

# 단위작업 물량 달성율과 투입 노무량을 이용한 진도율 산정방법에 관한 연구 - 공동주택공사의 골조공사를 중심으로 -

## A Study on the Progress Measurement Method using Percent Complete of Work and Labor Productivity - Focusing on Structural Works of Apartment Construction -

최 현 하\* · 이 준 복\*\*

Choi, Hyun-Ha Lee, Junbok

### 요 약

건설공사에서 공정관리는 중요하다. 특히 공동주택의 경우 입주일이라는 절대공기의 준수가 매우 중요하다. 이와 같은 공정관리를 위해 공동주택공사에서는 공종별 진도관리가 필요하며, 이는 진도율 산정을 통하여 일정계산 및 기성 산정의 척도로서 사용되고 있다. 현재 국내의 공동주택 건설현장에서 사용되고 있는 대부분의 진도율 산정방식은 경험과 개략적인 수치에 의한 판단에 의존하는 경우가 많아 공정의 계획과 공정의 지연시 합리적 만회 대책의 수립이 어려운 등 한계를 보이고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 단위작업에서의 물량 달성율과 투입 노무량을 이용한 진도율 산정방식을 제시하고 있다. 즉, 단위작업 진도율은 단위작업에서 수집된 투입 노무량을 총단위의 전체 투입노무량 중의 가중치로 환산하고 이를 물량달성도(%)와 곱하여 산출된다. 같은 방법으로 본 연구에서 제시하고 있는 작업분류체계의 상위단계인 층 진도율, 동 진도율을 산출하게 된다. 공동주택공사의 골조공사를 대상으로 단위작업, 층, 동 진도율 산정방법을 예시로서 제시하고 있다. 이와 같은 진도율은 향후 단위작업의 노무생산성과 달성물량에 대한 실적데이터의 축적이 이루어질 경우 보다 합리적이고 과학적인 공정관리의 근간이 될 것으로 기대된다.

키워드 : 공동주택, 공정관리, 진도율, 단위작업, 물량달성도, 투입노무량, 가중치

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트는 인력, 기후, 환경 등 다양한 리스크를 가지고 있어 공사진행 중 지속적인 성과측정을 통해 프로젝트가 초기 계획대로 실행되고 있는지에 대한 평가가 필요하다. 건설관리측면에서 보면 사업 초기단계에서부터 계획진도와 투자비를 실적과 비교·분석하여 문제점을 사전에 파악하여 대책을 세워나가는 것이 절대적으로 필요하다. 즉 사업의 예산은 항상 업무량과 연계해서 증감이 분석되어야 하며, 이것이 가능해지기 위해서는 예산의 계량화만큼이나 작업량을 객관적이고 계량화하는 기준

이 필요하게 된다. 즉, 정확한 현장 실적자료의 제공을 위해서는 작업량을 객관적으로 측정하는 기준 및 이를 근거한 합리적인 진도율 산정방법을 필요로 한다.

국내 건설공사 진도율 산정방법의 경우 명확한 산정기준이 없으며 비용분류체계에 의한 진도율 산정으로 인해 단위작업수준이 아닌 중공종수준의 관리가 이루어지는 등의 문제점이 있다. 특히 국내 건설공사의 진도율 산정은 각 단위작업에 대해서는 작업물량에 의한 방법 및 주관적인 판단에 의한 방법 등이 쓰이고 있고, 상위관리단위의 경우는 원료물량과 비용을 통한 실행기성에 의한 진도율 산정과 이에 따른 기성지급이 이루어지고 있다. 그러나, 실행기성에 의한 진도율 산정법은 자재의 단가가 높은 작업의 비중이 크게 나타나게 되어 상대적으로 적은 물량에 많은 시간과 인력을 필요로 하는 작업에는 부적합할 수 있다. 따라서, 본 연구는 일정관리 중심의 진도율 산정을 위하여 단위작업 달성율과 투입노무량을 이용한 진도율 산정방법의 제시와

