

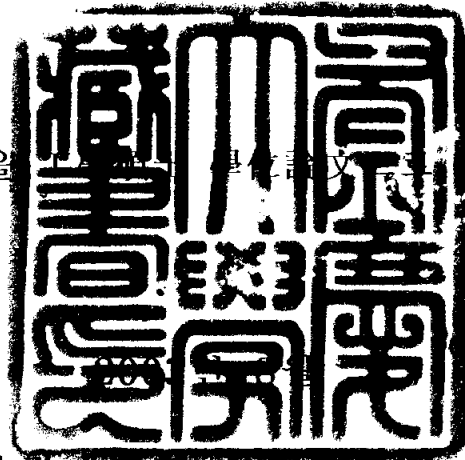
공학석사 학위논문

CCPM을 이용한 건설사업 일정관리에 관한 연구

A Study on Schedule Management
in Construction Projects by CCPM

지도교수 이 영 대

이 論文을 提出함



부경대학교 산업대학원

토 목 공 학 과

임 해 만

임해만의 공학석사 학위논문을 인준함

2003년 6월 21일

주 심 공 학 박 사 김 수 용



위 원 공 학 박 사 이 종 출



위 원 농공학 박사 이 영 대



목 차

표·그림 차례	iv
국 문 요 약	vi
I . 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적 및 방법	2
II . 공정관리상의 문제점	3
2.1 작업시간 산정	3
2.2 안전여유시간 산정	4
2.2.1 작업 예정시간 준수확률 분포	5
2.2.2 지연의 전파	5
2.2.3 학생 증후군	6
2.3 자원의 제약	7
2.4 설계의 변경	9
2.5 머피(Murphy)의 발생	9
III . CCPM 이론	10
3.1 TOC (Theory of Constraints)	10
3.1.1 TOC의 개요	10
3.1.2 TOC의 체계	12

3.2 Critical Chain	14
3.2.1 버퍼의 설정	14
3.2.2 버퍼의 관리	16
3.2.3 멀티테스킹 해결	18
3.3 Critical Chain의 생성과정	19
3.4 CCPM 기능 향상	25
3.4.1 비용 버퍼	25
3.4.2 최지개시시간(LST)의 사용	27
3.4.3 TP(Thinking Process)의 활용	29
IV. CCPM기법의 적용	31
4.1 모의시험의 개요	31
4.2 WBS의 구성	32
4.3 CPM 스케줄링	34
4.4 Critical Chain으로의 전환	36
V. 결과 및 고찰	41
5.1 일정의 비교	42
5.2 자원 제약의 비교	44
VI. 결 론	45

참 고 문 헌	47
Abstract	48

<표 차례>

표 1 TP(Thinking Process)의 비교	30
표 2 PERT/CPM 과 CCPM의 비교	41

<그림 차례>

그림 1 연구의 흐름도	2
그림 2 작업예상시간 준수확률 분포	3
그림 3 자연의 전파	5
그림 4 학생 증후군 현상	6
그림 5 자원 제약의 예제	8
그림 6 TOC 집중개선 다섯 단계	11
그림 7 TOC 체계	12
그림 8 프로젝트 버퍼의 설정	15
그림 9 정적 Buffer Management	17
그림 10 동적 Buffer Management	17
그림 11 프로젝트 버퍼의 설정	19
그림 12 공급버퍼 · 자원버퍼의 설정	20
그림 13 Critical Chain의 정의	21
그림 14 자원 중복의 해소 과정	22
그림 15 공급버퍼의 위치 조정	23
그림 16 CCPM Process	24
그림 17 TP 활용의 모형도	30
그림 18 모의시험의 단면도	32
그림 19 WBS의 구성	33

그림 20 MS Project 2002를 이용한 스케줄링 과정	34
그림 21 CPM 공정표	35
그림 22 CPM 네트워크	35
그림 23 각 공정 크기의 조정	36
그림 24 공급버퍼 및 프로젝트 버퍼의 삽입	37
그림 25 자원 그래프의 이용	37
그림 26 Ms Project로 자동 평준화 된 애로사슬 공정표	38
그림 27 Critical Chain완성 공정표	39
그림 28 Critical Chain완성 Gantt Chart	40
그림 29 CPM · CCPM 일정 결과 비교	42
그림 30 두 가지 소프트웨어를 사용한 CCPM 결과비교	43
그림 31 전체 공기 비교	43

요 약

건설사업은 대부분 프로젝트의 형태로 진행되며, 프로젝트 사업의 성공 여부는 일정, 품질, 비용의 세 가지로 크게 판단된다. 이런 세 가지의 조건이 적절히 충족 될 때 프로젝트는 성공 할 수 있다.

본 연구에서는 세 가지의 프로젝트 성공 조건 중 일정에 초점을 맞추어 기존의 공정관리 기법인 PERT/CPM의 단점을 보완하고자 CCPM의 건설사업 적용 가능성을 검토해 보았다.

CCPM의 건설사업 적용 가능성 검토를 위하여 교량을 건설하는 프로젝트를 대상으로 모의시험을 실시하였으며, 그 결과를 분석해 본 결과 일정 단축에 효과가 있는 것으로 나타났다.

