

# 초기 사업단계에서 표준공정모형을 이용한 가스 플랜트 공사의 개략적 공사기간 산정

## Approximate Estimating of Plant Construction Duration Using a Standard Schedule Model

문 성 우\*      박 상 천\*\*      권 기 남\*\*\*  
Moon, Sungwoo   Park, Sangchun   Kwon, Kinam

### 요 약

건설사업의 단계별 진행에 따라서 공정 스케줄의 정확도에 대한 요구수준이 달라진다. 본 연구의 목적은 건설사업의 초기단계에서 활용할 수 있는 표준공정모형을 제시하여 신속하게 전체 개략공기를 산정하는 체계를 제시하는 것이다. 표준공정모형을 적용하여 작업공정을 모듈화하고, Top-down 식 접근으로 상위레벨에서 공정모듈 간 작업연관관계를 분석함으로써 신속하게 프로젝트의 공사기간을 산정할 수 있다. 표준공정모형의 타당성을 검증하기 위해서 각 공정모듈의 작업기간이 일정하다고 가정하고, 가스 플랜트 공정에 대하여 적용시켰다. 그 결과 표준공정모형을 사용하여 계산한 개략 공사기간과 공정관리 툴을 사용한 상세 공사기간은 -3.1% 부터 +15.0%까지의 범위에서 차이를 가졌다. 이러한 결과는 제시된 표준공정모형이 일정 수준의 신뢰성을 가지는 공정 스케줄 정보를 제공하고, 사업기획과 타당성 분석 등 건설사업의 초기단계에서 신속하게 의사결정을 도울 수 있다는 것을 보여준다.

키워드 : 개략공기산정, 표준공정모형, 작업기간, 주공정, 작업연관관계

## 1. 서 론

### 1.1 문제점 및 필요성

공정관리란 작업분할, 작업순서, 작업소요시간을 산정하여 공정 스케줄을 작성하는 것을 주요한 절차로 한다 (PMBOK, 2000). 플랜트와 같은 대규모 건설공사에서는 많은 수의 작업공정이 처리된다는 점을 고려할 때 작업공정을 도출하고, 작업연관관계를 수립하는 절차는 현장에 대한 깊은 경험과 지식, 그리고 많은 시간을 소요하게 된다. 특히 사업초기에는 상세도면이 없는 관계로 세부 공정항목을 파악할 수 없으며, 각 공정항목이 전체 공사기간에 가져오는 영향을 알 수 없다. 실시설계가 완료

될 시점이 되어야 상세한 세부 공정항목을 찾아내고, 세부항목을 사용하여 Bottom-up 형태의 공정 스케줄을 작성할 수 있게 된다. 이러한 문제는 사업초기에 수행하는 기획, 또는 타당성 분석 시 공정 스케줄 정보에 대한 요구사항이 크에도 불구하고 구체적인 공정 스케줄을 세울 수 없는 원인이 된다.

반면 건설사업은 단계별로 진행됨에 따라서 공정 정보에 대하여 요구하는 정확도가 변한다. 공사기간에 대한 정보를 효과적으로 제공하기 위한 한 방안은 기존의 Bottom-up 방식에서 Top-down 방식으로 접근하는 것이다. 또한 Dzung (2004)이 기술한 바와 같이 복잡한 공정을 모듈화하여 관리해야 한다. 작업분류체계의 상위레벨에서 대표 공정항목을 모듈화하고, 설정된 공정모듈에 대하여 작업 연관관계를 설정하면 건설공사의 특성에 맞는 표준공정모형을 제공할 수 있다. 표준공정모형에 의한 공정관리는 건설사업 초기단계에서 체계적으로 개략 공사기간을 산정하는 방안을 제공할 것이다.

### 1.2 연구의 목적과 접근방법

본 연구의 목적은 표준공정모형을 제시하여 건설사업의 공정

\* 종신회원, 부산대학교 토목공학과 부교수, 공학박사, sngwmoon@pusan.ac.kr

\*\* 일반회원, 부산대학교 토목공학과, 석사과정, magna231@dreamwiz.com

\*\*\* 일반회원, 부산대학교 토목공학과, 박사과정 (교신저자), kinamkwon@pusan.ac.kr

관리 시 초기단계에서 개략적인 공사기간을 산정할 수 있도록 돕는 것이다. 표준공정모델은 공정항목의 상위레벨로 구성되는 공정모델과 이들 간 작업연관관계로 구성된다. 상위레벨을 중심으로 하는 공정관리는 Top-down 방식으로 접근하여 건설 공사기간을 개략적으로 예측함으로써 건설공사 초기단계에서 요구되는 적정 수준의 정확성을 가지는 공정정보를 제공할 수 있다.

논문에서 제시한 표준공정관리는 공정관리에 필요한 정보가 제한되어 있는 상태에서 공정기간을 산정하는 기초연구이다. 연구범위는 국내 대형 엔지니어링 사가 수행한 해외 가스 플랜트 공정의 실적사례를 중심으로 구성했다. 제시된 표준공정모델은 개략공사기간 산정을 위한 일반적인 방법을 제시하며, 실무적용 시에는 기업과 사업 특성에 맞도록 체계를 세워야 할 것이다.