\* 일반회원, 대한토지신학, 공학석사

\*\* 중신회원, 홍익대학교 건축공학과 교수, 공학박사

이 논문은 2003년도 홍익대학교의 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

표 1. 단위작업 진도를 산정방법

연구자	개념	진도를 산정식	특징
클라크 & 로렌조니 (1979)	- 각 단위작업의 가중집행률을 산정하고 부여된 가중치를 곱하여 진도를 산정함	1) 단위작업집행률 = 해당 단위작업 집행물량/해당 단위작업 물량 2) 단위작업별 가중치 = 해당 단위작업 예산 / 단위작업 총 예산 3) 가중 집행률의 산정 = 단위작업별 가중치 x 단위작업별 진도율	-작업별 가중치 부여로 진도관리가 가능 -각 단위작업의 진도를 측정에서 작업별 분개가 명확하지 않음 -분개된 각 요소작업의 측정기준을 설정하기 난해함
엘딘 (1989)	- 각 단위작업의 가중집행률을 산정하고 부여된 가중치를 곱하여 진도를 산정함	1) 실행예산 = 작업물량 또는 금액 2) 집행률 = 항목별 진도율 x 항목별 진행율 3) 달성진도 = 단위공종별 진도율 x 노무량 가중치	-가중 집행률의 단점을 보완하고자 제안된 진도율 산정방식 -실행기성 부여의 표준 기준이 없어 현실적용에 한계가 있음.
베리 & 플슨 (1992)	- 각 단위작업의 가중집행률을 산정하고 부여된 가중치를 곱하여 진도를 산정함	1) 단위공종별 진도율 = 실제 투입량 / 단위공종 총 투입물량 2) 달성진도 = 단위공종별 진도율 x 노무량 가중치	-가중치 산정을 노무량을 하여 보다 명확한 진도율을 산정할 수 있음.
이복남 (1997)	- 진도율 : 수량측정이 가능한 공종은 실적업량으로 측정하고, 수량 측정이 불가능한 것은 추정진도 측정방식으로 산정함	1) 추정진도방식과 실적업량 측정방식을 혼용함	- 추정진도 방식은 경험적인 진도율 방식으로 규정할 수 있음. - 다양한 진도 산출방법에 대한 혼용 가능성만 언급함.
최윤기 (1999)	- 일정과 비용정보를 통합한 단위작업별 진도를 산정하는 방안을 제시함	1) $EV = CB \times P$ 2) $PC = \sum(WFi \times Pwi)$ 3) $Pwi = BQWP \div B$ EV : 실행기성(Earned Value) CB : 실행예산(Current Budget) PC : 집행률(Progress of Complete) WFi : 가중치(Weight Factor on i) Pwi : 내역 집행률 BQWP: 집행물량	-비용, 일정의 통합관리 가능 제시 -단위작업 진도를 산정을 통해 정확한 현장 진행 상황 파악을 가능케 구현 -단위작업별 가중치 산정기준이 제외되어 있어 실제 현장 적용에 미흡함.

실무 적용 가능성의 검증을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설공사에 있어서 진도율은 공사의 특성 및 규모 등에 따라 다양한 방법과 적용기준을 요구하게 된다. 본 연구는 공동주택의

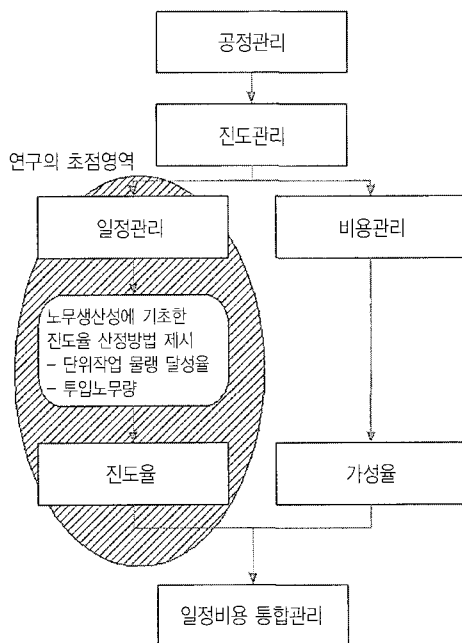


그림 1. 연구의 범위

골조공사를 대상으로 하여 진도율 산정방안에 대한 제안과 적용을 연구범위로 한다. 이를 위해 건설공사 진도율 산정에 대한 기존연구를 문헌을 통하여 고찰하고, 각종 진도율 산정방법의 특성을 분석한다. 진도율 산정의 기본적인 절차 및 평가방법의 고찰을 통해 현행 국내 건설공사의 진도관리 현황을 분석함으로써 진도율 산정의 한계와 문제점에 대한 대안으로서 단위작업 달성률과 노무량 가중치를 이용한 공동주택 골조공사의 진도율 산정방안을 제시함으로써 일정관리를 위한 진도율 측정 효율성을 제고하고자 한다. 이와 같은 내용의 연구 주요 내용 및 범위를 도식으로 나타내면 그림 1과 같다. 즉, 진도관리 중 순수한 일정관리를 중심으로 합리적 진도율 산정방법을 제시하고자 한다.

본 연구에서 제시되는 진도율 산정방법은 단위작업의 실적물량과 투입 노무생산성 정보를 기반으로 한 진도율로서 향후 기성관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있으며 합리적이고 과학적인 일정·비용 통합관리가 가능하게 될 것이다.

2. 진도율 산정방법의 분석 및 문제점 제기

2.1 건설공사 공정관리 개념

공정관리는 건설 프로젝트의 생산과정(시공단계)에 있어 주어진 목표를 달성하기 위하여 필요한 자원을 일정에 맞춰 조화있게 할당하여 운영하는 모든 노력을 말한다(삼성건설, 2002).

공정관리는 공사 초기에 수립하는 '공정계획' 과 공사진행에

따라 계획 대비 실적을 확인 및 조정하는 '공정관리'로 구분할 수 있다. 건설 프로젝트에서의 공정계획은 공사를 완성하는데 필요한 여러 작업들에 대하여 현장에서 실제로 시행되는 순서와 자원투입, 작업기간 등을 공사 초기에 설정하는 과정을 의미한다.

반면, 현장 조직원 편성과 함께 주어진 공사기간 내에 프로젝트를 성공적으로 완수하기 위한 공정표가 작성되며 이후 실적에 따른 공정관리를 진행하게 된다. 즉, 세부 단위작업들을 토대로 투입된 자원과 진행된 물량간의 관계를 규명하고 공사초기에 수립된 공정계획과 비교하며 향후 잔여 작업들에 대한 예측(predict) 및 조정(control)하는 것을 의미한다.

