

DSM을 이용한 건설사업 공정관리에 관한 연구

A Study on Schedule Management in Construction Project Using the Dependency Structure Matrix(DSM)

장 세 훈* · 박 문 서** · 이 현 수***

Jang, Se-Hoon · Park, Moon-Seo · Lee, Hyun-Soo

요 약

건설사업은 다양한 시대적 요구를 충족시키기 위해 매우 다변화되었고, 그에 따라 참여주체들이 많아지고 복잡성이 증가하게 되었으며, 사업의 규모 측면에 있어서도 날로 대형화되어 가고 있는 실정이다. 하지만 현재의 건설 프로젝트 공정관리 수준은 1950년대에 만들어진 PERT나 CPM을 반세기가 지난 지금까지 그대로 사용하고 있을 정도로 후진성을 면치 못하고 있다. 또한 현재의 공정관리는 결과위주의 방식으로 건설사업 과정에서 나타나는 작업 간의 정보의 흐름과 변이요소의 발생을 충분히 고려하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 공정관리도구들의 단점을 개선하고 공정관리기술의 한계를 극복하기 위하여, 국내에는 잘 알려지지 않은 설계관리기법인 DSM(Dependency Structure Matrix)를 도입하여 건설사업 공정관리에 대한 적용성을 고찰해보고자 한다.

키워드: DSM, CPM, PERT, 공정관리

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설사업은 다양한 시대적 요구를 충족시키기 위해 매우 다변화되었고, 그에 따라 참여주체들이 많아지고 복잡성이 증가하게 되었으며, 사업의 규모 측면에 있어서도 날로 대형화되어 가고 있는 실정이다. 그러나 현재의 공정관리기술 수준은 1950년대 만들어진 PERT나 CPM을 반세기가 지난 지금까지 별다른 개서 없이 그대로 이용하고 있으며, 그나마도 여러 제도적, 관행적 여건으로 인해 제대로 활용하지 못하고 있는 실정이다(박영민 외, 2004). 또한 현재의 공정관리는 결과위주의 방식으로 건설사업 과정에서 나타나는 작업간의 정보의 흐름과 변이요소의 발생을 충분히 고려하지 못하고 있다. 널리 사용되고 있는 CPM의 경우는 시공착수 단계에서 한번 작성되고 나면 공사 진행 중에 생기는 변이 요소를 반영하여 갱신, 수정이 거의 이루어지지 않는 경우가 대다수이다(김대영, 2007).

이에 본 연구에서는 건설사업에서 사용되고 있는 기존의 공정관리도구들의 단점을 개선하고 공정관리기술의 한계를 극복하기 위하여, 국내에는 잘 알려지지 않은 설계프로세스

관리기법인 DSM(Dependency Structure Matrix)를 도입하여 건설사업 공정관리에 대한 적용성을 고찰해보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 먼저 기존의 공정관리도구를 고찰하여 이들의 개념과 장·단점을 파악한다. 다음으로 아직 국내에는 잘 알려지지 않는 DSM에 대한 소개를 하고, DSM의 특성에 대한 이해를 바탕으로 DSM의 건설사업 공정관리에 대한 적용성을 검토하고자 한다.

2. 기존 공정관리도구에 대한 고찰

2.1 Gantt Chart(Bar Chart)

Gantt Chart는 횡선식 막대그래프를 이용하여 작업의 특정한 시점과 기간을 표시함으로써 계획과 진행을 비교할 수 있도록 되어 있다.

시각적인 명료성 때문에 각 공정별 공사의 일정 및 전체 공사의 일정을 파악하기가 용이하고 특별한 지식이나 경험 없이 사용할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 작업들 간의 선후관계가 명확하게 표현되지 않아, 공사 진행 중에 발생할 수 있는 특정 작업의 일정 변경(계획 대비 지연 혹은 빠른 종결)이 발생할 경우, 다른 작업들과 전체 공사일정에 대한

* 일반회원, 서울대학교 대학원 건축학과, 석사과정

** 중신회원, 서울대학교 건축학과 부교수, 공학박사

*** 중신회원, 서울대학교 건축학과 정교수, 공학박사

영향을 예측, 평가하기가 어려운 단점이 있다(김경환 외, 2004).

2.2 CPM(Critical Path Method)

CPM은 네트워크상에 작업간의 관계, 작업소요시간 등을 표현하여 일정계획을 하고 전체공사기간을 산정하며, 공사수행에서 발생하는 공정상의 제문제를 도해나 수리적 모델로 해결하고 관리하는 것이다.