CCPM은 1997년 이후에 나온 새로운 이론으로 아직 국내에서의 소개가 미비하고 체계적인 연구가 부족한 현실이다. 본 논문은 새로운 이론인 CCPM의 전반적인 내용을 소개하고 이해 할 수 있도록 하는데 많은 부분을 배려하였으며, 객관적인 자료가 절대적으로 부족하여, 모의 실험 중에 나타난 문제점을 토대로 결과를 도출하였으며 향후 연구 방향 및 과제를 함께 제시하였다.

I . 서 론

1.1 연구의 배경

건설사업의 대부분은 프로젝트의 형태로 진행된다. 프로젝트 사업의 성공 여부는 일정(Timeless), 품질(Quality), 비용(Cost)의 세 가지로 크게 판단할 수 있다. 세 가지 중에서도 특히 일정은 매우 중요하다. 대부분의 경우 일정의 연장은 비용의 증가로 이어지며 비용의 증가는 품질을 저하시킬 수 있는 요인이 된다. 그래서 각 프로젝트 사업장에서는 일정 준수를 위해 많은 노력을 기울인다. 이것은 프로젝트 형태의 건설사업관리에 중심적인 역할을 하며, 일정관리의 성공 여부는 전체 프로젝트의 성공여부를 판가름하게 된다.

현재의 일정관리 수준은 1950년대에 만들어진 PERT(Program Evaluation and Review Technique) 나 CPM(Critical Path Method)을 반세기가 지난 지금 까지도 그대로 사용하고 있다.

PERT/CPM은 건설사업 일정관리에 50여년 동안 꾸준히 사용되었으나 일정관리를 하는데 있어 그 신뢰성이 크게 부족하고, 주기적인 업데이트를 필요로 하여 시간과 비용이 많이 들어 건설산업 전반의 생산성 향상에 크게 도움이 되지 못하고 있는 실정이다. 물론 PERT/CPM의 형태를 더욱 발전시켜 스케줄링의 현실성을 향상시키기 위한 여러 기법들이 연구되어 나오고 있다고는 하지만 현실에서의 일정관리 수준은 크게 향상되지 못하여서 이에 대한 개선책이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 일정관리기술로 널리 사용되고 있는 PERT/CPM의 단점을 개선하고 새로운 이론을 도입 관리 기술 향상에 도움이 되고자 최근 미국 등지를 중심으로 널리 알려지고 있는 TOC(Theory Of Constrains)를 배경으로 한 CCPM(Critical Chain Project Management)의 건설사업 일정관리 적용 가능성을 고찰해 보고자 한다.

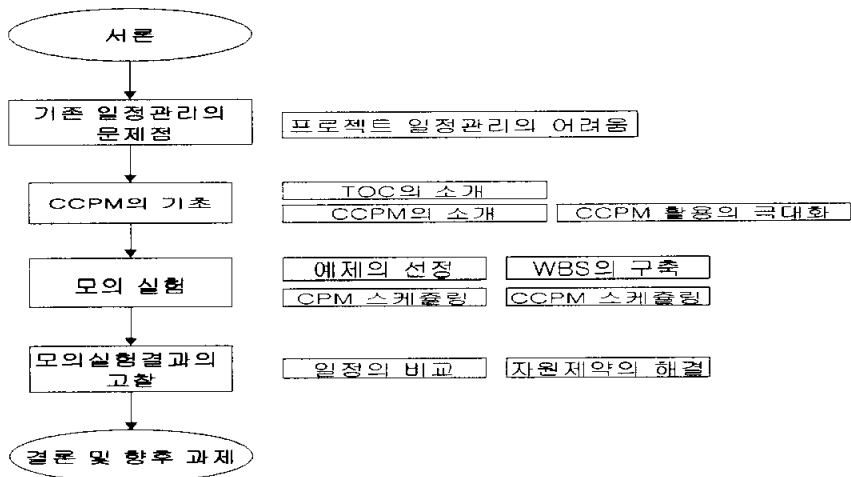
1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구는, PERT/CPM으로 진행된 지금까지의 프로젝트 일정관리의 문제점을 우선 살펴보고, CCPM에 대한 이해를 기본으로 하여 PERT/CPM과 CCPM을 비교, CCPM의 건설사업에 대한 적용성을 검토하는데 그 목적이 있다.

본 연구를 진행하는 방법은 우선 PERT/CPM으로 진행된 지금까지의 프로젝트 일정관리의 문제점을 우선 살펴보고, CCPM에 대한 이해를 기본으로 하여 PERT/CPM과 CCPM을 비교, CCPM의 건설사업에 대한 적용성을 검토하도록 한다. CCPM은 1997년에서야 나온 새로운 이론으로 국내에 소개가 아직 미비하여 이론에 대한 이해와 연구가 부족한 현실이다.

이에 본 연구에서는 CCPM의 이론을 고찰하고 CCPM의 특성을 정확하게 파악하는데 중점을 두고, 건설사업에 CCPM 적용 가능성을 검토하기 위하여 교량 공사를 예제로 선정 CPM 기법과 CCPM 기법을 이용하여 스케줄링을 비교하고, 장단점을 비교 그 적용성을 제시하고자 한다.

본 연구의 순서는 다음과 같다.