본 논문에서 표준공정모델의 구축과 활용은 4단계로 수행했다. 첫째, 공정관리 표준모델의 구축을 위해서 가스 플랜트의 실적자료를 바탕으로 대표 공정항목을 선정했다. 둘째, 선정한 대표 공정항목을 공정 특징에 따라서 모듈화 했으며, 공정모델 간 작업 연관관계와 Lag Time을 표시했다. 셋째, 전체 공사기간을 예측하기 위해서 개략 공사기간 산정 알고리즘을 개발했다. 마지막으로, 수립한 공정관리 표준모델을 실제 가스 플랜트 사례에 적용하여 표준공정모델의 수립과 개략 공사기간 산정에 적용했다.

## 2. 관련연구

현재 국내에서 수행되는 공정관리에 관한 연구를 살펴보면(정순오 2002), 공정계획이나 공기단축기법에 대한 단일 주제보다는 공정과 원가통합 시스템 또는 건설 정보화에 관련된 주제가 증가하고 있다는 것을 알 수 있다(박찬정과 최인성 2000; 김희정 외 2001; 김양택과 현창택 2000; 김정렬 외 2001). 또 다른 연구동향은 공정관리를 위한 예상공기 산정방법에 관한 것이다. 우성권과 이중수(2002)는 국내 공공 건설 사업에서 공기의 산정기준 부재로 인한 문제점과 공정관리의 현황을 분석했으며, 공공 건설공사에서 적절한 공기를 산정하는 합리적인 기준과 방법의 필요성을 논한 바 있다.

해외의 경우 Dzung(2004)은 고속도로와 같은 사회 간접자본의 프로젝트 수행 시 발생하는 반복공정의 액티비티를 모듈화했으며, 복잡한 공정을 간략히 하여 공정관리의 효율성을 증대시켰다. Skaked 외(1992)는 모듈기반 건설공사의 공정관리를 위해서 전문가시스템(Expert System)을 개발했으며, 이를 빌딩공사에 적용했다. EL-Rayes(2001)는 객체기반의 공정관리 모듈을 연구했으며, 연구한 모듈을 반복적 공사를 위한 공정관리

최적화 방안을 제시했다.

표준공정모델은 건설사업의 작업 작업연관관계를 분석하여 구조화하는 시도이다. 복잡하고 많은 수의 공정작업으로 이뤄진 건설공사의 공정관리를 지원한다는 관점에서 본 연구는 기존 연구와의 차이점을 가지고 있다. 공정관리 표준모델을 구축하여 실적사례에 적용시키고자 하는 이러한 시도는 기존 공정관리 연구를 발전시키고 실무적으로 적용성이 높은 공정관리를 제공하기 위해서 많이 연구되어야 할 분야이다.

## 3. 공정관리 표준모델 구축

### 3.1 표준공정모델의 구성

건설공사는 같은 단계의 작업분류에서 서로 상이한 세부공정으로 구성되며, 유사한 작업의 경우에도 부분적으로 다른 표현을 쓰는 경우가 많다. 또한 같은 프로젝트에서 부위별로 같은 공정이 반복될 경우 같은 세부공정이 반복되어 전체적으로 복잡한 공정구성을 가지게 된다. 따라서 표준공정모델을 일반화하여 적용하기 위해서는 Work Breakdown Structure(WBS)와 같은 작업분류가 필요하다. 분류된 작업항목은 표준공정모델의 요구사항에 따라서 대표 공정항목으로 활용된다.

본 연구에서는 국내 대형 엔지니어링 사가 수행한 해외 가스 플랜트 공정사례를 분석하여 대표 공정항목의 선정에 활용했다. 공정항목의 분류는 기존에 적용된 공정항목을 중심으로 유사한 작업을 취합하는 방법으로 수행했다. 가스 플랜트 공사는 사업 규모, 최종 생산물, 프로젝트 환경 등 내외부 요인에 의하여 많은 영향을 받으며, 배관공정 등 독특한 세부공정을 가진다. 이 경우 공정항목의 분류는 기업 또는 사업특성에 따라서 다르게 수립되어야 할 것이다. 표준공정모델 또한 기업 또는 사업특성에 따라서 적절한 구성을 갖춰야 할 것이다.

가스 플랜트 공정자료를 분석한 결과 87개의 세부공정을 도출했다. 도출된 세부공정은 표준공정모델에 적용할 수 있도록 12개의 공정모델로 분류됐다. 부록 I은 가스 플랜트 공사의 공정항목을 분류한 결과이며, 각 항목은 공정모델로 처리되어서 표준공정모델의 구축에 활용됐다. 공정을 세부적으로 분석하기 위해서는 구역(Area)도 포함시켜야 하지만, 본 논문은 상위레벨에서의 개략적인 공기를 산정하기 위해서 기초연구로써, 단순화를 위해서 구역은 표준공정모델에 포함하지 않았다. 단, 구역을 고려하기 위해서는 표준공정모델을 각 구역별로 별도로 적용시킬 수 있을 것이다. 그림 1은 가스 플랜트에 대하여 구한 표준공정모델의 구성을 보여준다.