즉 일정계산을 통하여 각 작업의 착수 및 완료 시점을 파악할 수 있으며, 각 작업에서 사용할 수 있는 여유시간을 알 수 있어 작업계획을 수립하는 데 편리하다. 그러나 공정표의 작성시간이 비교적 길고 표현상의 제약으로 작업의 세분화 정도에 한계가 있으며, 한번 작성된 공정표의 Logic을 수정하기가 어렵다는 단점이 있다.

CPM은 연결점(Node 또는 Event)과 연결선(Arrow)을 이용하여 작업(Activity) 할당의 방식에 따라 두 가지 방법으로 표현할 수 있다. 즉 연결선 위에 작업을 표시하는 방법(AOA: Activity on Arrow)과 연결점에 직접 작업을 표시하는 방법(AON: Activity on Node 또는 PDM: Precedence Diagramming Method)이 있다.

1) AOA 기법

AOA기법은 실제로 수행되는 작업이 길이를 가지는 화살표로 표현되어 수행기간을 가지는 작업을 네트워크상에서 개념적으로 이해하기 편리하다는 장점이 있다. 또한 각 작업들의 수행기간에 비례하여 화살표의 길이를 결정하고 선·후행관계를 형성하여, 전체 작업들 간의 시간상의 상호관계 파악이 용이한 시간표기형 네트워크에도 손쉽게 적용될 수 있다. 하지만, 네트워크의 형태에 따라 부분적으로 상당히 난해한 분석을 필요로 하는 더미¹⁾작업을 적용해야 하는 단점이 있다(김경환, 2007).



그림1. AOA 네트워크

2) AON 기법

AON기법은 더미작업이 필요하지 않으며, 다양한 작업들 간의 관계(SS, SF, FS, FF)를 화살표에 부여하여 보다 정밀하게 작업관계를 표현할 수 있는 장점이 있다. 이에 따라 Primavera Project Planner(P3)와 MS Project와 같은 주요 공정관리 시스템은 현재 AON은 지원하지 않지만, AOA는 제공하지 않고 있다. 하지만, AON의 장점으로 인식되고 있는 다양한 작업들 간의 관계형성은 역설적으로 네트워크의 관

1) 더미(dummy): 작업논리 형성 혹은 독립적인 작업 ID를 부여하기 위한, 소요 공기가 0일이고 요구 자원이 없으며 실제 일이 수행되지 않는 가상의 작업이다. 작업 간 선후관계를 규명하는 작업논리 형성을 위해 요구되는 더미를 논리더미(logical dummy activity), 작업 간 중복을 피하기 위해 독립적인 작업 ID를 부여하기 위한 더미를 넘버링더미(numbering dummy activity)라 한다.

독을 보다 어렵게 만들어 프로젝트 참여자 상호간의 의사 전달에 문제를 발생시킬 가능성이 크다. 또한 시공자가 이들 관계성을 악용하여 작업들의 여유시간을 숨기거나 주공정선을 조작하는 경우가 일어나기도 한다(김경환, 2007).

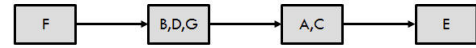


그림2. AON 네트워크

2.3 PERT(Program Evaluation and Review Technique)

PERT는 CPM과 함께 발전되어온 공정관리기법으로 작업일정 및 공사의 기간을 결정하고 주공정선을 구하는 방법이 CPM과 유사하다.

두 공정관리기법의 중요한 차이점은 CPM이 네트워크상에 표현된 수행될 작업에 중점을 두는 반면, PERT는 이러한 작업들이 완료될 수 있는 시간자료에 역점을 둔다는 것이다. 또다른 차이점으로는 CPM이 작업기간들이 작은 분산을 갖는 것으로 가정하는 데 반해, PERT는 작업들이 상대적으로 큰 분산을 갖는 시간분포로 가정된다는 것이다. PERT 도표에서 작업의 착수와 완료시점을 대표하는 연결점들은 번호와 기호로 규정되며, 이러한 의미에서 PERT는 연결점 중심의 공정관리기법이라 할 수 있다.

PERT의 단점은 네트워크 상 각 작업과 경로의 기간분포에 의존하여 일정계산을 하고 전체공사기간을 추정하기 때문에 한 결합점에 이르는 경로가 증가할수록 실제 소요시간과의 오차가 커진다는 것과, 경험 또는 현장조사에 의존하는 작업의 세 가지 소요시간 산정이 불확실할 경우 추정된 공사기간의 신뢰도가 낮아진다는 것이다.