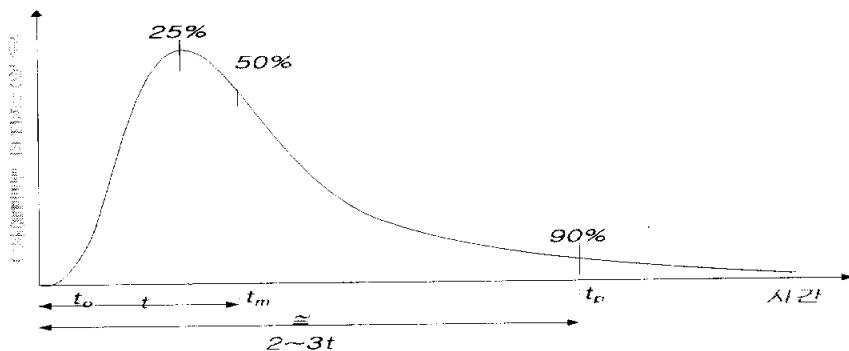


<그림 1> 연구의 흐름도

Ⅱ . 공 정 관 리 상 의 문 제 점

2.1 작업시간 산정

기존의 PERT/CPM에서는 작업 예상시간(Activity Duration)을 작업을 끝낼 수 있는 낙관적인 작업시간(t_o , optimistic task time)과, 비관적인 작업시간(t_p , pessimistic task time) 그리고 보통의 작업시간(t_m , most likely task time)의 세 가지 작업시간을 가중평균해서 구하거나, 통계적 근거를 가진 보통의 작업시간을 액티비티 소요공기 산정에 이용하였다. 이렇게 구해진 값은 각 액티비티의 작업 예상시간이 되며 이것을 기준으로 전체 프로젝트 일정이 산정 된다.¹⁾



<그림 2> 작업예상시간 준수 확률 분포

하지만, 아무리 과학적이고, 체계적으로 일정을 구성하였다 하더라도 프로젝트의 전체 일정은, 많은 건설사업 수행 중에 일정의 변화를 발생하게 된다. 그것은 건설사업에 종사하는 사람이라면 누구나 겪고 있는 가장 큰 어려움 중의 하나이다. 이것은 계약자와 시공자간의 분쟁을 야기할 뿐만 아니라, 공사의 범위(Scope)에도 악 영향을 미치게 된다.

1) Lawrence P. Leach "Critical Chain Project Management", Global Management Solutions Co.,Ltd. 2000

작업시간을 산정 함에 있어서 아무리 좋은 방법을 사용하였다고 하더라도 그것은 예측 값일 뿐이며, 통계적인 수치일 뿐이다. 통계의 특징이 편차 내에서의 움직임을 예측 활용하는 것이기 때문에 아무리 뛰어난 프로젝트 관리자라고 하여도 100%정확한 예측을 할 수는 없는 것이다. 따라서 관리자는 프로젝트를 관리하는데 있어 일주일 또는 한 달에 몇 번은 스케줄의 변화를 업데이트 해 주어야 한다. 이때 일정의 변화는 작업이 일찍 진행되고 있을 수 도 있고 또는 늦어 졌을 수 도 있다. 다만 한가지 확실한 것은 어떤 쪽이든 간에 분명히 일정은 변한다는 것이며 이런 일정의 변화는 프로젝트를 관리하는데 큰 어려움이 된다.

2.2 안전여유시간 산정

2.2.1 작업예상시간 준수확률 분포

각 액티비티에 대한 작업예상시간 준수확률 분포는 <그림 2>와 같이 양쪽으로 균형 잡힌 정규 분포의 모습이 아닌, 오른쪽으로 완만한 경사를 이루는 베타분포(β -distribution)의 형태를 나타내게 된다.²⁾ 액티비티의 불확실성이 크면 클수록 가울기는 더욱더 완만해 지게 되며 <그림 2>에서 보듯이 기울기가 완만하면 완만해 질수록 작업예상 시간에 대한 변화량 역시 커지게 된다. 즉, 작업예정시간 준수목표 확률을 90%로 예측하는 것과 50%로 예측하는 것의 각 액티비티 작업예정시간은 2-3배 정도의 차이를 보이게 되는 것이다. 적절한 작업예상시간을 추정하는 것은 작업장의 환경이나 업무의 형태에 따라서 많은 차이를 갖게 되지만, 거의 모든 관리자나 작업자들은 당연히 좀더 많은 안전여유시간을 갖게 되기를 희망한다. 이것은 일정시간 안에 작업을 준수하지 못했을 경우에 돌아올 불이익을 대비하여 좀더 많은 안전여유를 확보하기 위하여, 작업자나 감독자들은 공기소요 예상시간 준수 확률을 90%로 산정하기를 원할 것이며 이것은 전체 일정에 너무 많은 안전 여유 시간을 포함시키게 되어 프로젝트 전체 기간을 과다하게 산정 하게 되는 결과를 초래하게 된다.

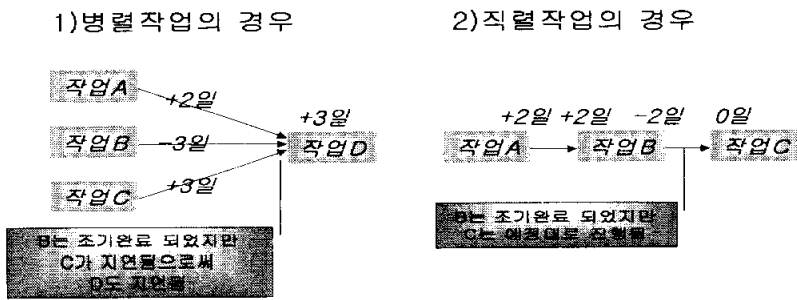
2) 최광식 “기업회생을 위한 패스워드 TOC”, 한·인, 2002

이렇게 늘어나게 된 전체 일정은 간접비의 증가를 야기 시킬 뿐만 아니라, 작업자의 능률도 저하시키게 되어 프로젝트의 Quality에도 좋지 않은 영향을 미치게 된다.

