

CCPM을 이용한 건설사업 일정관리에 관한 연구

A Study on Schedule Management in Construction Projects by CCPM

박 영 민* · 김 수 용** · 김 기 영***

Park, Young-Min · Kim, Soo-Yong · Kim, Ki-Young

요 약

건설 공사의 여러 관리 요소 중 일정관리는 매우 중요하다. 하지만 현재의 건설 프로젝트 일정관리 수준은 1950년대에 만들어진 PERT나 CPM을 반세기가 지난 지금까지 그대로 사용하고 있을 정도로 후진성을 면치 못하고 있다. 이런 PERT/CPM의 사용은 소요공기추정의 불확실성과 그 활동에 할당된 자원의 경합과 같은 여러 가지 문제들을 야기하고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 일정관리 기법인 PERT/CPM의 단점을 보완하고 국내 건설공사의 일정관리 효율성을 증대시키기 위하여, 1997년에 개발된 새로운 일정관리 이론인 CCPM(Critical Chain Project Management)에 대한 소개와 함께, 가상의 교량건설 프로젝트를 대상으로 한 모의시험을 통하여 CCPM의 국내건설사업에의 적용 가능성을 검증 하였다.

키워드 : CCPM, PERT/CPM, Critical Chain, Time Management

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

프로젝트 관리에 있어 일정의 관리는 매우 중요하다. 대부분의 경우 일정의 연장은 비용의 증가로 이어지며 비용의 증가는 품질을 저하시킬 수 있는 직·간접적인 요인이 된다. 따라서 각 현장에서는 일정 준수를 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며, 이것은 프로젝트 형태의 건설사업관리에 있어서 가장 중추적인 역할이 된다.

하지만 건설프로젝트를 관리하기 위한 일정관리기술 수준은 1950년대에 만들어진 PERT(Program Evaluation and Review Technique) 나 CPM(Critical Path Method)을 반세기가 지난 지금까지 별다른 개선 없이 그대로 이용하고 있으며, 그나마도 여러 제도적, 관행적 여건으로 인해 제대로 활용하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 일정관리 기술의 한계는 프로젝트를 진행하는데 있어서 소요공기추정의 불확실성과 그 활동에 할당된 자원의 경합(Conflict) 등과 같은 중요한 문제들을 야기시키고 있으며, 이는 프로젝트의 일정관리에 대한 단순한 신뢰도

하락뿐만 아니라 주기적인 일정의 변경(Revision)에 따르는 시간적·경제적 손실을 야기하여 건설산업 전반의 생산성에도 악영향을 미치는 결과를 낳고 있다.

이에 본 연구에서는 일정관리기술로 널리 사용되고 있는 PERT/CPM의 단점을 개선하고, 일정관리 기술의 한계를 극복하기 위하여, 제약조건이론(TOC)과 전사적 품질관리(TQM)이론을 PMBOK에서 제시한 프로젝트 방식에 통합함으로써 기존 프로젝트 일정관리의 많은 문제점을 보완한 CCPM이라는 새로운 일정관리이론을 도입, 건설프로젝트 일정관리에 대한 적용성을 고찰해보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 기존의 PERT/CPM으로 진행된 지금까지의 프로젝트 일정관리의 문제점을 살펴본 후, CCPM에 대한 이해를 바탕으로 PERT/CPM과 CCPM을 비교하고 이를 통하여 CCPM의 건설산업에 대한 적용성을 검토하고자 한다.

CCPM은 1997년 발표된 새로운 이론으로 국내에 소개가 아직 미비하여 이론에 대한 이해와 전문적인 연구가 부족한 현실이다. 따라서 본 연구에서는 CCPM의 특성을 정확하게 이해하는데 비중을 두어 연구를 수행토록 하며, 또한 국내 건설사업에 CCPM 적용 가능성을 검토하기 위하여 가상의 교량 공사를 예제로 선정 CPM기법과 CCPM기법을 각각 이용하여 스케줄링

* 학생회원, 부경대학교 대학원 건설관리공학협동과정 석사과정

** 종신회원, 부경대학교 건설공학부 교수 공학박사

*** 일반회원, 한진중공업(주) 건축현장소장

한 후 이를 비교, 장·단점을 분석 그 적용성을 제시할 수 있도록 한다.

2. CCPM의 이론

2.1 제약이론 (TOC : Theory Of Constraints)

미국이 20세기 후반 새로운 경제 도약을 할 수 있도록 하는데 결정적인 계기가 된 경영이론인 TOC는 조직의 목표를 달성하는데 제약이 되는 요인을 찾아 집중적으로 개선함으로써, 단기간에 가시적인 경영개선의 성과가 나타나고, 장기적으로는 지속적인 경영개선을 추구하여 시스템의 전체 최적화를 달성하는 프로세스 중심의 '경영혁신기법'이라고 할 수 있다.

제약이론의 기본적인 전제는 "모든 영리·비영리조직은 저마다 고유의 설립목적 가지고 있고, 이러한 목적을 달성하기 위해서는 조직이 가지고 있는 모든 자원의 효율적 활용을 필요로 하며, 이런 모든 조직들은 기업의 설립목적 달성에 초점을 맞추어 짜여져야 한다는 것이다." 이때 조직의 목적을 달성하는데, 혹은 목표와 관련하여 더 나은 성과를 얻는데 제약이 되는 요인들을 제약요인이라 부르며 TOC는 이런 제약요인들을 제거하여 전체 시스템의 최적화를 이루는 것을 목표로 한다.

TOC에서 최적화를 이루기 위한 개선활동은 크게 다섯 단계로 이루어지며 이 다섯 단계를 지속적으로 반복함으로써 조직은 전체 최적화를 이룰 수 있다.

집중개선의 다섯 단계

- ① 전체 시스템의 제약요인을 찾아낸다.
- ② 제약자원을 가장 효율적으로 이용할 방법을 찾는다.
- ③ 그 밖의 모든 의사결정을 제약자원의 효율적 이용에 관한 제2단계 결정에 종속시킨다
- ④ 제약자원의 공급능력을 향상시킨다.
- ⑤ 다시 첫 단계로 돌아가 전 과정을 반복한다. 이때 관성이 제약요인이 되지 않도록 한다.

2.2 Critical Chain

TOC의 이론 중 프로젝트의 관리를 위하여 제안된 것이 CCPM 이론이다. CPM 기법의 애로경로가 일정만을 고려하고 있는데 반해서 CCPM의 Critical Chain은 시간의 종속성과 함께 자원의 제약을 함께 고려한다. 물론, 자원에 대한 제약은 기존 건설 현장에서도 임의적으로 고려하고 있는 것이지만 그것에 대한 고려가 순전히 감독자나 공무 담당자의 경험만을 바탕으로 하고 있음을 인정하지 않을 수 없다. 다시 말해 건설 공사의 일정관리가 프로젝트 전체에 미치는 영향을 감안할 때, 한 개

인이나 팀의 잘못된 판단으로 인하여 프로젝트에 엄청난 손해를 야기할 수도 있다는 것이다.