Navon(2003)은 건설프로젝트의 성공적인 완수를 위해서는 완성물을 만들기 위해 투입되는 작업에 있어 초기 수립된 계획과 가장 가깝게 하기 위해 여러 요소들을 지속적으로 측정 및 관리하여야 한다고 규정하고 있다. 여기서의 요소들은 노무, 자재, 장비, 생산성, 일정 및 비용 등과 관련된 사항들을 의미하고 이러한 요소들은 프로젝트의 공사가 진행되는 동안 지속적인 수집 및 측정을 통하여 체계적인 분석과 관리활동으로 얻을 수 있다.

2.2 건설공사 진도관리의 개념 및 방법

건설공사의 공정관리는 프로젝트를 구성하고 있는 요소작업을 주어진 공기 내에 완성하기 위하여 공사에 관련된 정보를 분석한 후 시공방법을 결정하고 일정계획을 수립하며 공사가 진척됨에 따라 공기 지연 및 조기 완공 등 변경사항에 대한 공기를 분석하고 재계획을 수행함으로써 공기지연을 감소시키는 총체적인 과정으로 정리된다. 진도관리는 공사에서 무엇이 일어나고 공사가 지금 어디에 있는지, 어떻게 목표에 도달하고 있는지, 그리고 장래에 대한 예측까지를 반복하여 관리하는 것을 의미한다. 이와 같은 진도관리는 진도를 측정이라는 방법을 통하여 수행된다.

그러나, 진도관리 및 진도율은 단순한 일정(time)만을 고려한 측정기준이 아니고 물량, 기성 등 다양한 자원(resources)이 포함된 의미로서 사용되고 있어 용어의 의미가 다르게 사용되고 있는 현실이다. 즉, 공사진행을 예측하여 일정계획과 자원투입계획을 조정하는 데에 사용되고, 공사재무계획을 위한 자료로도 사용된다. 이러한 진도관리를 위해서는 단위작업에 대한 진도율 산정이 우선 되어야 하며 진도율 산정의 대표적인 방법은 표 1과 같다.

국외에서 진행된 연구의 경우, 먼저 클라크와 로렌조니(1979)의 진도율 산정방법은 작업분류체계(WBS) 레벨에서 최하위 레벨인 각 단위작업별 진도율 측정을 통해 전체 작업진도율을 산정하고자 하는 것으로서, 각 단위작업별 가중 집행률(Weighted Percent Complete : WPC)을 산정하여 각 레벨별 가중 집행률

의 합으로써 작업진도율을 산정하는 방식이다. 베리와 폴슨의 진도율(1987)은 단위작업별 달성도(Percent Complete)에 노무가중량(Weighted Value)을 곱하여 진도율을 산정하는 방식으로, 진도율 산정방식에 비용개념이 포함되면 시간의 흐름에 따른 돈의 가치의 변화로 인하여 진도관리 대상을 명확하게 견지하기 어렵다는 이유에서 노무가중치를 각 작업별로 부여하는 진도율 방식을 제안하였다.

엘딘(1989)은 기존의 가중 집행률 방식(클라크와 로렌조니의 진도율)이 각 작업의 분개가 명확하지 않고, 분개된 각 요소작업의 측정에 대한 명확한 기준 마련이 난해하며, 가중 집행률의 계산과정과 유지관리가 방대해지는 문제점들을 개선하고자 비용과 일정정보가 통합될 수 있는 새로운 진도율 산정방식을 제안하였다. 엘딘이 제안한 진도율 산정방식은 작업분류체계와 진도율의 척도제공을 위한 실행 기성개념의 진도율 산정방식으로서, 진도율(Percent Complete for the work item)이란 측정시점에서의 실행 기성율에 집행율을 곱한 것을 의미한다.

국내에서 진행된 연구의 경우를 살펴보면 먼저, 이복남(1997)의 진도율 산정방식은 계획진도율 대비 실행진도율의 차이를 파악하여 이를 통한 진도관리를 해야 한다는 것으로서, 계획진도율 수립방식은 외국의 CM회사에서 작성한 공종별 공기 진도계획을 사용하여 작성한다. 실행진도율 측정방식은 대표공종 중 수량측정의 단위가 있는 것은 실 작업량 측정 방법(Physical Progress Measurement Method : PPMM)을 사용하되, 기간이 1개월 이상 소요되는 기자재에 대한 실적진도는 단위공종별 진도율 산정기준을 이용한 달성진도 인정방법(Earned Value Method : EVM)을 따르도록 하였다. 최윤기(2003)의 진도율 산정방법은 WBS 구조상의 상위단계와 하위단계의 진도율 산정방식을 다르다고 전제하고, 각 단계별 진도율 산정방식을 다음과 같이 연구하였다. 하위단계의 진도율 산정은 내역물량 측정에 의하여 산정을 하며, 상위단계의 진도율은 EV를 기반으로 한 진도율 산정방식(Construction Progress Measurement System : CPMS)으로 산정하였다.