2.2.2 지연의 전파

2.2.1에서 살펴보았듯이 안전여유의 과다삽입은 전체 일정을 과다하게 산정하게 하는 역할을 하게 된다. 하지만 이런 경우에, 각 액티비티에 배정된 작업시간이 다소 길게 산정 되었다고 하더라도 일찍 종료되었을 경우 후속 작업을 예정 작업시간보다 일찍 시작하게 되면 전체 프로젝트의 작업시간은 적정하게 유지 될 수 있다고 생각 할 수 있다. 그러나, 그것은 그렇게 되지 않는다.

<그림 3>의 경우를 살펴보면 알 수 있다. 먼저 <그림 3>의 1)번 병렬 작업의 경우 작업 A, B, C 의 작업이 각각 예정보다 +2, -3, +3일의 변화를 가지고 종료되었을 경우 작업 D는 선행 작업인 A,B,C가 모두 종료되고 난 다음에 시작할 수 있으므로 먼저 작업이 끝난 B에 상관없이 늦게 종료된 C의 영향을 받아 3일 늦게 시작하게 된다.



<그림 3>지연의 전파

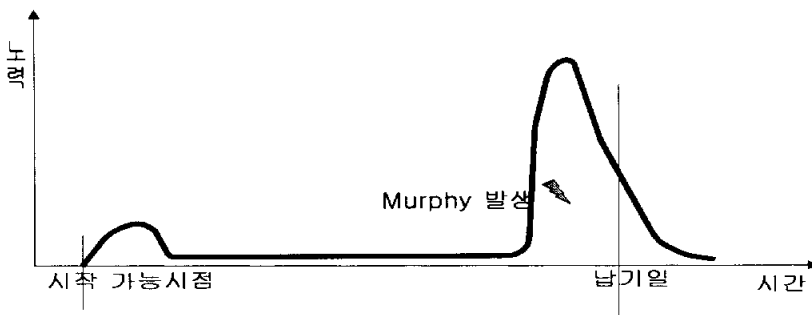
2)직렬인 경우를 살펴보면 작업 A가 2일 늦게 끝났으므로 당연히 작업 B는 2일 늦게 시작하게 되고 작업 C의 경우 작업 B가 2일 일찍 끝났다고 할지라도, 기존의 전체 일정관리 상에 예정되었던 작업 시작 예정시간이 있으므로, 기다렸다가 일정대로 작업을 진행하게 될 것이다. 물론 전체 일정이 위의 예와 같

이 단순한 일정이라면 작업 B가 끝난 후 C를 시작해도 큰 무리가 없겠지만 건설 프로젝트는 보통 아주 복잡하고, 각 액티비티의 선후 관계가 명확하기 때문에 작업의 조기 실행은 오히려 일정관리를 더욱 복잡하게 만들 수 있다.

2.2.3 학생 증후군

각 액티비티의 안전여유시간 과다 삽입은 프로젝트 전체 일정의 지연뿐만 아니라 작업의 범위(scope)또는 품질(quality)을 저하시키게 될 것이다. 이것은 학생 증후군 현상(student Syndrome)이나 파킨슨 법칙(Parkinson's Law)으로 설명할 수 있다.

학생증후군 현상이란 <그림 4>와 같이 안전여유를 포함하고 있는 액티비티에서 작업자는 납기를 맞추기 위하여 처음부터 최선을 다하는 것이 아니라 나름대로의 여유를 가지고 작업 종료일에 다 되어서야 노력하는 형태를 나타내게 된다는 이론이다. 마찬가지로, 파킨슨 법칙 역시 작업자는 작업을 미리 끝내는 것이 아니라 작업 종료일에 맞추어 노력을 하게 된다는 것이다.³⁾



<그림 4> 학생 증후군 현상

이런 현상들은 경험이 적은 초보 작업자나 관리자를 제외한 모든 작업자와 관리자에게서 마찬가지로 볼 수 있다. 위와 같은 현상들은 결국 액티비티 후반에 발생하게 되는 머피(Murphy)에 적극적으로 대비 할 수 없게 되어 전체 프로젝트

3) Lawrence P. Leach "Critical Chain Project Management", Global Management Solutions Co.,Ltd, 2000

트 일정을 연장시키게 되는 결과를 가져다 준다. 이것은 프로젝트 전체의 품질(Quality)을 저하시키거나, 비용을 증대시켜 프로젝트 전체의 범위(Scope)를 축소시키게 될 것이다.

2.3 자원의 제약

PERT/CPM이론의 가장 큰 약점 중의 하나는 시간의 종속성만을 고려하고 자원의 제약은 고려하지 않고 있다는 것에 있다. Critical Path상의 각 작업은 자원의 능력이 100% 활용된다고 가정하고 있으며, 자원은 무한정으로 투입 할 수 있다고 가정한다. 이것은 PERT의 개발이 당시 전쟁중이라는 특수 상황에서 비용보다는 일정에다 중심을 두고 무기를 개발하는데 그 목적이 있었기 때문이라 할 것이다.

