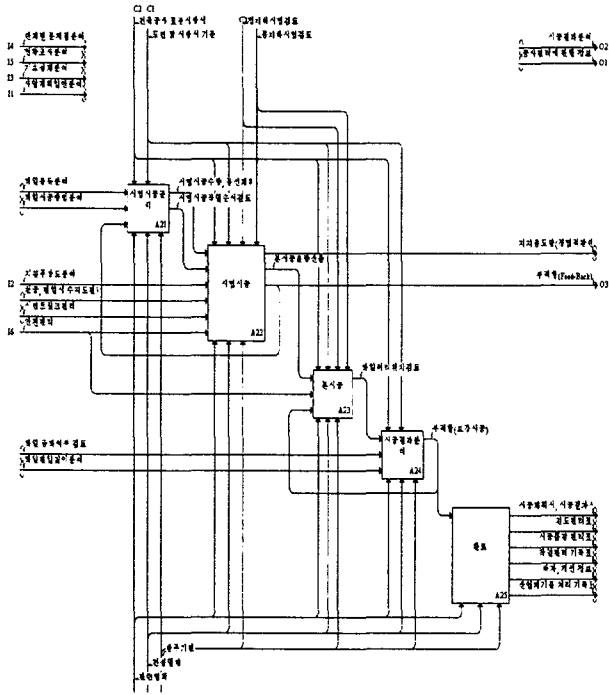


그림 3. 시공 단계(As-Is)

4. PHC 파일 공사관리 절차 개선방안

현행모델의 각 단계별 주요 문제점과 개선방안을 요약하면 표1과 같고, 계획 및 시공준비 단계, 시공 단계에서의 세부개선방안은 다음과 같다.

4.1 계획 및 시공준비 단계

무리한 목표설정보다는 그림4에서처럼 역으로 공사기간 및 공사비를 확인하는 사고의 전환이 이루어져야 한다. 또한 지반조사 시에는 앞에서 언급한 것처럼 오차가 많은 보링조사에만 의존하기보다는 정적 콘관입시험(CPT) 등과 같은 보다 정밀한 시험의 병행과 지반조사 항목에 대한 적절한 예산확보의 제도화가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 그리고 말뚝기초의 파괴를 유발하는 각종 지반조건에 효율적으로 대처하기 위해서는 그림2의 건축구조기술자에 의해 작성되고 있는 말뚝기초 설계가 그림4에서처럼 토질 및 기초전문가도 참여하는 설계로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

표 4. PHC파일 공사관리의 현행시스템의 현상 및 개선방안

현행모델(As-Is)		개선모델(To-Be)	
번호	Activity	현상 및 문제점	개선방안
A11	사업계획 입안	무리한 목표완료, 전반적인 계획소홀	충분한 사전검토, 역공정의 확인 필요
A12	지반조사	현행조사(Boring Test)의 오차과다에 대한 신뢰성 부족	· 정밀 조사기법 병행 · 지반조사항목에 대한 적절한 예산확보
A13	파일기초 설계	건축구조기술자가 작성	토질 및 기초 전문가의 병행검토 필요
A23	파일시공	수직방향성의 관리오차로 인한 작업효율감소 불량 항타장비에 의한 효율감소 및 비용소모 지지층도달: 항타기사 및 작업반장의 경험에 의존	트랜시, 다립추에 의한 2방향 확인 항타장비 사전점검 및 양호한 장비교체 체계적인 확인 및 분석 필요

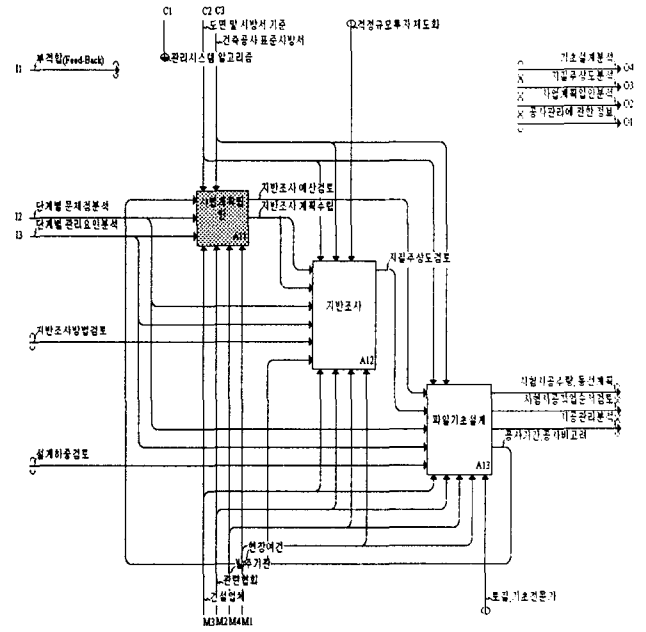


그림 4. 계획 및 시공준비 단계(To-Be)

4.2 시공 단계

공사계획, 지반조사, 설계 등에 대한 모든 문제점이 가시적으로 나타나는 것은 현장에서의 시공결과다. 그림5는 앞에서 제시한 파일시공시 발생하는 문제점과 관리요인을 분석한 결과를 토대로 개선모델을 제안한 것이다.