이런 점에서 애로사슬(Critical Chain)은 분명 애로경로(Critical Path)와 큰 차이를 보인다. 애로사슬과 애로경로의 차이는 CCPM이 가지고 있는 이점을 잘 보여주고 있으며 이것은 반대로 CPM으로 지금까지 진행되어온 프로젝트가 왜 실패했는지에 대한 해답이 될 수 있을 것이다.

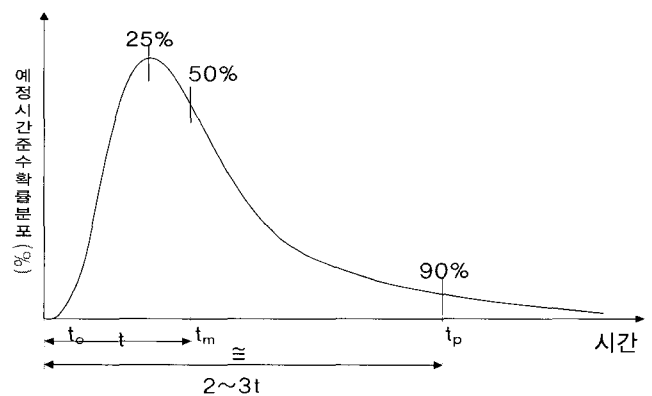
애로사슬과 애로경로와의 차이점은 크게 아래의 세 가지로 요약할 수 있다.

1) 버퍼의 설정

PERT/CPM과 달리 CCPM에서는 버퍼(Buffer)를 이용한다. 애로사슬은 버퍼를 통하여 불확실 상황에 대비 할 수 있는 여유를 제공한다.

기존의 PERT/CPM에서는 우발적 요소에 대비할 수 있는 여유에 대한 고려가 단순히 각 액티비티 안에 포함된 형태의 안전여유를 사용하고 있다.

<그림 1>과 같이 일반적인 경우의 작업예상시간 준수확률 분포인 β 분포는 오른쪽이 완만한 경사를 가지고 있으며 그로 인해, 작업예상시간 준수확률을 90%로 보는 것과 50%로 보는 것의 차이는 2~3배정도의 시간차이가 나게 된다. 이것은 각 액티비티 별로는 큰 시간이 아니지만 각 액티비티의 모든 안전여유를 한곳으로 모으면 엄청난 시간이 된다.



<그림 1> 작업예상시간 준수확률 분포

이런 각각의 안전 여유는 실제 작업에서 사용되어 질 수도 있고, 사용되지 않은 채로 그냥 허비될 수도 있는 것이다. 사용되지 못한 안전 여유는 후속공정으로 전파되지 않으며 따라서 이런 시간들은 전혀 불필요한 시간일 뿐만 아니라, 오히려 작업의 능률을 저하시키는 요인이 되기도 한다.

반면에 애로사슬에서는 각 공정의 작업예상시간 준수확률을 50%정도로 줄이고, 나머지의 안전 여유시간은 각각의 액티비티

가 아닌 전체 프로젝트에 대한 안전 여유시간 즉 프로젝트 버퍼(Project Buffer)를 설치하여 한 곳에서 관리한다. 즉, 각각의 액티비티에 여유를 설정함으로써 발생하는 불필요한 안전여유시간을 배제하고, 전체 프로젝트에 대한 여유시간을 뒀으로써 전체 프로젝트에 대한 신뢰성 확보는 물론 프로젝트 전체 소요공기를 줄일 수 있는 효과를 가지게 된다. 자세한 버퍼의 설정 과정은 다음절에서 소개하도록 한다.

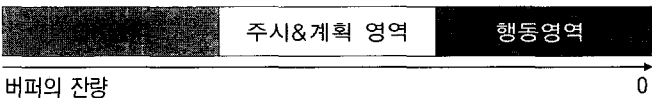
2) 버퍼의 관리

애로사슬은 프로젝트 관리자에게 전체 프로젝트에 대한 통제 가능한 통제점을 제공해 준다. 기존의 애로경로에서는 없었던 이러한 통제점은 전체 프로젝트를 각 액티비티 별로 관리하는 것이 아니라, 프로젝트 전체의 흐름을 파악할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

건설 공사는 각 액티비티간의 선·후 관계가 명확하여 선행 작업의 진행 상황에 따라 후속공정의 변화가 심하며 또한 이런 선후 관계에 의해 전체 프로젝트의 공정이 결정된다. 이런 복잡한 프로젝트에 대한 관리가 가능하게 되는 것은 기존 애로경로 상에는 없었던 버퍼가 애로사슬상에서 존재하기 때문이다. 또한, 프로젝트 버퍼나 애로사슬을 보호하기 위한 공급버퍼(Feeding Buffer)는 프로젝트를 관리 하는데 있어 꼭 필요한 통제점을 제공함으로써 공정관리의 신뢰성을 향상시켜 줄 수 있을 것이다. 이것들의 생성 과정은 다음 절에서 자세하게 설명 될 것이다

프로젝트의 전체 작업의 진행상태는 프로젝트 버퍼와 공급버퍼의 소모량을 기준으로 파악 되게 되며 이것의 소모여부를 확인함으로써 전체 프로젝트에 대한 관리와 Murphy¹⁾에 대한 사전 예방이 가능하게 되는 것이다.

<그림 2>는 버퍼 관리의 방법을 보여주고 있다. 버퍼의 잔량이 OK 영역인 경우 프로젝트의 진행이 원활함을 뜻하고, 버퍼의 잔량이 점차 줄어들어 행동영역을 침범하게 되면 프로젝트의 진행을 촉진시키기 위한 일련의 조치를 취하면 된다.



<그림 2> 정적 버퍼 관리

3) 자원경합의 해결

애로사슬은 시간의 종속성 뿐 아니라 자원의 제약까지 고려하

1) 머피란 미국의 항공학자인 머피가 1949년 개발한 법칙으로 "잘못될 소지가 있는 것은 반드시 잘못되어 간다"는 의미이다. 본 연구에서는 예상치 못한 사건의 발생으로 프로젝트에 악영향을 미치게 되는 상황 등과 같은 의미로 해석할 수 있다.

고 있으므로 자원의 경쟁으로 발생하는 일정 지연이나, 자원의 추가 투입 등의 문제점을 예방하여 자원의 경합으로 인해 발생하는 멀티태스킹(Multi Tasking)의 문제점을 해결할 수 있다.

이는 프로젝트를 평가하는데 있어 가장 중요한 요소인 일정과 비용을 함께 고려하여 일정 계획을 수립하게 함으로써, 작업자, 관리자, 프로젝트의 발주자 모두 충분히 프로젝트 진행에 대한 신뢰를 가질 수 있도록 도와줄 것이다.