2.3 기존의 공동주택 건설공사 진도율 산정방법

1) 계획진도율 산정방법

국내 공동주택 건설공사는 주로 CPM/PERT에 의한 공정표를 작성하고 있으며 비용중심의 계획 진도율과 진도곡선(S-curve)을 사용하고 있다. 계획 진도율 작성방법은 일반적으로 증공종별 비용에 의한 계획진도율 산정방법과 실적자료에 의한 계획 진도율 산정방법의 2가지 형태가 주로 사용되고 있다.(표 2 참조)

표 2. 계획진도를 산정방법

	특 징	문 제 점
중공종별 비용에 의한 산정방법	· 일반적으로 가장 많이 사용됨 · 전체공사비와 단위작업 소요비용간의 비율로 진도를 산정 · 중공종을 하나의 단위작업으로 간주함	· 중공종별 연결관계를 고려하지 않음 · 여유일수 산정이 곤란함
실적자료에 의한 산정방법	· 과거 유사 현장의 실적 자료의 진도를 사용	· 실적자료의 검증이 어려움

중공종별 비용에 의한 계획진도 산정방법은 단위작업에 소요되는 비용을 전체 공사비와 작업소요기간으로 나누어 단위작업의 일별 또는 주간별 예정진도를 산정한다. 그러나, 국내건설현장에 적용하고 있는 계획진도는 공정표상의 단위작업을 토대로 하지 않고 중공종을 단위로 한다. 이처럼 진도를 산정을 단위작업이 아닌 중공종으로 하게 되는 것은 현실적으로 건설현장의 관리 인력으로는 건설공사의 다양한 단위작업을 모두 측정하기가 곤란하기 때문이다. 때문에 계획진도의 산정에서부터 단위작업수준의 공정관리 수립이 되지 않는 것이다.

실적자료에 의한 계획진도 산정방법은 유사한 타 현장의 실적자료를 바탕으로 기초공사, 구조체공사, 마감공사 등으로 구분하거나 중간관리일 등으로 구분하여 각 공사의 시기별로 과거 실적자료의 진도를 설정한다. 이 방법은 공동주택 건설공사의 특성에 기인한다고 할 수 있으나 자료의 검증이 어려우며 검증되지 않은 실적자료의 이용시 무리한 공정계획의 수립을 초래할 수 있다.

2) 실적진도 산정방법

국내 대다수 건설현장은 실적진도 산정을 위한 기준을 가지고 있지 않으며, 기성산정방법과 유사한 형태를 적용하고 있다. 진도는 대다수 현장에서 해당 작업장소에 시공되거나 설치된 것을 기준으로 하는 실 작업량 측정방법을 적용하고 있다. 진도를 산정을 위한 최소단위는 내역항목을 기준으로 하며, 실적진도의 집계는 중공종, 대공종 순으로 이루어진다. 실적진도 산정방법은 주로 실 작업량 측정법과 관리자 판단에 의한 방법의 2가지 형태가 주로 사용되고 있다.

현행과 같이 단위 작업이 배제되고 중공종별 내역항목을 중심으로 산정되는 실적진도 산정방법은 계획진도와 실적진도를 비교할 때 공사진행 상황을 왜곡할 수 있다. 실적진도가 내역항목 및 공사비 분류체제로 집계되어 공정표 상의 최소 관리단위인 단위작업과 무관하여 실적진도가 계획진도와 비슷하게 나타나거나 일치한 값을 나타내고 있다고 할지라도 공사진행 상황은 전혀 다른 결과를 가져올 수 있다. 예를 들면, 공정

표 상에서 주공정과는 무관한 작업이 계획공정표보다 빨리 수행될 경우, 이 작업이 실적진도에 포함되어 계획진도와 실적진도가 동일하게 나타남으로 인해 단순히 실적진도만을 고려하면 작업진행상황이 원활한 것으로 보인다. 그러나 실제로는 공정이 지연된 것이다. 따라서, 현행 실적진도 산정방법은 공정표상의 최소단위인 단위작업과는 무관하게 작성되어 공정표의 갱신 및 일정관리를 곤란하게 하고 있으며, 실제의 공사 진행 현황을 왜곡할 수 있는 문제점을 가지고 있다.

표 3. 실적진도 산정방법

	특 징	문 제 점
실 작업량 측정법	· 실 작업량 측정방법을 적용 · 내역항목을 최소단위로 함 · 중공종/대공종 순으로 집계되어짐	· 일정에 대한 반영이 어려움 · 작업량 측정에 있어서의 기준 모호 · 단위작업이 배제되어 있음 · 실행기성을 사용함으로 주공정의 진행상황 파악이 어려움 · 공사현황을 왜곡할 수 있음
주관적인 판단에 의한 방법	· 관리자 주관적인 판단에 의한 진도를 부여	· 주관적인 판단으로 왜곡될 수 있음 · 공사현황의 판단 및 대처 불가능

3) 비용(실행기성)진도 산정방법

현재의 비용진도 산정의 경우 자재 가격의 폭등 및 폭락으로 인한 진도의 변화를 초래할 수 있다. 1998년 사우디아라비아에서는 건설부문이 10%의 마이너스 성장을 기록했다. 이로 인해 시멘트 생산량은 연간 2천1백만톤인 반면에 수요는 1천4백만톤으로 과 생산을 보였으며, 시멘트 수요가 급감하고 가격이 42% 폭락하였다. 한국건설산업연구원의 '시멘트 가격 상승에 의한 건설비용 상승효과분석'에 따르면 시멘트 가격이 9.2% 상승하면 주택건축의 경우 총 공사비의 0.81%가 증가한다. 이 연구 결과에 따르면 앞서 말한 사우디아라비아의 시멘트 가격 42% 폭락의 경우 총 공사비의 3.7%의 하락을 예상할 수 있다. 국내 공동주택의 경우 골조공사가 전체공사 중 20%의 보합을 가지는데 시멘트 가격의 42% 하락은 골조공사 보합이 20%에서 16.3%로 감소하게 되는 것이다.