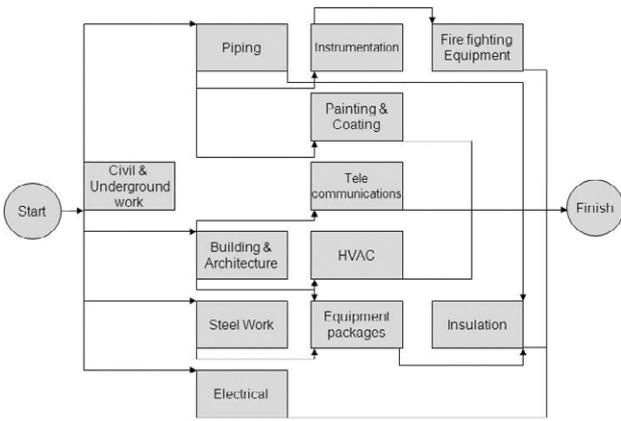


그림 1. 표준공정모델의 구성

### 3.2 작업연관관계 수립

표준공정모델의 수립 시 필요한 작업연관관계는 Precedence Diagram Method (PDM)을 적용했다. 작업 선후행 관계는 PDM에서 사용하는 1) Start to Start (SS), 2) Start to Finish, 3) Finish to Start (FS), 그리고 4) Finish to Finish (FF) 등 4 가지 관계유형을 사용했다 (표 1). 여기서 SS는 선행작업의 시작 후 후행작업을 시작한다는 의미로써, 2개 작업항목 간 시작점의 작업기간을 나타낸다.

SF는 선행작업 시작 후 후행작업이 완료된다는 것을 의미하며, 2개 작업항목의 시작과 완료까지 작업기간을 쉽게 표현할 수 있게 한다. FS는 가장 간단한 형태의 작업 선후행 관계로써 선행작업의 종료시점과 후행작업의 시작시점을 기준으로 표현한다. 마지막으로, FF는 선행작업 완료 후 후행작업이 완료된다는 것을 보여주며, 2개의 작업이 종료되는 시점을 기준으로 한다. 표

표 1. 작업 선후행 관계의 유형과 작업종료 시점의 산정 (공정항목 P의 시작시점 기준)

구분	내용	PDM 선후행 관계유형	작업기간의 산정
SS (Start to Start)	선행작업 시작 후 후행 작업 시작		① t(P) >= Lag Time + t(S) 일 경우, 작업기간 = t(P) ② t(P) < Lag Time + t(S) 일 경우, 작업기간 = Lag Time + t(S)
SF (Start to Finish)	선행작업 시작 후 후행 작업 완료		① t(P) = Lag Time 일 경우: 작업기간 = t(P) ② t(P) < Lag Time 일 경우, 작업기간 = Lag Time
FS (Finish to Start)	선행작업 완료 후 후행 작업 시작		작업기간 = t(P) + Lag Time + t(S)
FF (Finish to Finish)	선행작업 완료 후 후행 작업 완료		작업기간 = t(P) + Lag Time

준공정모델은 PDM에서 적용할 수 있는 이상 4개의 관계유형을 사용하여 다양한 형태로 구성할 수 있다.

각 모듈간의 작업 연관관계를 알기 위해서는 선행모듈의 작업 진척에 따른 후행 모듈의 작업 착수시점을 분석하여 SS, SF, FS, FF 중 가장 적절한 작업연관관계를 사용하여 표현해야 한다. 그림 1의 표준공정모델의 경우, 'Piping'과 'Insulation', 그리고 'Equipment Packages'와 'Insulation'은 FF의 관계를 가지며, 나머지 공정모듈은 모두 SS의 관계로 표시되어 있다.

### 3.3 Lag Time 분석 및 설정

Lag Time을 구하기 위해서는 각 공정모듈의 개별공기와 각 모듈 사이의 작업연관관계를 분석한 후 SS, SF, FS, 그리고 FF 관계에서 발생하는 기간을 산정해야 한다.

각 공정모듈의 개별 작업기간은 프로젝트 별로 상이하지만, 공정모듈 간 상대적 착수 또는 종료시점은 공사유형에 따라서 유사한 형태를 가진다. 즉, 각 건설공사의 규모와 여건에 따라서 'Civil & Underground Work' 모듈과 'Piping' 모듈의 개별 작업기간은 공사의 규모에 따라서 변하지만, 두 공정모듈의 작업착수 시점은 일정한 비율로 나타낼 수 있다. 이러한 공정정보는 유사한 건설공사의 과거 공정자료를 분석하여 얻을 수 있으며, 선후행 관계에 대한 Lag Time을 선행모듈의 작업 진척율을 사용하여 표현할 수 있다. 본 논문에서는 엔지니어링 회사의 공정자료를 분석하고, 공정 담당자와 인터뷰하여 공정모듈 간 선후행 관계와 Lag Time을 설정했다. 그림 2는 도출된 선후행 관계를 기본으로 하여 선행작업에 대한 후행작업의 상대적 착수 또는 종료시점을 나타낸 것이다. 그림에서 'Piping'은 선행모듈인 'Civil & Underground Work'와 SS의 작업관계를 가지며, 선행모듈인 'Civil & Underground Work'의 착수 후 약 16% 진행됐을 때 시작할 수 있다는 것을 의미한다. 만약, 'Civil & Underground Work'의 작업일수가 100일이라면 두 모듈 간 Lag Time은 16일로 'Piping'은 'Civil & Underground