물론, 지금의 일정관리 기법이 1950년대의 PERT나 CPM 기법을 그대로 따르고 있지 않으며, 비용이나 자원의 한정에 대한 충분한 고려가 있다고 하지만 그것은 어디까지나 관리자의 개인적 능력에 한정되는 것이다. 다시 말해, 관리자는 경험에 의해 자원의 제약(Resource Constraints)을 고려한 네트워크를 구성하고 있는 것이다.

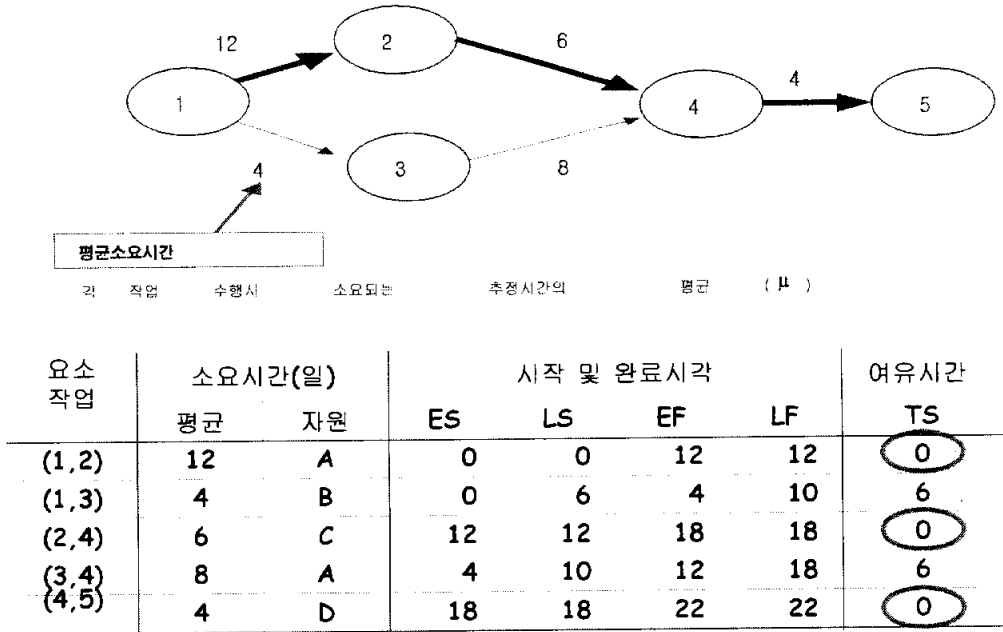
자원의 제약에 대한 고려는 프로젝트 수행에 있어 매우 중요하다. 특히, 건설 프로젝트의 경우 한번에 많은 공정이 동시에 이루어짐으로서 발생하는 멀티태스킹(Multi tasking) 작업이 많으며 반복 공정이나 유사공정의 숫자가 많아서 발생하게 되는 자원의 경쟁(Resource competition) 역시 매우 빈번하게 발생한다.

자원은 비용에 직접적인 영향을 미친다. 자원의 경쟁을 비용적인 측면에서 해결할 수 있겠지만 건설사업 관리의 목표는 제한된 자원을 이용 최대의 범위를 확보하는 것에 있다.

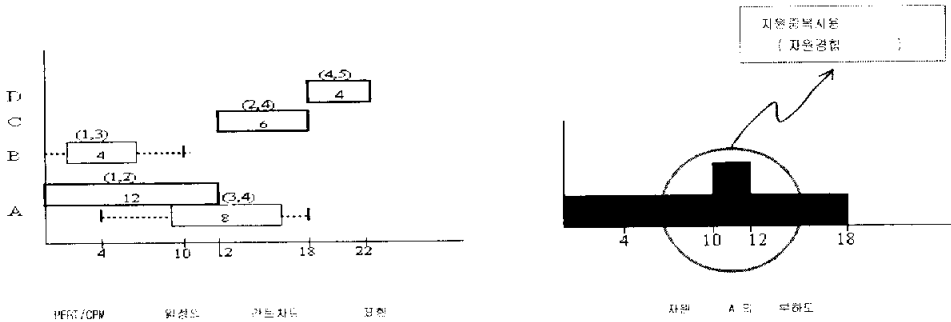
프로젝트를 운영하면서 자원의 경쟁을 배제하고, 수행하여야 할 작업의 우선순위를 정해서 자원의 부하량을 현실화시키는 자원의 평준화(Load leveling)작업은

매우 중요하면서도 기본적인 일이다.

프로젝트를 좀더 효율적으로 관리하기 위해서는 이런 자원 제약 조건에 대한 좀더 체계적인 고려가 필요할 것이다. <그림 5>는 CPM 기법을 이용하여 스케줄링 한 자원의 경쟁이 어떻게 일어나는 지를 보여 주고 있다. 작업 (1,2), (2,4), (4,5)는 모두 여유시간이 0으로 크리티컬 패스를 구성하게 된다. 이것은 자원을 중심으로 간트차트로 표현해본 결과 자원 A에서 자원의 경쟁이 일어나는 것을 확인 할 수 있다.



(ES: Earliest Start, LS: Latest Start, EF: Earliest Finish, LF: Latest Finish, TS: Total Slack)



<그림 5> 자원제약의 예제

2.4 설계의 변경

건설 프로젝트를 관리하는 중에 있어 공정을 지킬 수 없게 되는 가장 큰 이유 중의 또 다른 하나는 사용자의 요구사항 변경이나 시공방법의 변경 등과 같이 전면적으로 일정을 재조정 할 수밖에 없는 설계변경의 경우이다.