마지막으로, 애로사슬은 이상에서 언급한 세 가지의 특징 외에도, 자원의 여유를 고려한 자원버퍼(Resource Buffer)와 일정 진도율을 고려한 공급버퍼(Feeding Buffer)를 가지고 있으며, 이론 전반에 작업자와 관리자의 심리적인 측면까지도 고려하는 등 애로경로에서는 고려하지 않은 여러 가지 장점을 가지고 있다.

2.3 애로사슬의 생성과정

1) 프로젝트 버퍼의 설정

애로사슬은 애로경로를 바탕으로 하여 생성하게 된다. 프로젝트 일정관리의 목표는 프로젝트를 정해진 시간 안에 완성하여 인도 할 수 있느냐 하는 것이다. 이런 관점에서 볼 때 프로젝트는 각 단계별로 관리가 되어야 하는 것이 아니라, 전체 프로젝트의 관점에서 운영되어야 한다.

이를 위해서 애로사슬은 프로젝트의 각 액티비티별로 설정되어 있는 안전 여유를 한곳으로 모아 관리 할 수 있는 프로젝트 버퍼를 설정하게 된다. 본 연구에서는 <그림 3>에서 보듯이 각 액티비티별 안전여유를 50%로 보고 설명할 것이다. 적정 수준의 안전여유의 크기에 대한 논의는 추후에 다시 하기로 하며 본 연구의 50%는 타 산업에서 가장 널리 수용되는 안전여유의 크기이다.

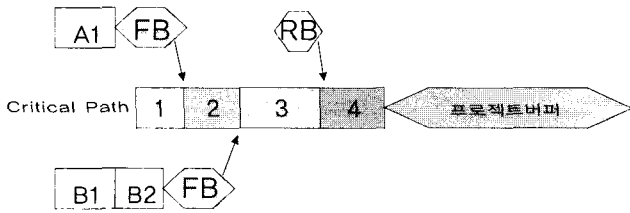


<그림 3> 프로젝트 버퍼의 설정

2) 공급버퍼와 자원버퍼의 설정

프로젝트 버퍼를 설치하고 나면 <그림 4>처럼 애로사슬을 보호하기 위한 공급버퍼와 각 단계별 작업의 진행에 차질이 없도록 하기 위한 자원버퍼를 설정해 주어야 한다. 공급버퍼는 애로사슬을 보호하기 위하여 애로사슬상의 작업과 Non Critical Chain 작업의 합류 지점에 삽입해 준다. 통상적으로 Feeding Path 크기의 절반을 프로젝트 버퍼와 같은 방법으로 설정하면 된다. 자원 버퍼는 각 단계별로 필요로 한 자원이 항상 대기하고

있는 상태가 아니므로 이것을 극복하기 위하여 설정하는데, 각각의 자원들은 전체 일정에 나쁜 영향을 미치지 않도록 항상 그 전에 준비되어 있어야 한다. 자원 버퍼는 애로 사슬의 전체 경로에 포함되지 않으므로 전체 일정에는 변화가 없지만 만일의 경우에 대비하기 위한 것이므로 사전에 관리자나 작업자는 그 중요성을 자원버퍼에 충분한 논의를 통하여 전체 일정에 차질이 없도록 철저히 준비해야 한다.

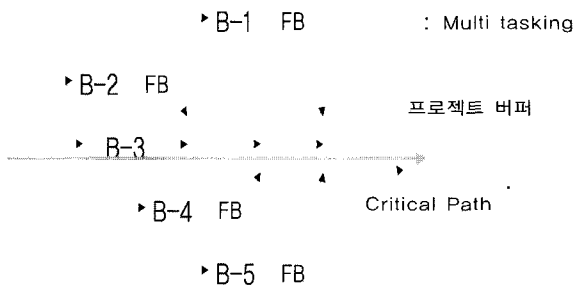


〈그림 4〉 공급버퍼의 설정

3) 애로사슬 발견

CPM을 사용하는데 있어서 가장 큰 문제는 멀티테스킹의 극복에 관한 문제이다. 앞서서도 설명한 것과 같이 CPM은 자원의 한정에 관한 문제에 대하여 고려하지 않은 이론이다. 이것을 현대에 와서 인위적으로 변형하여 사용하고 있는 것이다. 멀티테스킹이 일어나는 이상 프로젝트는 계획대로 진행되지 않을 것이며, 이것은 전체 프로젝트의 인도일이 늦추어지거나, 프로젝트의 비용을 초과하게 하거나, 전체 프로젝트의 품질을 저하시키게 될 것이다. 그러므로 애로사슬상에서 자원의 중복이 일어나는지를 점검하여 자원의 중복이 일어나는 작업을 찾아 해결해주는 것이 필요하다.

〈그림 6〉은 B자원을 사용하는 공정이 자원경합을 일으키고 있는 것을 보여주고 있다. 이것을 해결해 가는 과정을 통해서 애로사슬의 생성 과정을 설명하도록 하겠다.



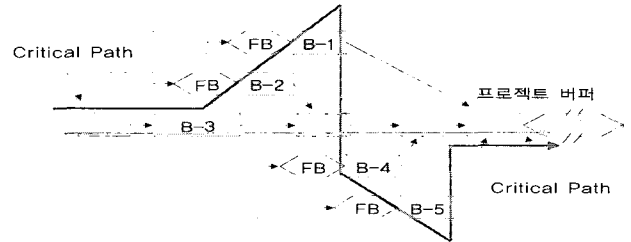
〈그림 5〉 애로사슬의 정의

4) 자원 중복의 해소

우선 〈그림 6〉에서 보는 것처럼 멀티테스킹이 일어나는 작업들에 대하여 새로운 업무 순서를 정의하여야 한다. B의 자원을 이용하는 5개의 작업이 서로 중복되지 않도록 업무순서를 정의

하는데 애로경로상의 B-3공정을 우선하여 해결해야 한다.

위의 그림에서 보는 것처럼 B자원을 중심으로 한 굵은 선으로 표시된 작업 순서가 애로사슬이 된다. 이것은 애로경로와는 전혀 다른 작업 순서를 가지게 되며 모든 작업들은 이제 애로경로 중심이 아닌 애로사슬을 중심으로 새롭게 스케줄링 되어야 한다.

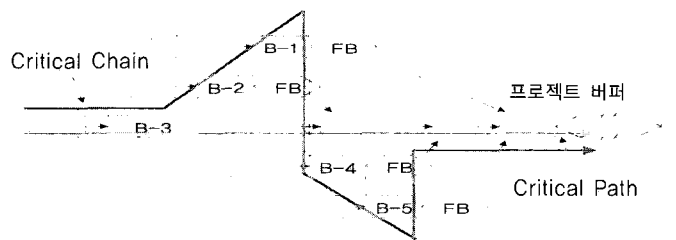


〈그림 6〉 공급버퍼의 위치 조정

5) 공급 버퍼의 위치 조정

기존의 CPM기법에서의 모든 일정이 애로경로를 중심으로 정의되어 있는 것처럼, CCPM 기법에서도 나머지 Non Critical Chain상의 작업들을 애로사슬에 종속시키는 작업을 하여야 한다.