Succeeding Module \ Preceding Module	Piping	Electrical	Instrumentation	Tele-communication	HVAC	Fire Fighting	Painting & Coating	Insulation	Building & Archi	Equipment Packages	Steel Work
Civil & Underground work	16% SS	22% SS							6% SS		19% SS
Piping			37% SS				4% SS	0% FF			
Instrumentation						7% SS					
Building & Architecture				46% SS	75% SS					78% SS	
Equipment Package								10% FF			
Steel Work										20% SS	

그림 2. 선후행 관계에 따른 작업 진척율

Work'가 착수된 후 약 16일 후에 시작한다. 따라서 그림 2의 선행 관계에 대한 정보를 이용하면 각 모듈별 작업 연관관계를 기준으로 Lag Time을 계산할 수 있다.

표준공정모형을 적용하여 건설공사에 대한 개략 공사기간을 산정할 때 Lag Time은 건설공사의 특성에 따라서 달라진다. 따라서 실제 공정관리에서 표준공정모형을 적용하기 위해서는 공정관리자의 판단에 따라서 작업연관관계와 Lag Time을 적용해야 한다. 건설공사가 가지는 특성을 반영하기 위해서 공정관리자는 시공규모, 작업단위, 1회 투입가능수량, 반복회수 등을 고려하여 Lag Time을 적절하게 조절하는 과정이 필요하다.

### 4. 개략공기산정 절차

#### 4.1 공정항목 구성경로

개략 공사기간을 산정하기 위해서는 표준공정모형 상에서 발생할 수 있는 모든 Path를 찾아보고, Path를 구성하는 공정모듈과 공정모듈 간 선행 관계를 파악해야 한다. 그림 3은 표준공정모형을 구성하는 총 8개의 Path를 나타낸다. Path 상의 각 공정모듈은 SS, SF, FS, 그리고 FF의 관계로 연결될 수 있다. 예를 들어서 Path 1의 각 공정모듈은 SS 관계를 가지며, Path 3에서는 'Piping'과 'Insulation'이 FF의 관계로 구성되어 있다. 일반적으로 공정 스케줄에서 Path를 분석하는 것은 쉽지 않은 작업이다. 그러나 표준공정모형에서는 사전에 Path를 파악할 수 있으므로, 공정모듈의 작업기간과 Lag Time을 알 수 있으면 각 Path의 작업기간을 손쉽게 계산할 수 있다.

#### 4.2 구성경로별 공사기간 산정

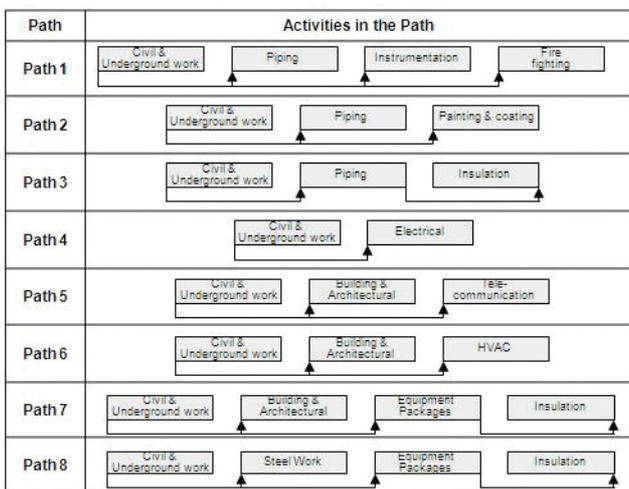


그림 3. Path 별 공정모듈 구성경로

각 Path 별로 소요되는 작업 종료시점은 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 Path를 구성하는 공정모듈의 개별 작업기간과 공정모듈 간 Lag Time을 사용하여 구할 수 있다. Path 1은 'Civil & Underground Work', 'Piping', 'Instrumental', 'Fire Fighting' 등 4개의 공정모듈로 구성되어 있다.(그림 4) 공정모듈 소요시간 t(B)에서 Lag Time(A-B)는 그림 2의 선행모듈의 작업 진척율을 사용하여 계산된다. 그림 2에서 'Piping'은 'Civil & Underground Work'가 16% 진행되었을 때 시작할 수 있으므로 두 모듈 간 Lag Time은  $D_{civil&undergroundwork} \times 0.16$ 으로 구한다. 그림에서 모듈별 작업 선행 관계는 모두 SS로 구성되어 있으므로 t(C)와 t(D)도 동일한 방법으로 계산할 수 있다. 이와 같은 과정을 통해서 구한 t(A), t(B), t(C), t(D) 중 가장 긴 시간이 Path 1의 작업기간이 된다.<식(1)>