첫째, 관입되는 파일의 수직방향성에 대한 문제로, 이는 파일 관입도중의 중지, 말뚝두부의 손상, 종균열발생 등의 주요원인이 되며 해머의 효율을 크게 감소시키므로 파일 관입 전, 중, 후에 수시로 확인하는 것이 필요하다.

둘째, 말뚝의 시공과 관련하여 많이 지적되고 있는 문제점 중에 하나가 노후화된 장비선정이다. 굴착깊이, 장비고장, 동선계획 등의 변수요인이 발생하지만, 양호한 장비는 불량한 장비에 비해 작업효율이 약 1.6배정도 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 공기단축뿐만 아니라 총공사비 절감에도 크게 기여할 것으로 사료된다.

셋째, 그림3의 현행모델에서는 지지층 도달확인이 항타기사나 작업반장의 경험에 의해 전적으로 이루어지는데, 이는 그림5에서 제시한 것처럼 천공시 오거의 RPM 확인, 천공시 배토되는 흙의 성분, 천공시간 체크, 그리고 EOID 검사 등을 통해 체계적이고 계량화된 분석방법에 의해 이루어져야 할 것으로 사료된다.

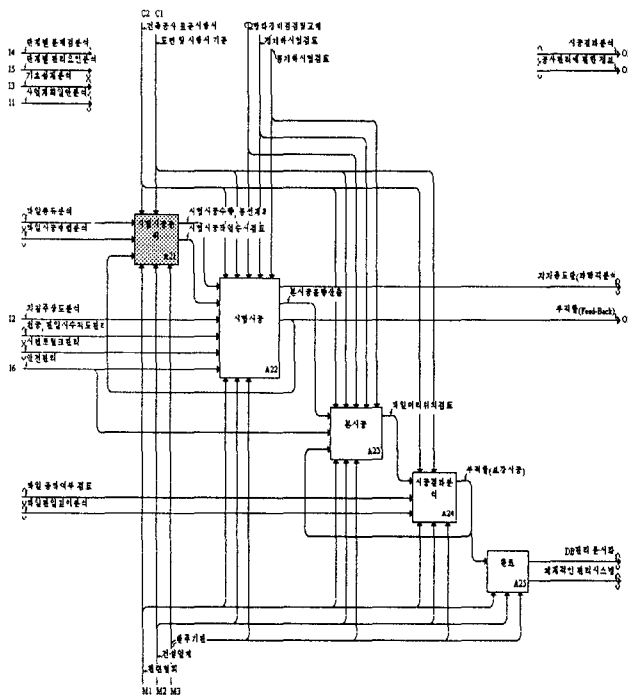


그림 5. 시공 단계(To-Be)

5. 결론

본 연구에서는 공동주택 건설현장의 주요 공종 중 하나인 기초 Pile공사에서 발생할 수 있는 여러 요인들을 도출하고, 이들 상호관계를 규명하여 효율적인 프로세스 모델을 구축함으로써 공사관리에 대한 효율성 제고 및 시공 중 발생할 수 있는 리스크를 최소화하는 개선방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 IDEF0 모델링기법을 활용하였으며, 각 단계별 문제점과 관리요인을 분석한 현행모델의 비생산적이고 불합리한 요소를 수정하고 배제한 개선모델을 비교하였는데, 주요결론은 다음과 같다.

첫째, 기초공사의 사업계획 수립 시에는 무리한 목표설정을 배제하고 충분한 사전검토와 역공정을 확인하는 사고의 전환이 필요하며,

둘째, 지반 내의 안전한 지지층 도달확인이 현행모델에서는 항타기사나 작업반장의 경험에 의해 이루어졌지만, 개선모델에서 제시하는 바와 같은 체계적인 확인 및 분석에 의해서 이루어져야 할 것으로 사료된다.

금번 연구는 기초공사에 한하여 진행되었으나 차후, 계속적인 연구를 통해 건축물의 주요구조부인 기둥, 보 등에 대한 확장이 이루어져야 할 것으로 생각되며 더불어 개선모델에 대한 구체적 활용방안 연구도 병행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Tomlinson, M. J., "Pile design and construction practice," A Viewpoint Publication, third edition, 1987.
2. Shamsher Prakash & Hari D. Sharma, "Pile Foundation in Engineering Practice", 1990, pp. 218-317
3. Richard J. M., IDEF0 Function Modeling, Knowledge Based System, Inc., 1994
4. KBSI & Many Information Systems, IDEF : Family Methods for Concurrent Eng. and Business Re-Engineering Applications, 1997
5. 한국건설기술연구원, "말뚝基礎의 設計 및 施工管理 改善方案", 연구보고서, 1989. 12
6. 방인호, "모래지반의 水平荷重에 대한 鋼管 Pile의 舉動特性", 경북대학교 대학원 석사학위 논문, 1997. 2
7. 천봉기, "건설공사 실적관리 개선에 관한 연구", 한국건설관리학회논문집 제3권 2호, 2002. 6

Abstract

The pile foundations have been chosen more frequently as the comprehensive development of the country progressed, especially where the ground conditions are not suitable for the construction and the dimension and the length of the piles utilized becomes larger and longer. The purpose of this study suggests the improvement method of construction management for PHC pile in an apartment house. To do This, We analyzed about current process and provided improved process with IDEF method. And, The objectives of this research is to propose the means to solve the current problems and management factors from the results of the investigation.

Keywords : PHC Pile, SIP Method, IDEF0 Model, Construction Management