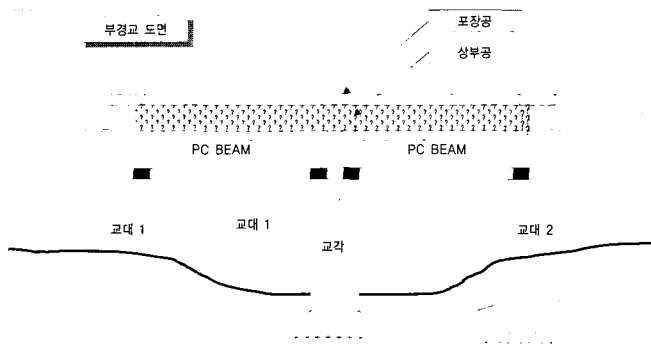
공급 버퍼는 애로사슬을 보호하기 위한 버퍼이다. 그러므로 〈그림 7〉과 같이 공급 버퍼의 위치를 Feeding Path 뒤, 애로사슬과 합류할 수 있도록 재조정하여야 한다. 그리고 표시는 되지 않지만 존재하고 있는 자원버퍼 역시 애로사슬에 합류시켜야 한다.



〈그림 7〉 자원 중복의 해소 과정

3. CCPM기법의 적용

본 장에서는 모의시험을 이용하여 CPM 기법과 CCPM 기법을 비교하여 CCPM의 건설사업 적용성에 대해 고찰해 보도록 한다. CCPM 기법을 건설사업에서 사용한 사례는 아직 국내에서는 없으며, 외국의 경우에도 극히 드물어 프로젝트 수행성과의 직접적인 비교에는 무리가 따른다. 따라서 예제를 통하여 두가지의 방법으로 스케줄링하여 그 결과를 비교 장단점을 분석해 본다.

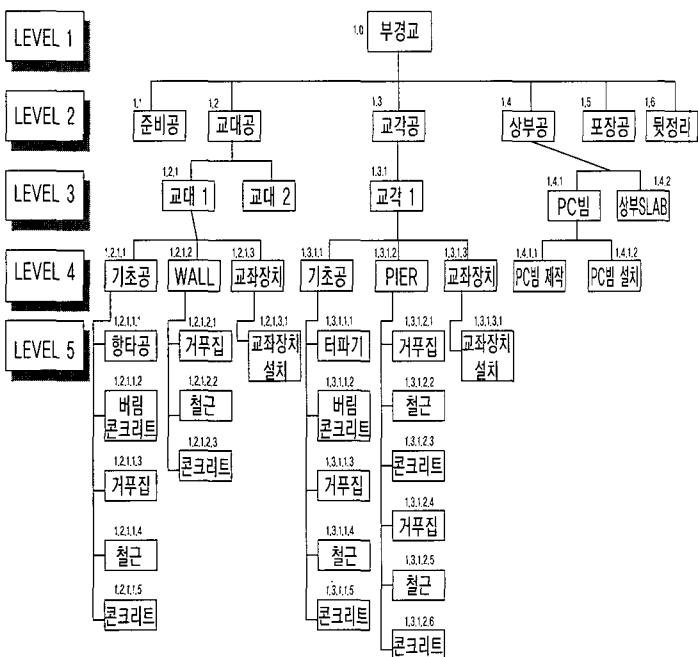


〈그림 9〉 예제의 단면도

3.1 모의시험의 개요

모의시험을 위한 프로젝트의 개요는 PC-BEAM으로 제작되는 교량(30m×2 span)으로 교각과 교대 모두 파일을 사용하여 시공되는 것으로 가정한다. 교량을 시공하는데 있어 장비나 날씨 등의 제약조건은 고려하지 않으며 다만 작업팀을 제약 조건으로 고려하여 스케줄링 하도록 한다. 작업팀은 기초팀, 토공팀, 기계팀, 기초콘크리트팀, 상부콘크리트팀의 5개 팀으로 스케줄링되며, 배정된 인원 외의 추가 인원에 대한 고려는 없는 것으로 가정한다. 또한, 작업일정의 제약에 대한 고려 및 휴일에 대한 고려 없이 일정을 산정하고 단, 2002년 12월 31일 까지 완공

1단계 부경교 WBS



〈그림 9〉 WBS의 구성

되도록 하는 후행계산(Backward Pass)을 실시하도록 한다. 스케줄링은 우선 CPM을 사용한 PDM 기법으로 네트워크를 작성하여 애로경로를 찾은 후, CCPM으로 변환하도록 한다. 이미 시중에 CCPM을 적용할 수 있는 공정관리 S/W가 나와 있으나 CCPM의 원리를 설명하기에는 사용에 대한 제약 조건이 많고 복잡하여 본 연구의 목적과는 맞지 않아 가장 대중적인 일정관리 S/W인 Ms Project 2002를 사용하여 스케줄링 하도록 한다.

3.2 WBS의 구성

프로젝트를 스케줄링하기 위하여 우선 WBS(Work Breakdown Structure)를 구성하여야 한다. WBS란 프로젝트의 작업분할체계를 지칭하는 것으로 공간, 부위, 설비나 계통, 지역 등을 상부에서 하부로 세분화 시켜 분류하는 수단이나 체계를 말하는데 보통 피라미드 형태(Family Tree)의 구조로 표현된다. WBS의 업무정의 순서는 보통 탑다운(Top-Down) 방식으로 작성하도록 하며, 실제 프로젝트에서는 그 필요에 따라서 7단계까지도 구성하지만 본 예제에서는 총 5단계로 WBS를 구성한다.

이와 같이 구성된 WBS를 바탕으로 하여 작업을 세분화 한 후 공기를 산정하여 MS Project 2002에 입력한다. 본 모의시험은 CCPM을 이용한 스케줄링을 설명하기 위한 것임으로 비용이나 물량산출 등의 과정은 생략토록하며 MS Project상의 업데이트는 CCPM의 변환과정을 설명하기 위하여 필요한 기간과 각 작업에 필요한 작업팀만을 표시토록 한다.

3.3 CPM 스케줄링

MS Project는 기본적으로 CPM기법을 적용하도록 만들어졌기 때문에 CPM기법을 적용하기 위한 별도의 작업을 수행할 필요는 없다. MS Project를 실행한 후 작업 시트에 작업명, 작업기간, 작업팀을 기입해주면, MS Project 상에 간트 차트(Gantt Chart)와 함께 작업들이 표시되고 선행 작업을 지정해 줌으로써 간트차트상에 작업의 선후 관계가 표시되게 된다.