2.4 LOB(Line of Balance)

만일 CPM이 반복 작업이 많은 공사를 관리하는 데 이용된다면, 공정표 상에 모든 작업들의 연결관계를 포함해야 하므로 연결선과 결합점이 많아져서 전체적으로 복잡한 형태를 이루게 될 것이다. 이러한 문제점을 해결하고 작업의 연속성을 도모하기 위하여 LOB 기법이 개발되었다.

LOB는 반복작업에서 각 작업조의 생산성을 유지시키면서 그 생산성을 기울기로 하는 직선으로 각 반복작업의 진행을 표시하여 전체공사를 도식화하는 기법이다.

여기서 중요한 가정은 최초의 단위작업에 투입되는 자원은 후속단위의 동일한 작업에 재투입된다는 것이다. 즉 세분된 한 작업에서 필요한 자원이 뒤따르는 다른 작업에서도 필요하다는 가정을 전제로 한다.

LOB 도표의 세로축은 단위작업의 수를 나타내고 가로축은 공사기간을 나타낸다. 작업의 진행은 직선으로 표현하며 그 기울기는 단위작업 생산성이 된다. 한 작업의 생산성을 나타내는 기울기가 선행 작업의 기울기보다 작을 때, 두 직선은 작업단위가 증가함에 따라 발산하게 되고, 역으로 한 작업의 생산성 기울기가 선행 작업의 기울기보다 클 때, 두 직선은 작업단위가 증가함에 따라 수렴하게 되므로 전체공

사의 주공정선은 생산성 기울기가 작은 작업에 의존하게 된다.

LOB의 단점은 시각적 이해도를 높이기 위해 시간과 공간 축으로 구성된 도표를 사용하다보니 각 작업간의 연결 방법에 대해 구체적으로 다루기 어렵다는 것이다. 또한 하나의 공종을 하나의 작업조가 수행할 경우에 대해서만 다루고 있으므로, 같은 공종에 대해 복수의 작업조가 구역을 나누어 작업할 경우에 대한 고려가 어렵다(이규진, 2000).

3. DSM(Dependency Structure Matrix)

3.1 개념

앞에서 살펴본 기존 공정관리도구의 장·단점을 통해 알 수 있듯이 Gantt Chart(Bar Chart)와 LOB의 경우처럼 시각적인 명료성 및 이해도에 중점을 두게 되면 작업간의 선·후행관계에 대한 이해가 어려워지고, CPM이나 PERT와 같은 네트워크형의 경우처럼 작업간의 선·후행관계 및 일정계산에 중점을 두게 되면 작업의 개수가 많아지거나 작업간의 관계가 복잡해질수록 네트워크의 관독이 어려워지고 공사기간 추정이 신뢰성을 잃게 된다.

위와 같은 크기와 복잡성 및 시각적인 이해의 제한에 구애받지 않고 네트워크를 표현할 수 있는 개념이 DSM이라고 할 수 있다. DSM은 $n \times n$ 행렬로 표현되는데, 2진법의 표현으로 n 개의 작업간의 복합적인 정보의 흐름을 알 수 있게 해주고, 독립적·순차적·상호의존적 등의 작업간의 관계를 시각화하여 보여준다.

3.2 DSM 상관관계

1) 독립적 관계(Parallel)

두 작업 간에 서로 상호작용이 없으며, 각 작업의 개별적인 이해를 통해 전체 공정을 이해할 수 있다. 그림3의 작업C와 작업D 사이에는 서로 교환되는 정보가 없으므로 서로 독립적(Independent)이다. DSM상에서는 작업의 관계를 표현하는 X표시가 없다.

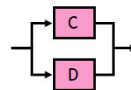
2) 순차적 관계(Sequential)

두 작업 중 한 작업만이 다른 작업에 영향을 미치며, 연결된 두 작업의 종합적인 이해를 통해 전체 공정을 이해할 수 있다. 그림3의 작업F에서 작업C로 한 방향으로 정보가 전달되고 있으므로 의존적(Dependent)이다. DSM상에서는 작업F의 후행작업이 작업C라는 것을 X표시로 표현한다.

3) 상호의존적 관계(Coupled)

두 작업 간에 서로 상호작용이 있으며, 두 작업의 종합적인 이해를 통해서만 전체 공정을 이해할 수 있다. 그림3의 작업A와 작업C는 서로 정보를 교환하고 있으므로 상호의존적(Interdependent)이다. DSM상에서는 (A,C)와 (C,A)에 모두 X표시로 표현한다.