$$\text{Path 1의 작업기간} = \text{MAX}\{t(A), t(B), t(C), t(D)\} \dots (1)$$

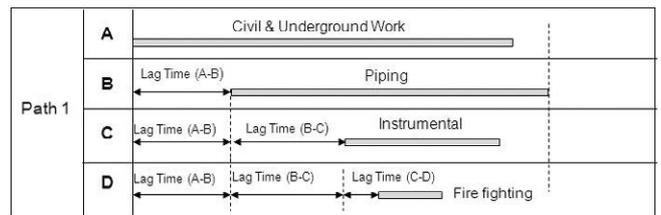


그림 4. Path 1의 작업기간 계산

Path 3은 'Civil & Underground Work', 'Piping', 'Insulation' 등 3개의 공정모듈로 구성되어 있다.(그림 5) 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 Path 3는 SS와 FF 등 2가지의 작업연관 관계를 가지고 있다. 'Insulation'은 'Piping'의 작업이 8% 지난 후에 종료되므로, 두 공정모듈 간 Lag Time은 이 된다. Path 1에서의 예와 같이 Path 3의 작업기간은 t(A), t(B), t(C) 중 가장 긴 공정모듈 소요시간으로 나타난다.

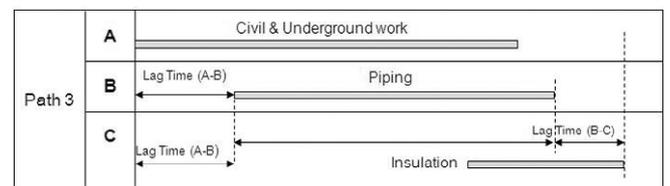


그림 5. Path 3의 작업기간 계산

#### 4.3 개략 공사기간 산정 알고리즘

그림 6은 표준공정모형을 이용하여 개략공기를 산정하기 위해서 개발한 알고리즘이다. 공정관리 표준모형을 구성하는 공정

모듈의 작업 연관관계를 기본으로 각 공중모듈의 Path를 구하며, 이후 각 공정모듈의 작업기간과 함께 공정모듈 간 Lag Time을 이용하여 각 Path별 작업기간을 산정한다. 그림 4의 8개 Path 중 최초 시작시점에서 마지막 종료시점에 도달하는 시간이 가장 긴 경로가 Critical Path가 되며, 식 (2)와 같이 전체 공사기간을 산정할 수 있다.

$$\text{전체공사기간} = \text{MAX}\{\text{Path 1, Path 2, } \dots, \text{Path 8}\} \dots\dots (2)$$

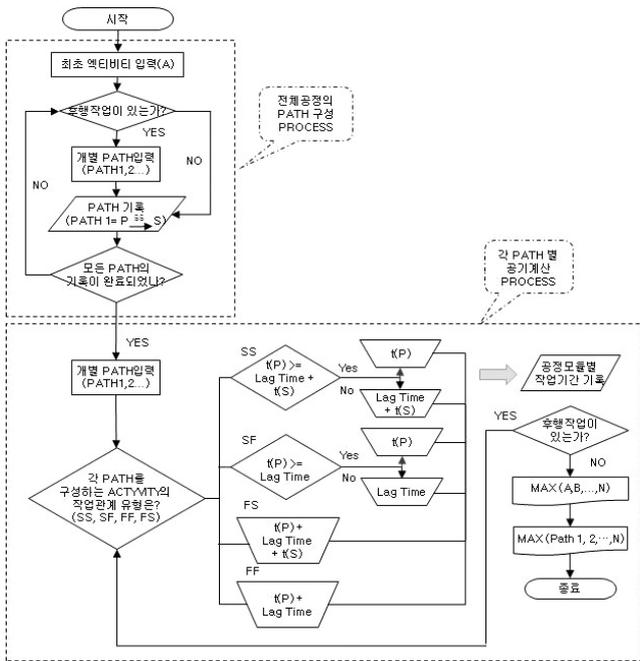


그림 6. 개략 공사기간 산정 알고리즘

## 5. 표준공정모델의 적용

### 5.1 적용 대상선정 및 검증방법

표준공정모델의 검증을 위해서 표준공정모델에 사용하지 않은 별도의 △△ 가스 플랜트 공사 공정 데이터를 적용했다. △△ 가스 플랜트 공사는 Area 1부터 Area 5까지 5개 공사구역으로 이뤄지며, 표 2와 같은 공정항목별 작업기간을 가지고 있다.