하지만 이것은 단지 작업간의 순서만을 나타낼 뿐이며 자원의 제약능력은 고려되지 않은 상태이다. 자원에 대한 기입이 끝나고 나면 MS Project의 자원평준화기능을 이용하여 작업 선후관계에 맞추어 평준화 해준다. 자원의 평준화가 끝나고 나면 작업은 선후 관계에 맞추어 정리가 되고 애로경로를 찾게 된다. 이런 일련의 과정을 거치고 나면 지금 현재 프로젝트 현장에서 사용하고 있는 스케줄링 공정표가 완성된다. 물론 작업에 대한 정확한 제약조건과 현장조건을 감안하여 수정, 보완되어야 하겠지만, 본 예제에서는 작업 팀 이외의 다른 조건들을 고려하지 않으므로 전체 공기가 324일인 공정표를 얻었다.

작업 이름	기간	제한 종류	연관 작업	자원 이름
1 PC-BEAM 교량	324 일	가능한 한 빨리		토공팀
2 시공측량	4 일	가능한 한 빨리		토공팀
3 교대1	106 일	가능한 한 빨리		토공팀
4 연약지반굴착	8 일	가능한 한 빨리	2	토공팀
5 기초파일	10 일	가능한 한 빨리	4	기초팀
6 보강 및 두부재거	8 일	가능한 한 빨리	5	토공팀
7 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	5 일	가능한 한 빨리	6	기초콘크리트팀
8 기초부 시공	12 일	가능한 한 빨리	7	기초콘크리트팀
9 양생	8 일	가능한 한 빨리	8	
10 가동부 시공	18 일	가능한 한 빨리	9	기초콘크리트팀
11 양생	8 일	가능한 한 빨리	10	
12 코팅	19 일	가능한 한 빨리	11	기초콘크리트팀
13 양생	10 일	가능한 한 빨리	12	
14 교각	163 일	가능한 한 빨리		토공팀
15 연약지반굴착	8 일	가능한 한 빨리	15	토공팀
16 기초파일	10 일	가능한 한 빨리	16	기초팀
17 보강 및 두부재거	8 일	가능한 한 빨리	17	토공팀
18 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	5 일	가능한 한 빨리	18	기초콘크리트팀
19 기초부 시공	12 일	가능한 한 빨리	19	기초콘크리트팀
20 양생	8 일	가능한 한 빨리	20	기초콘크리트팀
21 가동부 시공	18 일	가능한 한 빨리	21	기초콘크리트팀
22 양생	8 일	가능한 한 빨리	22	기초콘크리트팀
23 코팅	19 일	가능한 한 빨리	23	기초콘크리트팀
24 양생	10 일	가능한 한 빨리	24	
25 교대2	215 일	가능한 한 빨리		토공팀
26 연약지반굴착	8 일	가능한 한 빨리	26	토공팀
27 기초파일	10 일	가능한 한 빨리	27	기초팀
28 보강 및 두부재거	8 일	가능한 한 빨리	28	토공팀
29 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	5 일	가능한 한 빨리	29	기초콘크리트팀
30 기초부 시공	12 일	가능한 한 빨리	30	기초콘크리트팀
31 양생	8 일	가능한 한 빨리	31	기초콘크리트팀
32 가동부 시공	18 일	가능한 한 빨리	32	기초콘크리트팀
33 양생	8 일	가능한 한 빨리	33	기초콘크리트팀
34 코팅	19 일	가능한 한 빨리	34	기초콘크리트팀
35 양생	10 일	가능한 한 빨리	35	토공팀
36 양생음다짐	15 일	가능한 한 빨리	36	토공팀
37 상부교	69 일	가능한 한 빨리		기계팀
38 shoe 설치	10 일	가능한 한 빨리	38	기계팀
39 beam가치	3 일	가능한 한 빨리	39	기계팀
40 가로보 및 슬래브	26 일	가능한 한 빨리	40	상부콘크리트팀
41 양생	8 일	가능한 한 빨리	41	상부콘크리트팀
42 ASP 포장	7 일	가능한 한 빨리	42	포장팀
43 가이드레일 설치	14 일	가능한 한 빨리	43	기계팀
44 뒷장벽	7 일	가능한 한 빨리	43	토공팀
45 기타공	83 일	가능한 한 빨리		상부콘크리트팀
46 담벼락	80 일	가능한 한 빨리	39FF	상부콘크리트팀
47 경주계단설치	20 일	가능한 한 빨리	46	기계팀

〈그림 10〉 CPM 방식의 공정표

3.4 애로사슬로의 전환

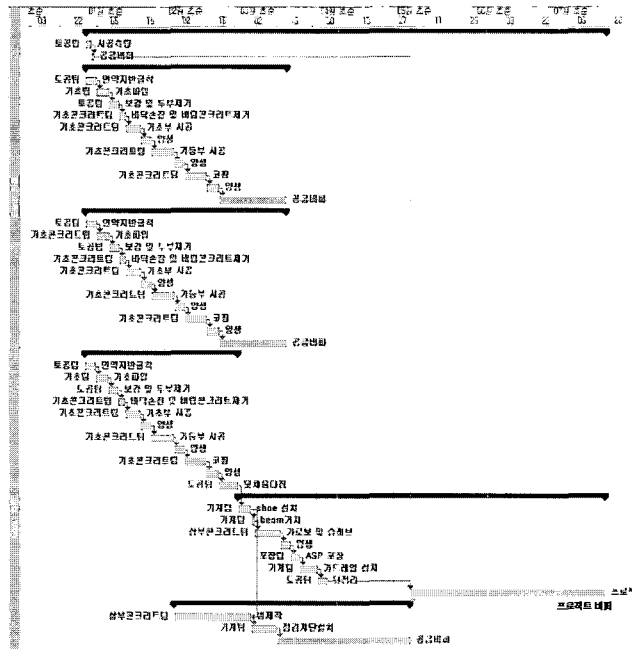
애로사슬로 변환하는 과정은 우선 각 작업에 적용된 기간을 반으로 줄이고 공급 버퍼와 프로젝트 버퍼를 설정해 주는 것으로부터 시작한다. 본 예제에서 작업을 반으로 줄이는 것은, 단순히 애로사슬로 변환하는 과정을 보여주기 위한 가정일 뿐이며, 정량적 개념으로 50%를 줄이는 것이 현실적으로 적용 가능하다는 것은 아니다. 적절한 크기의 여유는 프로젝트의 특성이나 작업조건, 작업환경 등 많은 조건들이 고려되어야 할 것이며 여기에 대한 연구는 앞으로도 계속 진행되어야 할 것으로 보인다.

작업의 기간을 반으로 줄인 다음에는 앞의 3.3절에서 만들어진 공정표상의 애로경로인 교대2 작업과 상부공 작업에 프로젝트 버퍼를 설치하고, 나머지 작업에는 공급버퍼를 설치해 준다. 공급버퍼와 프로젝트 버퍼의 크기는 각 구간 작업별 전체 기간의 반으로 한다.