건설 프로젝트의 기간은 대부분의 경우 1-2년을 초과하는 장기적인 프로젝트가 많다. 이럴 경우 사용자는 시공 도중에 시공자에게 더욱 많은 요구사항을 추가하게 되며, 주변환경의 급속한 변화로 말미암아 설계를 변경할 수밖에 없는 경우가 발생하게 된다. 이 같은 경우 critical path 상에서의 후속공정변화는 불가피한 것이며 전체 프로젝트의 일정을 지연시키게 되거나 비용의 증가를 가져온다.

2.5 머피(Murphy)의 발생

건설 프로젝트의 특성상 옥외 작업이 많고 위험 작업이 많아 여러 가지의 불확실 상황, 예를 들어, 일기나, 사고에 의한 머피가 자주 발생하게 되는 것도 빠트릴 수 없는 것들이다. 프로젝트의 관리에 있어 머피의 발생은 어쩌면 당연한 것인지도 모른다. 그런 머피에 대해 어떻게 적절한 대처는 프로젝트의 일정관리에 있어 매우 중요한 요소가 될 것이다.

위와 같이 건설 프로젝트의 일정관리는 결코 쉬운 문제가 아니며 지금까지 많은 프로젝트들이 성공할 수 없었던 이유는 2장에서 언급한 일련의 이런 일정관리의 문제점을 제대로 파악하지 못했기 때문일 것이다. 프로젝트의 일정관리에서 중요한 점은 이미 일정의 변화가 생기고 난 후에 어떻게 할 것인지를 논의하는 것이 아니라 이런 변화들을 미리 예측하고 대처 가능하도록 준비해야 한다. 즉, 사후 처리가 아닌 사전 예방을 해야 한다는 것이다.

이처럼 프로젝트의 일정관리에는 많은 어려움 들이 존재한다. 우리나라 건설 프로젝트의 경우 많은 프로젝트에서 일정이나 범위의 변경이 공공연하게 이루어지고 있으며, 이는 당연히 비용의 증가를 야기 시키게 되어 건설산업 전반의 신뢰성을 추락시키는 악순환이 반복되고 있다.

Ⅲ . CCPM 의 이 론

3.1 제약이론 (TOC, Theory Of Constraints)

3.1.1 TOC의 개요

CCPM은 일본의 경제 성장에 아무런 대응을 하지 못하던 미국이 20세기 후반 새로운 경제 도약을 할 수 있도록 하는데 결정적인 계기가 된 경영이론인 제약이론(Theory of Constraints : TOC)에 그 기반을 두고 있다.

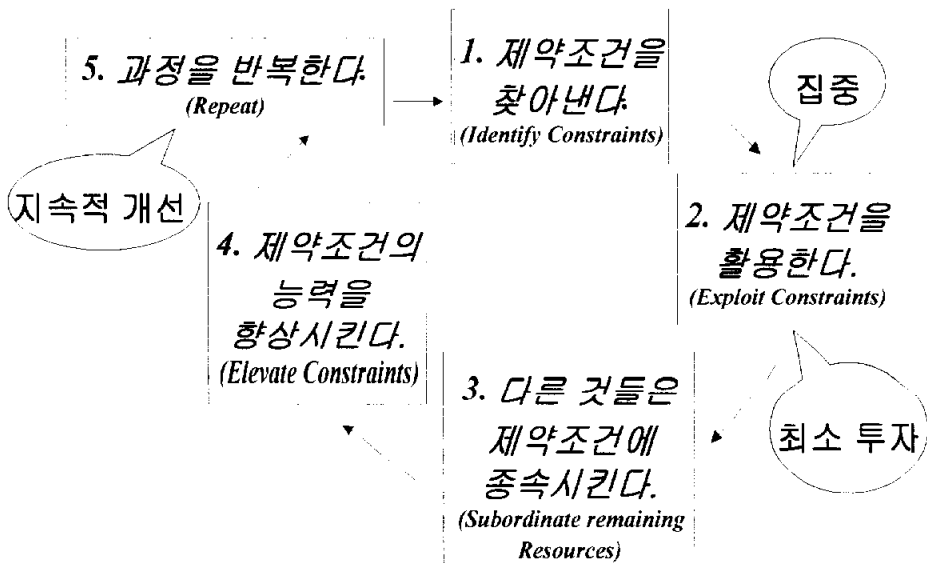
TOC는 조직의 목표를 달성하는 데 제약이 되는 요인을 찾아 집중적으로 개선함으로써, 단기간에 가시적인 경영개선의 성과가 나타나고, 장기적으로는 지속적인 경영개선을 추구하여 시스템의 전체적 최적화를 달성하는 프로세스 중심의 '경영혁신기법' 이라고 할 수 있다.

TOC에서는 모든 조직은 이익 창출을 목표로 하는 영리 조직이든 이익 이외의 가치를 창출하는 것을 목표로 하는 비영리 조직이든 간에 조직은 저마다 고유의 설립목표를 가지고 있고, 이러한 목표를 달성하기 위해서는 조직이 가지고 있는 모든 자원의 효율적 활용을 필요로 한다고 전제한다. 그리고 이런 모든 조직들은 기업의 설립목표 달성에 초점을 맞추어 짜여져야 한다. 이때 조직의 목표를 달성하는 데, 혹은 목표와 관련하여 더 나은 성과를 얻는데 제약이 되는 요인들을 제약요인 이라 부르며 TOC는 이런 제약 요인들을 제거하여 전체 시스템의 최적화를 이룰 수 있도록 도와준다.