본 논문에서 제시하는 표준공정모델의 신뢰성은 모델을 구성하는 작업연관관계와 Lag Time의 의해서 결정된다. 계획단계에서 표준공정을 사용하여 실제 공정을 예측하기 위해서는 각 공정모듈의 작업기간을 산정해야 한다. 여기서 작업기간의 산정은 공정관리자의 판단에 의존하게 된다. 따라서 표준공정모델을 사용하여 계산한 전체 공사기간의 오차가 예측 작업기간에서 발

생한 것인지 또는 표준공정모델의 신뢰성에서 발생하는 것인지를 판단하기 위해서는 공정모듈의 소요시간을 일정하다고 가정 한 후 비교 평가해야 한다.

표 2. 가스 플랜트 실적 공정데이터 (△△ 가스 플랜트 공사)

Module	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5
Civil & Underground work	567	617	631	511	497
Piping	594	726	583	635	549
Electrical	531	612	534	661	543
Instrumentation	463	575	517	478	471
Telecommunications	0	0	0	0	0
HVAC	0	0	0	0	0
Fire Fighting Equipment	0	0	0	0	0
Painting & Coating	606	737	625	635	631
Insulation	447	603	357	525	394
Building & Architecture	367	497	599	609	366
Equipment Packages	535	558	556	586	522
Steel Work	339	363	306	462	316
Primavera를 이용한 전체공기	799	820	789	801	742

### 5.2 사례 적용결과

그림 7은 사례분석에서 적용한 △△ 가스 플랜트 공사 Area 3의 표준공정모델과 Primavera의 실제 공정 데이터 값으로써 공정모듈 간 선후행 관계와 Lag Time을 나타낸다. 각 공중모듈별 작업시간은 표 2의 공정 데이터를 사용했다. 표준공정모델의 Lag Time은 그림 2에서 주어진 백분율과 공중모듈의 작업기간을 곱한 값이며, Primavera의 Lag Time은 실제 공정 데이터 분석 후 구한 결과이다. 표준공정모델과 Primavera의 Lag

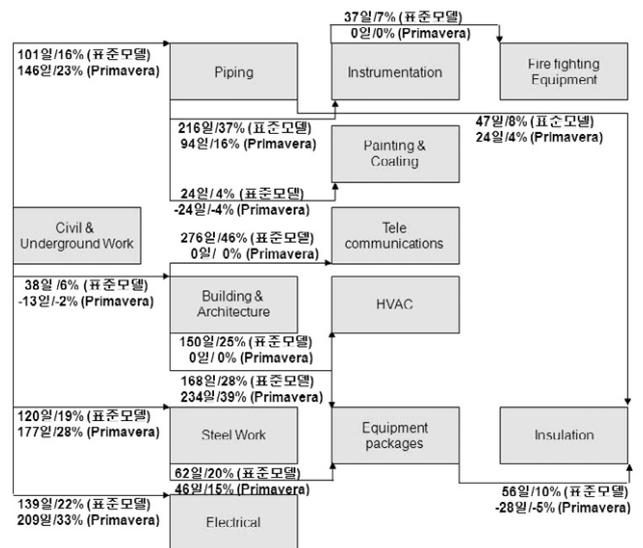


그림 7. 표준모델과 Primavera의 Lag Time 비교 (Area 3 기준)

Time은 -21%부터 +11%까지 차이를 가지고 있었다.

본 논문에서 제시한 표준공정모델은 그림 3에서 기술한 바와 같이 8개의 Path로 구성되며, 8개의 Path 중 최대값을 가지는 공정이 주공정 (Critical Path)이다. 주공정이 가지는 전체 공사 기간은 그림 6의 개략 공사기간 산정 알고리즘을 적용하여 계산한다. 다음은 전체공기 오차가 표준편차와 가장 가까운 Area 3에 개략 공사기간 산정 알고리즘을 적용한 예이다. 먼저 그림 3이 보여주는 바와 같이 본 논문에서 제시한 표준공정모델은 8개의 Path를 가지고 있다. Path 1의 경우 그림 4에서와 같이 'Civil & Underground Work', 'Piping', 'Instrumentation' 그리고 'Fire fighting' 등 4개의 모듈을 가지며, 각 공정모듈 별 작업기간은 표 2에서 주어진 바와 같이 각각 631일, 583일, 517일 그리고 0일을 적용한다. 그림 4의 t(A), t(B), t(C), 그리고 t(D)는 다음과 같이 구한다

$$t(A) = D \text{ Civil \& U/G work} = 631\text{일}$$

$$t(B) = 0.16 \times D \text{ Civil \& U/G work} + D \text{ Piping}$$

$$= 0.16 \times 631 + 583 = 684\text{일}$$

$$t(C) = 0.16 \times D \text{ Civil \& U/G work} + 0.37 \times D \text{ Piping} +$$

$$D \text{ instrumentation} = 0.16 \times 631 + 0.37 \times 583 + 517 = 834\text{일}$$

$$t(D) = 0.16 \times D \text{ Civil \& U/G work} + 0.37 \times D \text{ Piping} +$$

$$0.07 \times D \text{ instrumentation} + D \text{ Fire fighting}$$

$$= 0.16 \times 631 + 0.37 \times 583 + 0.07 \times 517 + 0 = 353\text{일}$$

Area 3에서 Path 1의 작업기간은 t(A), t(B), t(C), 그리고 t(D) 중 최대값이므로 식(1)에 따라서 MAX{631, 684, 834, 353}인 834일이 된다. 동일한 방법으로 Path 2 (750일), Path 3 (731일), Path 4 (673일), Path 5 (637일), Path 6 (637일), Path 7 (818일), 그리고 Path 8 (793일)의 작업기간을 구할 수 있다. Area 3의 전체 개략 공사기간은 각 Path의 최대값이며, 식(2)에 따라서 MAX{834, 750, 731, 673, 637, 637, 818, 793}인 834일이 된다.