작업 이름	기간	작업 이름	기간
1 PC-BEAM 교량	324 일	1 PC-BEAM 교량	202.5 일
2 시공측량	4 일	2 시공측량	2 일
3 교대1	106 일	3 공급버퍼	1 일
4 연약지반굴착	8 일	4 교대1	78 일
5 기초파일	10 일	5 연약지반굴착	4 일
6 보강 및 두부재거	8 일	6 기초파일	5 일
7 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	5 일	7 보강 및 두부재거	4 일
8 기초부 시공	12 일	8 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	2.5 일
9 양생	8 일	9 기초부 시공	6 일
10 가동부 시공	18 일	10 양생	4 일
11 양생	8 일	11 가동부 시공	9 일
12 코팅	19 일	12 양생	4 일
13 양생	10 일	13 코팅	8.5 일
14 교각	163 일	14 양생	5 일
15 연약지반굴착	8 일	15 공급버퍼	26 일
16 기초파일	10 일	16 교각	78 일
17 보강 및 두부재거	8 일	17 연약지반굴착	4 일
18 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	5 일	18 기초파일	5 일
19 기초부 시공	12 일	19 보강 및 두부재거	4 일
20 양생	8 일	20 배덕순찰 및 배덕콘크리트재거	2.5 일
21 가동부 시공	18 일	21 기초부 시공	6 일
22 양생	8 일	22 양생	4 일
23 코팅	19 일	23 가동부 시공	9 일

〈그림 11〉 각 액티비티의 크기 조정

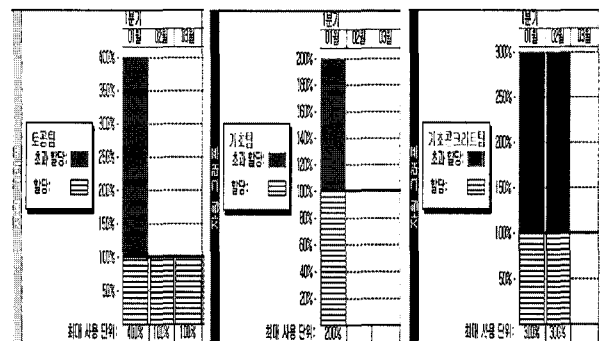
이상과 같은 과정을 거친 결과 본 예제에서는 공급버퍼 3개와 프로젝트 버퍼 1개가 생성되었다.



〈그림 12〉 공급버퍼 및 프로젝트 버퍼의 삽입

다음은, 〈그림 13〉과 같이 생성된 스케줄링 간트차트를 바탕으로 자원의 경합을 해소해야 한다. 자원의 경합은 MS Project의 자원 그래프 기능을 이용, 자원경합이 일어나고 있는 곳을 찾은 후 자원 평준화 기능을 이용한다.

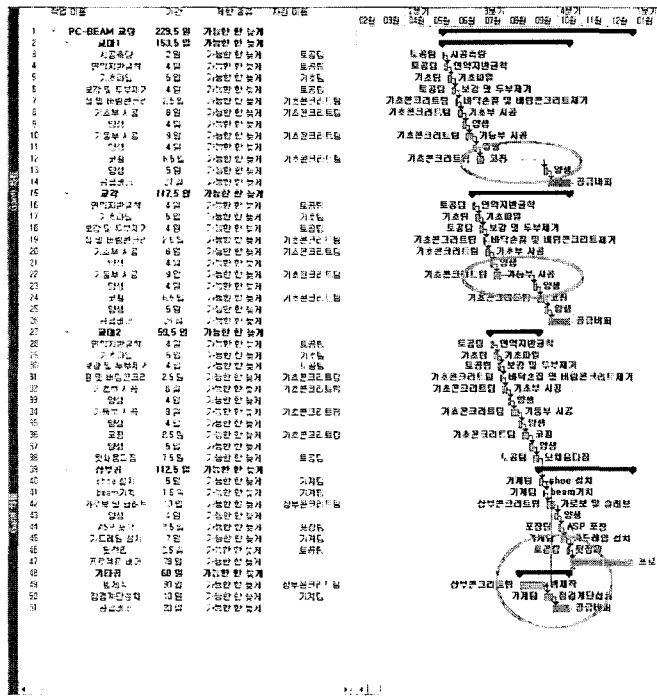
평준화를 실시하기 전에는 작업의 시작조건을 EST(최초개시시간)대신 LST(최지개시시간)로 바꾸어 주어야 하는데 이 기능은 MS Project의 제한종류기능을 이용한다. 제한 종류를 가능한 늦게로 변형한 후에 자원 평준화 기능을 이용하여 평준화를 시행하면 된다.



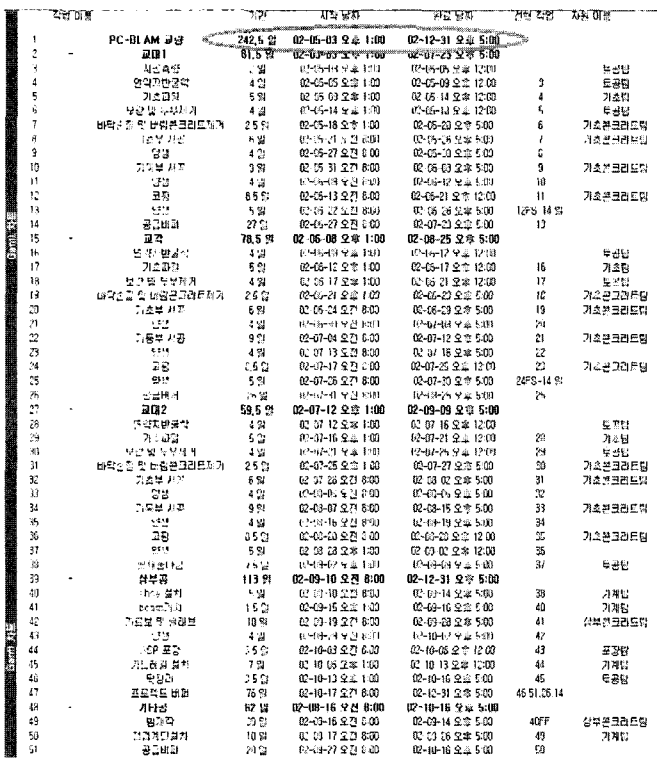
〈그림 13〉 자원 그래프의 이용

다음으로 〈그림 14〉에 표시된 것처럼 이상의 과정을 거쳐 변형된 공정표 상에는 제약조건에 의한 자원 경합은 해소되지만, 작업의 선후 관계가 불분명하게 되는 작업들이 발생하게 되며, 최