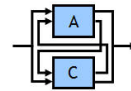
Parallel (Independent)



Sequential (dependent)



Coupled (interdependent)



	A	B	C	D	E	F	G
A			X	X			
B							X
C	X	X				X	X
D		X					
E			X			X	
F							
G				X		X	

그림3. DSM의 상관관계

3.3 DSM 알고리즘

DSM을 분석하는 과정은 크게 2단계로 이루어지는데, 1 단계를 분할(Partitioning)이라 하고, 2단계를 분해(Tearing)라고 한다.

1) 분할 알고리즘(Partitioning Algorithm)

분할 알고리즘은 DSM의 3가지 상관관계 중에서 독립적 관계와 순차적 관계에 중점을 두고 전체 공정을 분석하는 과정이다.

그림4는 분할 알고리즘을 보여주는 간단한 예이다.

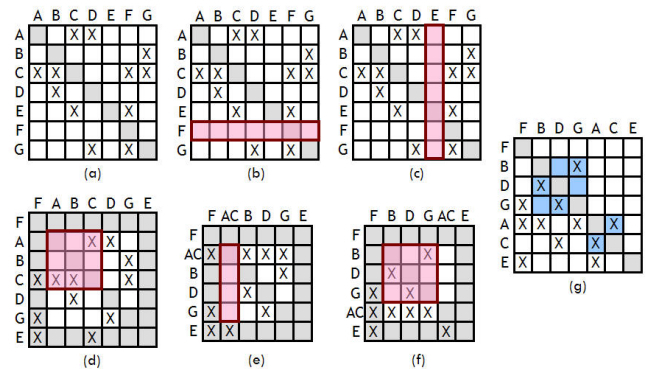


그림4. 분할(Partitioning) 알고리즘

- 아직 분할되지 않은, 처음 주어진 행렬이다.
- 작업F는 행의 모든 칸이 비어 있으므로 다른 작업들로부터의 정보에 대해 독립적이다. 따라서 작업F를 행렬의 맨 처음에 위치할 수 있다. 이제 작업F는 제외시킨다.
- 작업E는 열의 모든 칸이 비어 있으므로 다른 작업들로 전달하는 정보가 없다. 따라서 작업E는 행렬의 맨 뒤에 위치할 수 있다. 이제 작업E는 제외시킨다.
- 이미 결정된 작업F와 작업E를 제외하고 행렬을 분석하면 더 이상 비어 있는 행이나 열은 존재하지 않는다. 작업A와 작업C를 보면 서로 정보를 교환하고 있으므로 상호의존적이다. 따라서 작업A와 작업C는 간단한 표현을 위해 하나의 작업AC로 묶을 수 있다.

- (e) 작업AC는 열의 모든 칸이 비어 있으므로 다른 작업들로 전달하는 정보가 없다. 따라서 작업AC는 행렬의 맨 뒤에 위치할 수 있다. 이제 작업AC는 제외시킨다.
- (f) 남은 작업들을 살펴보면, 작업B는 작업D에게 정보를 전달하고, 작업D는 작업G에게 정보를 전달하고, 작업G는 다시 작업B에게 정보를 전달하여 정보가 순환하게 된다. 따라서 B, D, G 세 작업은 상호의존적이다.
- (g) 분할 과정이 다 끝난 행렬이다.

2) 분해 알고리즘(Tearing Algorithm)

분해 알고리즘은 분할 알고리즘에서 분석된 독립적 관계와 순차적 관계를 제외하고, 그림2의 작업A-작업C, 작업B-작업D-작업G와 같은 상호의존적 관계에 중점을 두고 세부 공정을 분석하는 과정이다.

상호의존적 관계 사이에서 상대적으로 선행 작업으로부터 정보의 의존성이 작은 작업을 제일 앞쪽으로, 후행 작업으로의 정보의 전달이 적은 작업을 제일 뒤쪽으로 배치하는 과정이다.

3.4 Numerical DSM(NDSM)

DSM에서는 작업간의 정보의 흐름이나 선·후행관계를 2진법의 표현으로 나타내기 때문에 작업간의 모든 관계들이 동등하게 가정된다. 따라서 DSM을 분석하는 과정에서 분해 알고리즘을 적용하여 상호의존적 관계의 작업들을 분해하는 데에는 한계가 있다.

NDSM에서는 작업 간의 정보의 흐름이나 선·후행관계를 2진법이 아닌 소수나 정수를 이용하여 표현하여 작업간의 관계를 보다 명확하게 한다.