표준공정모델을 이용하여 구한 개략 공사기간과 비교하기 위해서, 다음에는 실제 가스 플랜트 공사에 사용했던 세부 공정 데이터를 공정관리 틀에 입력하여 일정계산을 수행했다. 일정계산 결과 세부 공정항목을 고려한 Area 3의 상세 공사기간은 789일로 나타났으며, 표준공정모델에서 구한 개략 공사기간과 약 +5.7%의 차이를 보여준다.

표 3은 Area 1부터 Area 5까지 실적자료의 공정모듈별 작업기간을 기본으로 하여 표준공정모델을 사용하여 계산한 개략 공사기간과 상업용 공정관리 틀을 사용하여 가스 플랜트 공사의

세부 공정항목을 기준으로 계산한 상세 공사기간을 비교한 결과이다. 사례 적용을 통해서 나타난 2가지 방법의 결과를 비교해보면 표준공정모델을 이용한 개략 공사기간은 상세 공사기간과 대비하여 -3.1%부터 +15.0%까지의 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 계산결과는 표준공정모델이 일정 수준 이상의 신뢰성을 가지고 있다는 것을 보여준다. 또한 더 많은 수의 공정 데이터를 분석하면 가스 플랜트뿐만 아니라 다양한 건설공사의 공정관리에 적용할 수 있을 것이다.

표 3의 결과는 표준공정모델의 내재하는 신뢰성을 나타낸다. 실제 적용시에는 공정모듈의 소요시간의 예측정도에 따라서 편차가 추가될 것이다. 이와 같은 관점에서 표준공정모델은 공정모듈의 작업기간 자체를 예측하는 것은 아니지만 기획단계와 같이 사업초기에서 체계적이고 신속하게 전체 공사기간을 예측하도록 지원하는 역할을 한다.

표 3. 개략공기와 실제 공기의 비교 (△△ 가스 플랜트 공사)

Module	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	Area 5
Primavera를 이용한 전체공기	799	820	789	801	742
표준모델을 이용한 개략공기	774	943	834	845	754
오차(%)	-3.1%	15%	5.7%	5.5%	1.6%
오차의 표준편차	6%				

## 6. 결론

건설사업은 단단계로 수행되며, 각 단계에서 요구하는 공정정보의 수준이 다르다. 건설사업의 초기단계에서는 기획과 타당성 분석 등 의사결정에 필요하며, 이 경우 전체 공사기간에 대하여 신속한 공정정보를 필요로 한다. 본 연구에서는 가스 플랜트 프로젝트의 표준공정모델을 구축하여 사업초기에 신속하게 개략 공사기간을 산정하는 체계를 제시했다. 제시된 표준공정모델은 신속하게 신뢰성 있는 개략 공사기간을 산정함으로써 사업 초기 단계에서 필요로 하는 정적수준 이상의 정확성을 가지는 공정정보를 제공한다. 실제 가스 플랜트 공사의 공정사례에 적용한 결과 제시된 표준공정모델은 1) 작업간의 선후행 관계를 체계적으로 구조화할 수 있으며; 2) 건설공사의 공정흐름을 쉽게 파악할 수 있고; 3) 복잡한 공정항목을 단순화한 공정모듈을 통하여 신속하게 개략 공사기간을 산정할 수 있다는 것을 보여줬다. 이와 같이 공정모듈과 작업연관관계, 그리고 Lag Time을 이용하여 구축된 표준공정모델은 사업초기에 전체 공기의 파악은 물론 사업 타당성 조사와 사업계약시 다양한 형태의 의사결정을 지원할 수 있다는 것을 보여줬다. 본 연구는 플랜트 사업의 공정 데이터를 쉽게 구하기 힘든 관계로 Lag Time 산정 시 많은 데이터를

적용하지 못한 한계점이 있다. 한계점을 극복하기 위해서 향후 연구에서는 많은 실적 공정데이터를 분석해야 하며, 공정 데이터를 보완하여 작업 연관관계와 Lag Time을 수립해야 할 것이다. 다수의 공정 데이터를 확보할 수 있으면 표준공정모델의 신뢰성을 높일 뿐만 아니라 통계적 접근도 가능하다.