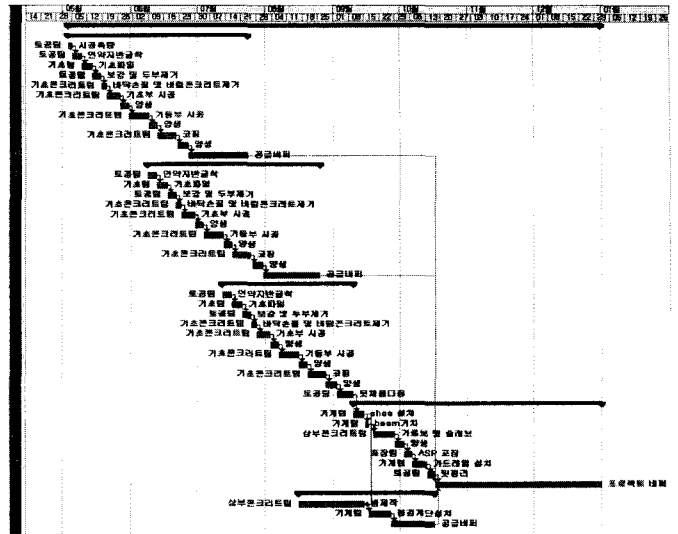
종적으로 이와 같은 작업은 자원의 중복이 생기지 않도록 주의 하면서 하나하나 수정·정리 하여야한다. 이런 일련의 과정들을 거치고 나면 <그림 15>, <그림 16>과 같은 CCPM 공정표가 완성 되게 된다.



<그림 14> MS Project로 자동평준화 된 애로시슬 공정표



<그림 15> 애로시슬 완성 공정표



<그림 16> 애로시슬방범의 완성 Gantt Chart

4. 결과 및 고찰

본 연구의 모의시험은 건설프로젝트의 일정관리 기술을 개선 하고자 먼저 PERT/CPM기법을 이용하여 스케줄링 한 후, 본 연구의 2장에서 제시한 CCPM 변환 프로세스에 맞추어 스케줄링 과정을 상세히 설명함으로써 저변이 부족한 CCPM이론에 대한 이해를 돕고, 결과를 비교하여 국내에서의 CCPM 적용성을 검증 하고자 하였다.

앞서 설명하였던 PERT/CPM과 CCPM의 차이점들은 <표 1> 과 같이 정리 할 수 있으며 다음과 같은 차이점들을 고려하여 비교해본 결과는 아래와 같다.

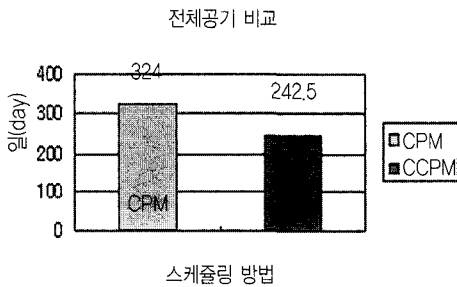
<표 1> PERT/CPM 과 CCPM의 비교

	PERT/CPM	CCPM
주공정	Critical Path	Critical Chain
시간의 종속성	고려	고려
자원의 종속성	이론적으로 고려되지 않음 (현장에서 경험적으로 고려)	고려
작업개시시간	EST 사용	LST 사용
불확실성의 대비	고려치 않음	고려
Control Point	세부공정 각각에 대한 세부적 진도관리	버퍼의 소모에 따른 개략적인 진도 관리 가능
신뢰성	적당한 기준점이 존재하지 않음	50년 이상 현장에서 사용됨 (일정 및 예산에 대한 준수율은 극히 떨어짐)

4.1 일정의 비교

본 연구에서는 비교적 간단한 가상의 교량 건설 프로젝트에 대한 모의시험을 통하여 CCPM과 CPM 스케줄링 기법을 비교 하였다.

그 결과 CPM 기법은 324일 CCPM 기법은 224.5일의 예상 공사기간을 각각 나타내었다. 이는 CCPM기법에 의한 스케줄링의 경우 CPM 기법과 비교하여 약 30% 정도의 공기를 단축 할 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 각 액티비티에 포함되어 있을 것으로 예상되는 안전여유(본 연구에서는 이를 일률적으로 50%로 산정)를 프로젝트 버퍼로 묶어 예상공기를 단축시킨 결과이다. 하지만, 본 연구의 결과가 현실에서도 같을 것으로 단정할 수는 없으며, 이는 각 액티비티에 포함되어 있는 안전여유시간의 크기를 어떻게 보느냐에 따라 달라질 것이다. 하지만 이상의 모의시험 결과를 통하여 작업의 선후관계를 단순히 액티비티의 여유시간만으로 결정할 경우 자원이 100% 활용 되지 못하여 다소 공기가 길어질 수 있다는 사실을 알 수 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 여유시간이 아닌 자원의 제약에 따라 액티비티의 선후관계를 결정하는 것이 작업의 일정을 단축할 수 있음을 알 수 있다.

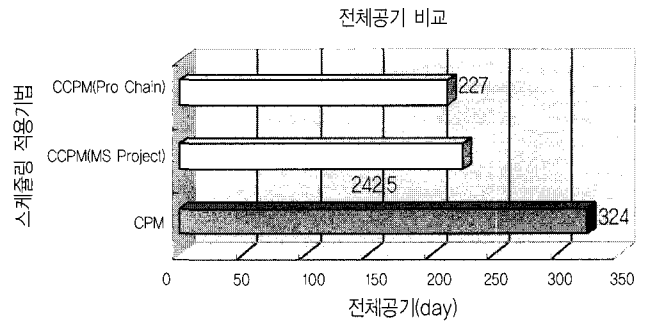


〈그림 17〉 CPM · CCPM 일정 결과 비교

한편으로, 본 연구의 CCPM 기법의 스케줄링의 경우 S/W상에 CCPM 이론이 반영되지 않아 모든 변경 단계를 직접 수작업으로 조정함으로써 시험결과에 주관적인 판단이 개입할 소지가 다분하여 결과의 신뢰성에 대한 문제가 제기 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Pro Chain을 이용하여 대상프로젝트에 대하여 스케줄링한 후 이를 비교하였다. Pro Chain은 CCPM을 적용하도록 만들어진 공정관리 S/W로 Ms Project에 Add-in 하도록 만들어진 프로그램이다.

Pro Chain으로 스케줄링 한 결과 전체 공기는 227일로 나타났으며 이 결과 역시 각 Activity의 안전 여유를 50%로 산정하고 나머지 조건은 모두 동일하게 적용하였다.

CCPM 이론을 똑같이 적용한 스케줄링의 결과가 상이하게 나타난 까닭은 MS Project를 이용한 경우 액티비티의 작업 순서를 결정하는 과정에서 주관적인 판단이 개입하였기 때문으로, 이는 Pro Chain으로 스케줄링 한 경우와 각 액티비티 간의 작업 순서가 다소 다르게 배치되었기 때문으로 이해할 수 있다.