TOC의 개선활동은 크게 다섯 단계로 이루어지며 이 다섯 단계를 지속적으로 반복함으로써 조직은 전체 최적화를 이룰 수 있다고 생각한다. 특히, 여기서 주의해야 할 것은 개선활동은 지속적으로 진행되어야 하며 하나의 제약조건을 해결하고 처음의 1단계로 돌아갈 때에는 타성에 젖지 않도록 해야한다. <그림 6>은 TOC의 집중개선 5단계를 도식화 한 그림이다.

집중개선의 다섯 단계.

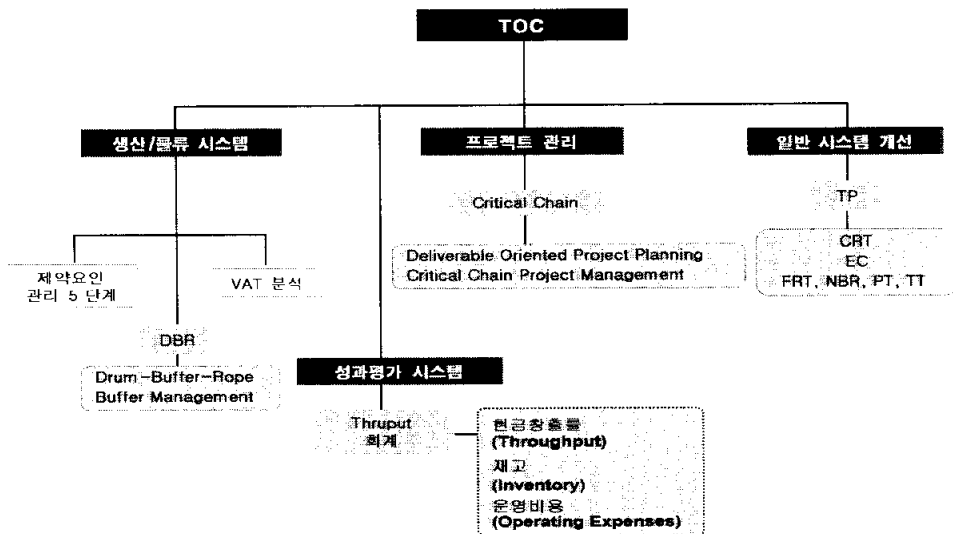
- ① 제약 조건을 찾아낸다.
(Identify the system's constraints.)
- ② 제약 조건 활용 방법을 결정한다.
(Decide how to exploit the system's constraints.)
- ③ 다른 것들은 위의 결정에 종속시킨다.
(Subordinate everything else to the above decision.)
- ④ 제약 조건을 향상시킨다.
(Elevate the system's constraints.)
- ⑤ 제약 조건이 해소되면, 타성에 젖지 않도록 주의하면서 1단계부터 반복한다.
(If in the previous steps a constraint has been broken, go back to step 1, but do not allow inertia to cause a system's constraints.)



<그림 6> 집중개선의 다섯 단계

3.1.2 TOC 체계

<그림 7>은 TOC의 체계를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 TOC는 프로젝트 관리 시스템인 CCPM외에도, 일반시스템 개선을 위한TP, 생산/물류 시스템 개선을 위한DBR, 성과를 평가하기 위한 도구 Throughput 회계 등을 제공한다.



<그림 7> TOC 체계

1) TP (Thinking Process)

목적 : 조직원들의 문제 해결 능력을 향상시키고 지속적인 경영개선 프로세스의 정착을 통해 변화에 능동 적으로 대응하는 능력을 길러준다.

효과 : ① 조직의 무형적 제약 요인을 찾아 분석하는데 탁월한 효과가 있다.

② 조직 구성원들의 문제 해결능력을 포함한 관리능력을 향상시킨다.

③ 조직 목표에 대한 이해와 공감대를 넓히고 의식의 동기화를 이룬다.

④ 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 능력을 향상시킨다.

2) DBR (Drum - Buffer - Rope)

목적 : 생산의 흐름을 빠르고 부드럽게 만드는 동기 생산을 통해 결품과 재고를 줄이고 리드타임을 줄여 시장 변화에 능동적으로 대응할 수 있는 생산체계를 갖춘다.

효과 : ① 결품이 줄어들고 결품 예지능력을 갖추게 된다.

② 재고가 줄어들고 운영비용이 감축된다.

③ 제조리드타임이 줄어든다.

④ 납기 준수율이 높아진다.

⑤ 시장변화에 대한 대응 속도가 빨라진다.

3) Throughput 회계

목적 : 현금 창출물의 증대에 초점을 맞춘 회계시스템으로서 제조현장에 관한 보다 정확한 회계정보를 제공한다.

효과 : ① 제조현장에 관한 정확한 회계 정보를 제공한다.

② '돈을 번다'는 기업목표를 달성하기 위한 동기를 부여한다.

③ 제조현장과 사업부 사이의 회계 정보를 동기화 시킨다.