또한 표준공정모델의 구축 시 공정 관리자가 공사여건을 고려하여 Lag Time을 조정할 수 있도록 정보화 시스템을 개발하면 더욱 체계적이고 과학적인 공정관리를 수행할 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 건설핵심기술개발사업 [과제번호:05건설핵심D01]의 지원으로 수행 됐습니다.

### 참고문헌

1. 김양택, 현창택 (2000) “국내 건설산업의 공정-공사비 통합모델 비교분석” 대한건축학회논문집 16(12), pp. 145~153.
2. 김정렬, 진경호, 김경주 (2001) “공공 도로건설사업 공정, 원가 통합관리 시스템 구축 연구” 대한토목학회논문집 21(5), 703~712.
3. 김희정, 김수정, 김재준, 김경래 (2001) “공공-공사비 통합관리를 위한 현장공사관리체계 개선방안”, 대한건축학회논문집 17(6), pp. 113~122.
4. 박찬정, 최인성 (2000) “건설시공단계에서의 일정-원가의 통합방안” 대한건축학회논문집 16(9), pp. 83~90.
5. 우성권, 이종수 (2002) “건설공사 공기 및 공정관리 현황과 문제점”, 건설산업동향 2002(10), pp. 2~16
6. 정순오 (2002) “건설프로젝트 공정관리 분야의 최근 연구동향”, 경북논총 Vol.6, pp. 161~176.
7. Dzung, R. J., Wang, W.C., Tsemg, H.P. (2004) “Module-Based Construction Schedule Administration for Public Infrastructure Agencies”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 130(1), pp. 5~14.
8. EL-Rayes, K. (2001) “Objective-Oriented Model for Repetitive Construction Scheduling”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 127(3), pp. 199~205.
9. Project Management Institute (2000) Project Management Body of Knowledge, Newtown Square, PA, pp. 65~81.
10. Shaked, O., Warszawski, A. (1992) “CONSHED: Expert System for Scheduling of Modular Construction Projects”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 118(3), pp. 488~506.

논문제출일: 2008.03.07

심사완료일: 2008.10.22

### Abstract

The required level of detail in scheduling depends on the stages in the construction life-cycle. The objective of this study is to provide a Standardized Schedule Model (SSM) with an aim to facilitate the estimating of construction duration in the planning stage. The SSM modularizes work items; establishes relations between preceding and succeeding activities; and calculates approximate construction duration. The estimated duration of the SSM was compared with the detailed duration from the commercial scheduling tool using actual work activities. The difference showed to be ranged between -3.1% and +15%, which demonstrates that the SSM can be feasibly applied to the approximate estimation of construction duration.

Keywords : standard schedule model, preliminary estimating, activity duration, critical path, activity relation

[부록] 가스 플랜트 공사의 공정모듈

Civil & Underground Work		
Site preparation	Equipment Foundation	Tank FDN
Equipment Str FDN	pipe rack FDN	Pipe sleeper
Other FDN	Pit/Manhole/Basin	R,C Concrete pipe
Concrete Cable Trench	Cable Duck Bank	Dike & Bund Wall
Asphaltic Concrete Road	Concrete Paving	Box Culvert
Gravel Paving	Open Ditch	
Piping		
U/G Piping	A/G Piping Spool Fabrication	A/G Piping installation
Pipe Supt Shop Fab	Pipe Supt Field Erection	Steam Tracing
Electrical		
Cathodic Protection	Earthing	Cable Tray
Conduit	D,B Panel	Road Lighting
Lighting	Transformer	Switch Gear
DC & UPS		
Instrumentation		
Instr. Cable Tray	Instr. Junction Box	Instr. cabing/ Termination
Instr. instrument install	Instr. Air Piping/ Tubing	Instr. Panel install
Telecommunication		
Cable Tray	Indoor Telecomm Equip	Outdoor Telecomm Equip
Boxes/ Socket/ Telephone	Cabling	
HVAC		
Sanitary Piping	Install HVAC Equipment	A/C Piping & insulation
Fab & Install Duct	Sanitary Equipment	
Fire fighting Equipment		
Install Safety & F/F Equip		
Painting & Coating		
Pipe sand blasting & primer	Tank sand blasting & primer	Tank 2nd & Final Coating
2nd & Final Coating for Steel	2nd & Final Coating for Piping	Fire proof - Steel Structure
Fire proof - Equip		
Insulation		
Hot insulation for Equip	Hot insulation for Piping	Cold insulation for Equip
Cold insulation for Piping		
Building & Architecture		
Instrument House	Toilet Block & operator Shelter	Parking Shelter
Compressor Shelter	Generator Shelter	
Equipment Packages		
Install Air Coolers	Install Boiler	Install Columns
Install Drums	Install Heat Exchanges	Install Filter
Install Gas T/B Driver	Install Furnace Heater / Dryer	Install Ejector
Install Compressor	Install Mixer	Install Pumps
Install Reactors	Install Field Erection Tank	Install Package Equip
Install Crane / Hoist	Install Common Stack	Install Internal & Tray
Steel Work		
Install Pipe Rack	Equip Structure	Platform/ Ladder/ Workway