〈그림 18〉 모의시험 결과의 검증

4.2 자원 경합의 비교

PERT/CPM과 CCPM 스케줄링 기법을 적용하는데 있어 가장 큰 차이점중의 하나는 프로젝트에서 발생하는 자원의 경합을 해결할 수 있는가이다.

PERT/CPM의 경우 모든 일정을 계획한 후에 평균화를 통하여 일정을 재조정하는 단계를 거치지만 CCPM의 경우 변환 과정 자체에 자원제약을 고려해서 일정을 계획한다. 이런 차이점 때문에 PERT/CPM과 CCPM은 각각 다른 제약경로를 가지게 되며, 따라서 작업의 순서가 다소 달라지는 현상이 발생한다.

본 예제를 통하여 살펴본 제약자원의 이용 결과는 다음과 같다.

- ① CPM 스케줄링의 경우 WBS의 Level 2 단계인 대공종 분류를 중심으로 각 분류의 선행 액티비티 자원인 토공팀을 중심으로 애로경로를 구성한다.
- ② CCPM 스케줄링의 경우 전체 프로젝트에서 자원의 부하량이 가장 많은 기초 콘크리트팀을 중심으로 애로사슬을 구성한다.
- ③ CPM 스케줄링을 이용하여 MS Project로 평균화를 실시한 경우 기초 콘크리트팀에서 자원의 경쟁이 일어남으로서, 같은 액티비티 안에서 작업이 분리되는 현상이 발견되었다. 이것은 전체 일정을 새롭게 업데이트 해야 될 뿐만 아니라 일정이 크게 증가되는 원인이 되었다.
- ④ 본 모의시험에서는 각 액티비티의 안전여유 시간을 50%로 보았고, Buffer의 크기는 작업구간별 기간의 50%로 설정하였다. 이와 같이 설정한 경우 전체 공기는 약 25% 단축되는 결과를 나타내었고, 이중 30%가량은 애로경로의 변화로 생긴 일정 단축이다.
- ⑤ CCPM을 이용하여 스케줄링 할 경우 기존 CPM 기법의 스케줄링 액티비티에 포함되어 있는 안전 여유는 각 작업 예상기간의 최소한 20%이상인 경우에만 CCPM 스케줄링 기법의 적용이 가능하다.

4.3 실험 결과의 이해

본 연구의 궁극적인 목표는 앞서 설명한바와 같이 최근 새롭게 개발된 일정관리 이론인 CCPM을 소개하고 국내 건설 프로젝트에 대한 적용성을 검토하는 것이다.

이를 위하여 본 연구에서는 실제 프로젝트가 아닌 단순히 자원만을 제약조건으로 한정된 모의실험을 실시하였으며, 그 결과 공기단축 등의 효과가 있음을 제시하였다. 하지만 현실의 경우에는 일정관리를 하는데 있어 보다 다양한 영향요인들에 의해 관리의 제약을 받게 되며, 따라서 본 연구에서 제시한 30%의 공기단축 효과가 현실에서도 똑같이 나타날 것이라고 해석하는 데에는 한계가 있을 것으로 판단된다. 다시 말해 본 연구에서 제시하고 있는 CCPM 적용의 효과는 어디까지나 모의실험을 통한 예측치일 뿐이며, 단순한 일정관리 기법의 변경만으로 실험의 결과와 똑같은 효과를 기대하는 것에는 무리가 있다.

5. 결론

본 연구를 통해 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, CCPM은 PERT/CPM 이론에서는 다루고 있지 않은 자원의 제약에 관한 문제까지도 고려함으로써 프로젝트의 스케줄링에 대한 신뢰성을 향상시킨다.

둘째, CCPM은 버퍼 관리를 이용하여 좀더 체계적이고 안정적인 프로젝트 운영을 가능하게 해주고, 이와 함께 TOC의 다른 이론들을 프로젝트 운영에 함께 적용하여 프로젝트 관리 능력을 향상시킬 수 있다.

셋째, 프로젝트를 진행함에 있어 가장 큰 문제가 되는 머피에 대하여 충분히 대비함으로써 그동안 머피에 대한 대책이 사후처리에 머물던 것과는 달리 사전예방차원의 관리가 가능하다.

CCPM은 TOC를 배경으로 하는 새로운 프로젝트 관리 기법이다. 제조공정을 중심으로 한 프로젝트 및 R&D사업에서의 CCPM 성공 사례는 이미 여러 차례 보고되고 있는 상태이다. CCPM이론에서는 PERT/CPM에서는 고려되지 않은 자원 종속의 문제, 머피에 대한 대비 등을 통하여 건설 프로젝트를 운영

하는데 있어 비용절감 및 품질개선 등과 많은 이점이 있을 것으로 판단된다.

따라서, CCPM을 건설 프로젝트에 적용하기 위해서는 첫째, 실제 현장에서의 적용 및 적용 결과에 대한 데이터화 둘째, CCPM 적용 생산성 측정에 관한 연구, 셋째, 적정 수준의 버퍼 크기와 액티비티의 안전여유 크기 산정 문제, 넷째 PMBOK과의 통합방안에 관한 연구 등 다양한 방면에서의 후속 연구들이 계속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 박영민, 김수용, "건설 프로젝트에서의 CCPM도입에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2002
2. 유혁상, 남용찬, (2001), "Microsoft Project 2000", 베스트북
3. 정남기, "TOC 골든 룰". 한·언, 2001
4. 정남기, "TOC를 어떻게 이해할 것인가", 대한산업공학회 추계학술발표대회, 2001
5. 최광식, "기업 회생을 위한 패스워드 TOC", 한·언, 2001
6. 최원준, "CCPM", 대한산업공학회 튜토리얼, 2002
7. 한국건설산업연구원, "건설관리 및 경영", 보성각, 2000
8. Elaine Marmel, "Microsoft Project 2000 Bible", Hungry Minds, 2001
9. John M. Nicholas, "Project Management for Business and Technology", Prentice Hall, 2000
10. Kathy Schwalbe, "Information Technology Project Management", Course, 2000
11. Kimio Inagaki, "TOC Critical chain 혁명", 1998
12. Lawrence P. Leach, "Critical Chain Project Management", Artech House, 2000
13. PMBOK, "A Guide to the Project Management Body of Knowledge", Project Management Institute, 2000

Abstract

Construction work varies with the project types. However, the success of all project types depends upon three conditions i.e. schedule, quality and cost. If these three conditions are fulfilled, then project said to be successful.

In this paper, scheduling of a construction Project has been dealt with the application of CCPM method. CCPM has been introduced as a new theory in construction industry in 1997 at the United States, but its application is still insufficient in domestic field due to the absence of systematic study.

A simulation has been conducted in a Bridge construction project to validate the possibility of CCPM in order to complement PERT/CPM in construction field. The result of study shows that the CCPM could be effective to reduce the project time duration than existing PERT/CPM technique.

Keywords : CCPM, PERT/CPM, Critical Chain, Time Management