이처럼 비용진도의 경우 내역단가에 의해 진도의 보합이 결정되어 자재비나 노무비와 같은 공사 외적인 부분에 의해 진도가 변화될 수 있다.

### 3. 진도율 산정방법의 개선 방안

#### 3.1 기존 진도율 산정방식의 문제점 분석

앞서 설명한 공동주택 건설공사의 계획 및 실적진도율 산정방법의 현황분석을 통한 문제점을 요약하면 다음과 같다.

- ① 진도율 산정에 대한 명확한 기준이 없다.
- ② 진도율이 단위작업이 아닌 중공종별로 작성되고 있다.
- ③ 비용분류체계(CBS)에 의한 진도율 산정으로 주공정이 아닌 공종으로 인해 계획진도율을 왜곡할 수 있다.
- ④ 계획진도율이 공정과 비용이 분리된 상태에서 작성되기 때문에 실적진도율 만으로는 정확한 공사진행현황을 파악할 수 없다.
- ⑤ 실적진도율은 단위작업별 내역항목이 아닌 중공종별 내역항목으로 산정되며, 단위작업의 실적진도율 산정기준이 없다.
- ⑥ 현행 진도율산정은 비용 중심의 보합을 사용하여 공사외적인 요인에 의해 진도율이 변하게 된다.

이와 같은 문제점들의 해결과 좀 더 효율적인 공동주택 건설공사의 진도관리를 위해서는 신뢰성 있는 계획 및 실적진도율 산정을 위한 기준이 필요하다. 이를 위해서는 단위작업 수준의 정보의 수집과 진도율 산정이 필요하며, 비용진도율을 대체할 수 있는 진도율 산정방법 대안이 필요하다.

#### 3.2 일정중심의 진도율 산정방식의 필요성 및 방향

현재 공동주택 건설공사의 진도율 산정은 내역항목별 수량과 단가를 이용한 비용진도율(실행기성)이 사용되고 있다. 그러나, 2.3절 3)에서 언급하였듯이 공사비용을 이용한 진도율 산정법은 내역항목의 단가 변화에 따라 변화가 발생할 수 있다. 이처럼 비용진도율 산정법의 경우 지역적인 특성과 같은 공사 외적인 요인이 진도율 산정에 크게 작용할 수 있다.

물론 현재 국내 건설업체의 경우 기성지급의 기준이 진도율인 점을 감안하면 비용의 중요성을 간과할 수 없지만 순수 진도율의 개념에서 고찰한다면 비용(내역단가)에 의한 진도율의 산정보다는 외적인 요인의 영향을 적게 받는 진도율 산정방법이 필요하다.

건설공사는 수많은 내역항목들로 이루어져 있다. 골조공사의 경우만 보더라도 30여개의 내역항목으로 구성되어 있으며 공사외적인 영향인자에 많은 영향을 받을 가능성이 높다. 그러나, 이러한 내역항목과 달리 모든 단위작업에 공통되게 소요되는 것이 노무량(작업시간)이다. 건설공사의 특성상 인력이 투입되지 않는 작업은 없으며, 많은 노동력을 필요로 하는 작업이 공사상의 난이도가 높거나 중요도가 높은 주공정상의 작업인 경우가

대부분이다.

또한 타워크레인이나 호이스트와 같은 신기술의 도입은 생산성의 향상과 소요 노무량의 감소로 직접 이어지게 되며 주 공정의 변화를 가져올 수도 있다. 또한 날로 악화되는 건설 노무자의 부족 현상으로 인해 인력수급이 어려운 현실에서 노무자수급이 공정관리에 중요한 요소로 부각되고 있는 현실이다.

따라서 본 연구에서는 단위작업의 완성물량 달성도와 투입노무량을 이용한 진도율 산정방안을 제시하고자 한다.

#### 3.3 진도율 산정을 위한 계층적 작업분류체계

진도율 산정을 위해서는 작업의 특성과 공사순서 등을 고려한 작업분류체계를 설정하여야 한다. 본 연구에서는 국내 건설업체의 분류체계를 조사·분석하였다. 분석 결과, 전사적 차원에서 분류체계를 구축하는 데에는 다소의 차이는 있으나 공동주택에 관한 분류체계는 유사한 것으로 나타났다. 즉, 아파트/지하주차장/부대시설의 구분, 지상/지하의 구분, 동별/층별 구분 등이 대표적인 공간 및 부위 구분의 기준이 된다. 작업은 골조공사(골조공사) 또는 철근콘크리트 공사로 표기되고 있으며 대·중·소 공종으로 구분하고 있다. 본 연구에서는 표 4와 같은 단위작업 수준의 작업분류체계를 제안한다.

일반적으로 종합건설업체의 공정표 작성 및 진도관리는 L5인 2층 콘크리트공사(골조공사)의 수준에서 이루어지고 있다. 하지만 보다 정확한 진도율 산정을 위해서는 시공자가 관리 가능한 최하수준의 단위작업을 분류하는 것이 바람직 할 것이다. 이에 진도율 산정을 위해 최하위 단위작업수준인 L7로 분류하였으며, L7에서의 단위작업 달성도의 측정을 통하여 상위 단계의 진도율 산정이 이루어진다.