그림5에서 보듯이 DSM에서는 작업I-작업A-작업J의 상호의존적인 관계가 동등하게 표현되어 내부의 정보의 흐름을 파악하기가 힘든데 반해, NDSM에서는 관련성이 상대적으로 표현되어 분해 알고리즘을 통하여 작업들 간의 관계를 보다 명확하게 파악할 수 있다.

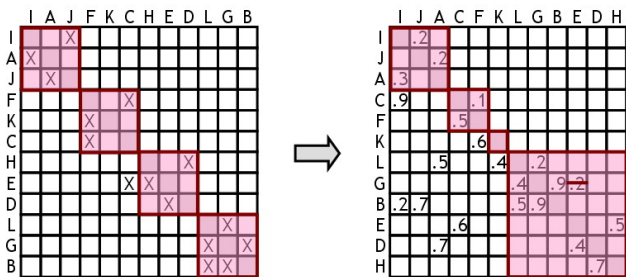


그림5. Numerical DSM

4. 건설사업에의 DSM 적용

4.1 입력값의 다양화

본래 네트워크상의 작업간의 관계는 선행 작업의 종료

후 후행작업의 시작을 전제하고 있다. 그러나 실제 건설사업 공정에서는 많은 경우 선행 작업의 종료 이전에 후행작업을 시작하게 된다. 예를 들어 대지정리가 어느 정도 진행되면 그것이 완료되지 않아도 기초공사를 시작하여 대지정리와 병행하게 된다. 이때 두 작업 간에 중복관계(overlapping relation)가 있다고 한다(신동우, 1990).

또한 건설공사는 여러 공사참여자와 다양한 공종의 작업이 상호 연관되어 수행된다. 따라서 실제 공사를 수행할 때 네트워크 내에서 많은 작업들이 중복관계를 갖게 된다. 예를 들어 단위시간에 비해 투입 공종과 인원이 많은 마감공사에서는 각 공종별로 개별적인 작업이 상호 연관성을 가지고 수행되게 되므로 다양한 작업들의 중복관계가 발생한다(안성훈 외, 2006).

기존 공정관리도구의 기능과 더불어 이러한 건설사업 공정의 특성을 반영하기 위해서 NDSM의 입력값들을 다양하게 해야 한다. 고려할 수 있는 입력값들을 다음과 같다.

- (1) 작업시간
- (2) 공정의 중요도
- (3) 작업간의 의존도
- (4) 작업 간에 교환되는 정보의 양
- (5) 작업 간에 교환되는 정보의 가변성
- (6) 중복되는 기간
- (7) 중복이 미치는 정도
- (8) 재작업이 일어나는 정도
- (9) 재작업이 미치는 정도

그림6은 작업기간과 중복관계인 기간, 중복이 미치는 정도 등의 입력값들이 실제 DSM에서 어떻게 적용되는지를 보여준다. 작업시간 d_1 을 갖는 작업A와 작업시간 d_2 를 갖는 작업B가 $0.2d_2$ 만큼 중복되면서 후행작업인 작업B의 전체 작업기간이 $0.1d_2$ 만큼 늘어나게 되는 예이다.

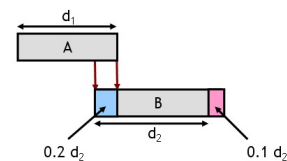
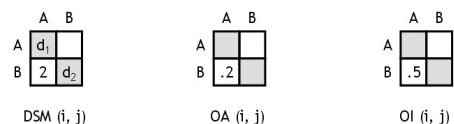


그림6. 입력값의 적용

4.2 DSM의 계층화(Multi-hierarchy DSM)

건설공사는 크게 여러 개의 공사로 나누어지고, 다시 하나의 공사는 여러 개의 공정으로, 하나의 공정은 여러 개의 하위 공정과 하위 작업들로 나누어진다. 따라서 모든 작업들 간의 관계를 하나의 DSM에 표현하게 되면 행렬 자체가 너무 복잡해지게 된다. 그림7과 같이 DSM을 계층화하게 되면 작업분류체계(WBS)에서와 같이 전체공사와 이를 구성하는 하위 작업들 간의 종속관계를 표현할 수 있다.