표 4. 골조공사 작업분류체계(WBS)의 예

지상/지하 구분	동구분	부위구분	층구분	작업구분			
L1 설명	L2 설명	L3 설명	L4 설명	L5 대공종	L6 중공종	L7 소공종	
F 지상	01 1동	U 아파트 기준층 옥탑층 계단실 계단살2	01 1층	A01 철근콘크리트공사	10 거푸집공사	10 맥매김	
	02 2동		02 2층			20 외벽거푸집	
	03 3동		03 3층			30 내벽거푸집	
	5* 부대 시설		40 슬래브거푸집				
B 지하	7* 주차장	F 전기설비기실저수조정화조	91 1차	30 콘크리트공사	50 벽철근		
			92 2차		60 슬래브철근		
					70 콘크리트타설		
		80 콘크리트양생					

#### 3.4 투입 노무량 수집 및 노무 생산성 산출

단위작업에 투입되는 노무자의 작업정보는 실적 물량정보와

연계되어 다양한 생산성 데이터로 가공된다. 예를 들어 "거푸집 설치작업"에 대하여 5명의 기공 노무자가 8시간 작업을 수행하여 300m<sup>2</sup>의 물량을 소화해 냈다고 가정한다면 단위작업의 생산성은 300 m<sup>2</sup>/40MH(man · hour)이 된다. 이는 1인이 1시간 동안 7.5m<sup>2</sup>의 물량을 소화해 내고 5인으로 구성된 작업조가 하루에 300m<sup>2</sup>의 물량을 소화하고 있다는 것을 파악할 수 있다.

단위작업에서 발생하는 작업정보(노무자의 출퇴근 시간, 단위작업에 투입된 노무자 작업시간, 단위작업의 일별 실적물량 및 작업여건 등)을 수집하게 되면 단위작업의 노무량 및 생산성, 생산성 조건, 실제 작업 시작일/종료일 등과 같은 공정계획 및 관리를 지원하기 위한 주요 가공 요소들을 도출할 수 있다. 단위작업 노무자투입량(MH)은 단위작업에 투입된 노무자 수와 그들이 작업한 시간의 합을 통하여 산정되며, 실적물량은 단위작업의 예정물량 대비 물량 달성도로 산정할 수 있다. 산정된 단위작업의 M · H와 실적물량을 이용하여 단위작업의 생산성(unit/MH)과 노무량(MH/unit)을 산정할 수 있다. 생산성 조건은 단위작업에 있어 특이사항이 있을시 기록함으로써 생산성 정보를 활용할 때 참고자료로서 의미가 있다.

### 3.5 단위작업의 물량달성율과 투입노무량을 이용한 진도율 산정방식

진도율은 현재의 시점에서 진행된 공사 진척 현황을 비율(%)로 표현하는 것을 의미한다. 본 연구에서는 단위작업별로 가중치(%)를 부여하고 예정물량과 실적물량의 관계에 따라 물량 달성도를 수집함으로써 가중치와 물량달성의 관계로 진도율을 산정할 수 있는 방법을 제시한다. 시설물 분류체계에 의해 분개된 단위작업 항목들은 예정 물량을 가지고 있으며 과거의 실적자료를 토대로 구축된 1단위(unit)당 작업량(Man · hour/unit)을 곱하여 해당 단위작업의 노무자 투입량(Man · hour)을 산정할 수 있다(식 1 참조).

$$MH = PQ(\text{unit}) \times MHU(\text{Man} \cdot \text{hour}/\text{unit}) \quad \text{--- 식 1}$$

MH : 단위작업의 노무자 투입량(Man · Hour for completing activity)  
 PQ : 예정물량(Planned Quantity)  
 MHU : 1단위당 작업량(Man · Hour for completing one unit)

식 1을 근거로 예를 들면, 1층 세대부 벽거푸집 설치의 예정물량이 100m<sup>2</sup>이고 과거의 실적자료를 기반으로 1m<sup>2</sup>당 0.2MH의 작업량으로 가정하면 단위작업의 노무자 투입량은 20MH가 된다.

단위작업별 가중치는 산정된 단위작업의 노무자 투입량을 해당 단위작업군의 노무자 투입량 합계로 나눈 값으로 산정된다. 여기서 해당 단위 작업군이란 시설물 분류체계에 의해 분개된 단위작업의 집합으로 층 단위작업군 또는 동 단위작업군으로 구분

할 수 있다. 층 단위작업군은 층에 부속되어 있는 단위작업들의 노무자 투입량 합을 표현하는 것을 의미하며 동별 단위작업군은 동에 부속되어 있는 층 레벨에서의 노무자 투입량 합을 표현하는 것을 의미한다. 따라서 층 레벨에서의 단위작업별 가중치(WA)는 해당 단위작업의 노무자 투입량을 해당 층 단위작업군의 노무자 투입량으로 나눈 값(식 2)을 의미하며 동 레벨에서의 층별 가중치(WF)는 해당 층의 단위작업군을 해당 동의 단위작업군 합으로 나눈 값(식 3)을 의미한다.

$$WA = \frac{MH(\text{Man} \cdot \text{Hour})}{\sum FWG(\text{Man} \cdot \text{Hour})} \times 100\% \quad \text{--- 식 2}$$

\* WA : 단위작업별 가중치(Weighted value for completing Activity)  
 \* MH : 해당 단위작업의 노무자 투입량(Man · Hour for completing activity)  
 \* ΣFWG : 층 단위작업군의 노무량(man · hour for completing Floor Work Group)

$$WF = \frac{\sum FWG(\text{Man} \cdot \text{Hour})}{\sum BWG(\text{Man} \cdot \text{Hour})} \times 100\% \quad \text{--- 식 3}$$

\* WF : 층별 가중치(Weighted value for completing Floor)  
 \* ΣFWG : 층 단위작업군의 노무량(man · hour for completing Floor Work Group)  
 \* ΣBWG : 동 단위작업군의 노무량(man · hour for completing Building Work Group)

예를 들어 1개동이 10개 층으로 구성되어 있고 각 층별로 9개의 단위작업을 가지고 있을 경우, 단위작업별 가중치를 산정하면 표 5와 같다. 표 5에서와 같이 1개층에 있는 9개의 단위작업별로 소요되는 투입노무량을 산정하고 이를 총투입량(MH)에 대한 비율로서 계산하여 각 단위작업별 가중치를 얻을 수 있다.

표 5. 층 단위작업군의 가중치 예

구분	막대 거푸 집	외벽 거푸 집	내벽 거푸 집	슬래 브거 푸집	벽철판 근	슬래 브철판 근	계단 실거 푸집	계단실 철판	콘크리 트타설	ΣFWG
PQ	500	1000	1500	1000	500	500	500	300	300	4430
Unit	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	ton	ton	m <sup>2</sup>	ton	m <sup>2</sup>	
MHU (M · H/Unit)	0.03	0.2	0.25	0.3	23	32	0.2	2.1	0.2	
MH	15	200	375	300	1150	1600	100	630	60	
WU(%)	0.3	4.5	8.5	6.8	25.9	36.1	2.3	14.2	1.4	

표 6은 1개동에 있어 10개층에 소요되는 노무량을 산정하고 이를 다시 동 단위작업군으로 나눈 값으로써 각 층별 가중치를 구할 수 있다.

표 6. 동 단위작업군의 가중치 예

구분	1 층	2 층	3 층	4 층	5 층	6 층	7 층	8 층	9 층	10 층	ΣBWG
ΣFWG(M · H)	3200	4430	4430	4430	4430	4430	4430	4430	4430	2400	
WF(%)	7.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	5.8	41040

또한 프로젝트에 대한 동별 가중치(WB)는 동 단위작업군의 노무량의 합을 프로젝트 단위작업군의 노무량 합으로 나눈 값(식 4)을 의미한다.

$$WB = \frac{\sum BWG(\text{Man} \cdot \text{Hour})}{\sum PWG(\text{Man} \cdot \text{Hour})} \times 100\% \quad \text{--- 식 4}$$

- \* WB : 동별 가중치(Weighted value for completing Building)
- \*  $\Sigma$ BWG : 동 단위작업군의 노무량(man · hour for completing Building Work Group)
- \*  $\Sigma$ PWG : 프로젝트 단위작업군의 노무량(man · hour for completing Project Work Group)

표 7은 프로젝트 단위작업군의 가중치에 대한 예를 표현한 것으로 101동의 경우 동 단위작업군의 노무량 합 41,040 MH를 프로젝트 전체 단위작업군 노무량의 합인 262,080 MH로 나눈 값 15.66이 된다. 즉, 101동의 가중치는 전체 프로젝트의 15.66%가 되는 것을 의미한다.

표 7. 프로젝트 단위작업군의 가중치 예

구분	101 동	102 동	103 동	104 동	105 동	106 동	107 동	상가 동	기타 동	$\Sigma$ PWG
$\Sigma$ BWGM · H	41,040	41,040	39,500	39,500	28,000	28,000	28,000	12,000	5,000	262,080
WB(%)	15.66	15.66	15.07	15.07	10.68	10.68	10.68	4.58	1.92	

이와 같이 단위작별 진도율은 단위작업별 가중치에 물량달성도(예정 대비 실적물량의 진행율)를 곱하여 다음 식 5와 같이 산정된다.

$$PCA = CQR \times WA \quad \text{--- 식 5}$$

- \* PCA : 단위작업 진도율(Percent Completion of Activity) %
- \* CQR : 물량 달성도(Completed Quantity Rate) %
- \* WA : 단위작업별 가중치(Weighted value for completing Activity)

층 진도율은 해당층에 있는 단위작업들 중 현재까지 진행된 단위작업들의 진도율 합을 의미하며 다음 식 6과 같이 산정된다.

$$PCFW = \sum_{i=1}^N PCA + \sum_{i=1}^n PCA \quad \text{--- 식 6}$$

- \* PCFW : 층 진도율(Percent Completion of Floor Work group) %
- \* PCA : 단위작업 진도율(Percent Completion of Activity) %
- \* N : 완료된 단위작업
- \* n : 진행 중인 단위작업

예를 들어 표 5에서 현재까지 먹매감과 내벽 및 외벽, 슬래브 거푸집설치작업, 슬래브 철근배근 작업이 물량달성도가 100% 종료되고 벽 철근 작업에 대하여 물량달성도가 50% 진행이 되어 있다면 층 진도율은 아래와 같이 65.1%가 된다.

$$\bullet \text{ 층 진도율} = (0.3+0.45+8.5+6.8+36.1)+(25.9 \times 0.5) = 65.1\%$$

동에 대한 전체 작업 진도율은 현재까지 진행이 완료된 층들의 층별 가중치 합과 현재 진행되고 있는 층 진도율의 합을 통하여 다음 식 7과 같이 산정할 수 있다.