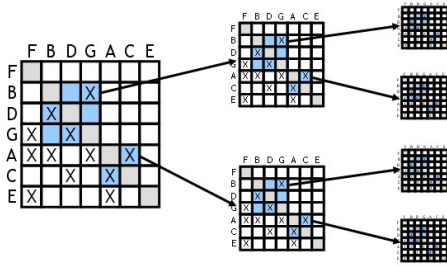


그림7. DSM의 계층화

5. 결론

본 연구에서는 기존의 공정관리도구들의 단점을 개선하고 공정관리기술의 한계를 극복하기 위하여 DSM을 건설사업에 적용하는 방안을 제시하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 기존의 공정관리도구들의 개념과 장·단점을 파악하여, 시각적인 명료성 및 이해도에 중점을 두게 되면 작업간의 선·후행관계에 대한 이해가 어려워지고, 작업간의 선·후행관계 및 일정계산에 중점을 두게 되면 작업의 개수가 많아지거나 작업간의 관계가 복잡해질수록 네트워크의 관독이 어려워지고 공사기간 추정이 신뢰성을 잃게 된다는 문제점을 도출하였다.
- (2) 이러한 문제점에 대한 대안으로 DSM을 소개하면서 DSM의 개념과 분석알고리즘을 통한 DSM의 이해를 토대로 NDSM이라는 진보된 형태의 DSM기법을 제시하였다.
- (3) 건설사업의 특성을 반영하기 위하여 다양한 입력값의 고려와 DSM의 계층화라는 방안을 제시하였다.

DSM은 1990년대에 주목받게 된 새로운 이론으로 국내에 소개가 아직 미비하여 이론에 대한 이해와 전문적인 연구가 부족한 현실이다. DSM은 크기와 복잡성 및 시각적인 이해의 제한에 구애받지 않고 네트워크를 표현할 수 있기 때문에 공정관리에서의 활용에 가치가 있으리라 기대된다.

향후 실제 건설공사에서의 여러 작업들의 관계를 다양한 입력값들로 DSM에 적용해보고, 분석 알고리즘을 통해서 그 결과가 얼마나 해당 공사의 특성을 잘 반영하고 나타내

는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 능률적인 활용을 위해 작업들의 데이터만으로 DSM 알고리즘을 자동적으로 실행하는 컴퓨터 프로그램의 지원 역시 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. David A. Gebala and Steven D. Eppinger, "Methods for Analyzing Design Procedures", ASME, Vol. 31, 1991, pp. 227-233
2. Nadar Sabbaghian and Steven Eppinger, "Product Development Process Capture and Display Using Web-Based Technologies", IEEE, 1998
3. Soo-Haeng Cho and Steven D. Eppinger, "Product Development Process Modeling Using Advanced Simulation", ASME, 2001
4. Tyson R. Browning, "Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions", IEEE, Vol. 48, 2001, pp. 292-306
5. 김경환, 김수유, 김재준, "CPM Bar Chart 기법을 활용한 일정계획", 한국건설관리학회논문집, 제5권 제5호, 2004, pp. 135-142
6. 김경환, "논리트리 파악을 위한 휴리스틱 기법", 대한건축학회논문집 구조계, 제23권 제2호, 2007, pp. 119-126
7. 김대영, "효율적 설계프로세스 관리를 위한 린 기반의 개념적 모델 제시", 대한건축학회논문집 구조계, 제23권 제4호, 2007, pp. 121-128
8. 박영민, 김수용, 김기영, "CCPM을 이용한 건설사업 일정관리에 관한 연구", 한국건설관리학회논문집, 제5권 제5호, 2004, pp. 84-92
9. 신동우, "건설공정계획에 있어서 종속네트워크 개념의 적용", 대한건축학회지, 34권 3호, 1990, pp. 28-32
10. 안성훈, 김준호, 강경인, "공동주택 공사의 작업간 간섭 감소 방안에 관한 연구", 한국건축시공학회논문집, 제5권 제1호, 2006, pp. 117-122
11. 이규진, "작업공간과 자원의 여유시간 최소화를 통한 반복작업 공정계획기법", 한국건설관리학회논문집, 제1권 제3호, 2000, pp. 75-80

Abstract

Construction project has been more complex and bigger as various demands of the times. But current schedule management method in construction project uses only PERT or CPM made in 1950s without innovation. Also current schedule management focuses on not information flow between activities and variability of information exchanged but result. This paper suggest using the DSM(Dependency Structure Matrix) in schedule management of construction project to overcome limitations of current scheduling tools. DSM has been introduced as a new theory in construction industry in 1990s at the United States, but its application is still insufficient in domestic field due to the absence of systematic study.

Keywords : DSM, CPM, PERT, Schedule Management