$$PCBW = \sum_{i=1}^N WF + \sum_{i=1}^n PCFW \quad \text{--- 식 7}$$

- \* PCBW : 동별 진도율(Percent Completion of Building Work group)
- \* WF : 층별 가중치(Weighted value for completing Floor work)
- \* PCFW : 층 진도율(Percent Completion of Floor Work group) %
- \* N : 완료된 층
- \* n : 진행 중인 층

예를 들어 표 6에서와 같이 현재 5층까지 작업이 완료되었고 6층에의 층 진도율이 50%정도 진행되었다면 동별 진도율은 아래와 같이 56.4%가 된다.

$$\bullet \text{ 동 진도율} = (7.8+10.8+10.8+10.8+10.8)+(10.8 \times 0.5) = 56.4\%$$

#### 4. 결론

국내 건설공사의 진도율 산정은 내역단가와 실행기성을 이용한 비용보합률로 진도율을 산정한다. 그러나, 진도율의 산정이 단위작업수준이 아닌 중공종 수준에서 산정되어 진도율의 정확성이 떨어지며, 왜곡될 수도 있다. 또한 공사외적 요소인 비용정보를 이용하여 보합 값을 주게 되어 자재단가의 상승이나 노무비용의 상승이 진도율에 영향을 미치게 된다.

이러한 문제점의 해결을 위해 단위작업의 정보 수집을 하고 단위작업수준에서의 진도율 산정이 되어야 한다. 또한 수집된 단위작업 정보를 이용하여 중공종이 아닌 단위작업 수준에서의 진도율 산정이 되어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 단위작업 달성도와 투입노무량을 이용한 진도율 산정방법을 제시하였다. 즉, 단위작업별로 가중치(%)를 부여하고 예정물량과 실적물량의 관계에 따라 물량 달성도를 계산하고 가중치와 물량달성의 관계로 진도율을 산정하는 방안을 제시하였다. 이때 단위작업별 가중치는 해당 단위작업의 노무자 투입량을 해당 층 단위작업군의 노무자 투입량으로 나눈 값으로 노무생산성 정보를 의미하게 된다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 진도율 산정방식은 순수한 일정중심으로 물량과 노무생산성에 의한 가중치에 근거한 진도율 산정방식이다.

연구결과의 의의는 단위작업 물량 달성율과 투입 노무량을 이용한 진도율 산정방법이 합리적 일정관리 및 지원 작업/공정에 대한 만회대책의 수립이 가능한 정보를 제공하고 있음을 확인하

는 것이다. 이는 향후에 현재 진행되는 있는 실적공사비에 의한 적산방식과 연계될 경우 일정·비용 통합 시스템 구축의 귀중한 자료로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 향후 PDA, RFID 등 첨단 정보통신기술(IT)의 접목을 통하여 실시간으로 단위작업에 대한 노무, 생산성 등 데이터를 수집, 축적, 분석할 수 있는 시스템의 구축이 이루어진다면 본 연구에서 제시하고 있는 진도율 산정방법의 효율성을 제고할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 건설프로젝트 정보관리 효율화를 위한 PDA 및 Barcode 적용 기술 개발, 2002년도 한국과학재단 특정기초연구과제 연구보고서
2. 국제지역정보 제3권 제5호 1999.3.15
3. 김경래 외, 최신 건축공정관리학, 기문당, 2002.
4. 김태황, 시멘트 가격 상승에 의한 건설비용 상승효과 분석, 한국건설산업연구원, 경제학 박사
5. 대한건설협회, 건설업 임금실태 조사 보고서, 각 연도
6. 방중대 외4인, 공동주택 건설공사의 진도율 및 기성산정방법에 관한 연구, 대한주택공사 연구보고서 pp 9-16
7. 배신희, 건설공사에 있어서 진도관리의 효율화에 관한 연구, 중앙대학교 건설대학원, 석사학위논문
8. 오세욱, 단위작업 정보 기반의 공동주택 공정관리 지원 시스템 개발, 인하대학교, 2005. 01, 박사학위 논문
9. 삼성건설, 대학생 기업체험 캠프-공정관리, 삼성건설, 2002.
10. 이복남, 건설공사 진도 및 기성고 산정 방법 개선, 한국건설산업연구원, 1997.1
11. 최윤기, 일정과 비용을 통합한 건설공사진도율 산정 시스템, 서울대학교 대학원, 박사학위논문
12. 한국건설산업연구원, 2003년 건설경기 전망, p53.
13. Barrie, D. S., and Paulson, B. C., 「Professional Construction Management」, McGrawHill, 1992.
14. Eldin N, 「Measurement of Work Process : Quantity Technique」, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.115, No.3, 1989.
15. Navon. R., Goldschmidt. E., 「Can Labor Inputs be Measured and Controlled Automatically」, Journal of Construction & Management, Vol.129, No.4, 2003.

## Abstract

Time management is important in construction management. Especially, in the high-rise apartment housing projects, it is very important to expedite the construction progress in order to meet the planned schedule. The objective of this paper is to propose the baseline for the progress rate using work volume and man · hours performed at work activity level. The work volume for each activity is transformed to the weighted value compared to total work volume for the floor. Therefore, a progress rate for an activity is calculated by multiplying a weighted value and work volume. A progress rate for a floor and a building can be calculated in this manner, respectively.

**Keywords** : apartment housing, progress management, progress rate, activity, percent complete of work, man · hours, weighted value