3.2 Critical Chain

TOC의 이론 중 프로젝트를 관리를 향상시키기 위해 제안 된 것이 CCPM 이론이다. CCPM은 기존의 PERT/CPM의 Critical Path를 대신해서 Critical Chain을 사용한다.

Critical Path가 일정만을 고려하고 있는데 반해서 Critical Chain에서는 시간의 종속성과 함께 자원의 제약을 함께 고려해 주고 있다. 물론, 자원에 대한 제약은 기존 건설 현장에서도 임의적으로 고려하고 있는 것이지만 그것에 대한 고려가 순전히 감독자나 공무담당장의 경험만을 바탕으로 하고 있음을 인정하지 않을 수 없다. 이것은 건설 공사의 일정관리가 프로젝트 전체에 미치는 영향을 감안할 때 한 개인이나 팀의 잘못된 판단으로 인한 엄청난 손해를 예상할 수 있게 한다. 이것은 분명 좀더 과학적이고 체계적인 방법으로 개선할 필요가 있다.

이런 점에서 Critical Chain은 분명 Critical Path와 차이를 보인다. Critical Chain과 Critical Path의 차이는 CCPM이 가지고 있는 이점을 잘 보여주고 있으며 이것은 반대로 CPM으로 지금 까지 진행되어온 프로젝트가 왜 실패했는지에 대한 해답이 될 것이다.

CCPM에서 사용하는 Critical Chain과 CPM에서 사용하는 Critical Path와의 차이점은 크게 세 가지로 볼 수 있다.

3.2.1 버퍼의 설정

기존의 PERT/CPM과 달리 CCPM에서는 버퍼(Buffer)를 이용한다. Critical Chain은 버퍼를 통하여 불 확실 상황에 대비 할 수 있는 여유를 제공한다. 프로젝트를 운영함에 있어 어쩌면 불확실한 상황의 발생은 당연한 것일지도 모른다. 건설 프로젝트는 특히 프로젝트의 운영기간이 타 프로젝트에 비해서 길며, 또한 기계로는 작업이 불가능한 수작업이 많고, 옥외 작업이 전체 공정의 대부분을 차지하고 있기 때문에 안전관리에도 많은 어려움이 있다.

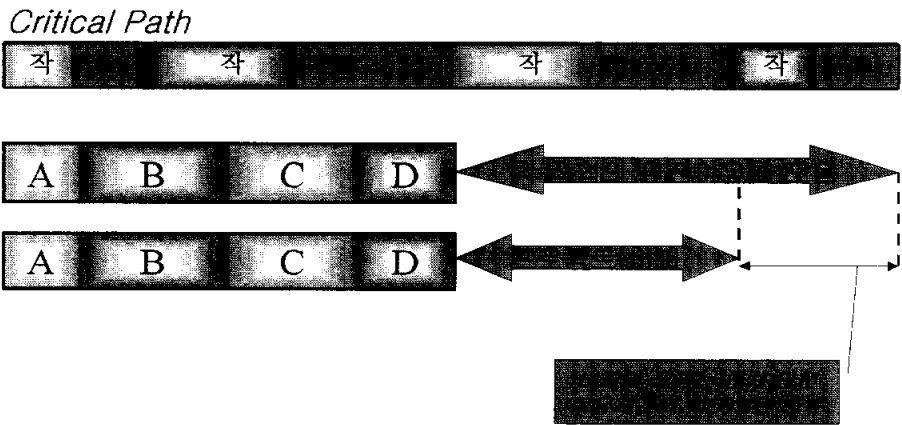
건설 프로젝트를 관리하는데 있어서 불확실 상황에 대한 대비가 전혀 포함되어 있지 않은 것은 아니다. 기존의 PERT/CPM에서는 그런 우발적 요소에 대비할

수 있는 여유에 대한 고려가 단순히 각 액티비티 안에 포함된 형태의 안전 여유를 사용하고 있다.

본 연구의 2장에서 언급했던 것처럼 작업 예정시간 준수 확률 분포인 β 분포는 오른쪽이 완만한 경사를 가지고 있으며 그로 인해, 작업 예정시간 준수확률을 90%로 보는 것과 50%로 보는 것의 차이는 두 배에서 세배정도의 시간차이가 나게 된다는 것을 설명하였다. 이것을 각 액티비티 별로 생각 할 때에는 큰 시간이 아니지만 각 액티비티의 모든 안전여유를 한곳으로 모으면 엄청난 시간이 된다.

이런 각각의 안전 여유는 실제 작업에서 사용되어 질 수도 있고, 사용되지 않은 채로 그냥 허비될 수도 있는 것이다. 2장에서 본 것처럼 사용되어지지 못한 안전 여유는 후속공정으로 전파되지 않으며 따라서 이런 시간들은 전혀 불필요하며 오히려 작업의 능률을 떨어지게 하는 역할을 하게 된다.

<그림 8> 과 같이 Critical Chain에서는 각 공정의 작업 예정시간 준수확률을 50%정도로 줄이고, 나머지의 안전 여유시간은 각각의 액티비티가 아닌 전체 프로젝트에 대한 안전 여유시간 즉 프로젝트 버퍼(Project Buffer)를 설치하여 한 곳에서 관리한다. 즉, 각각의 액티비티에 여유를 설치함으로써 존재하던 불필요한 안전여유시간을 배제하고, 전체 프로젝트에 대한 여유시간을 설치함으로써 전체 프로젝트에 대한 신뢰성 확보는 물론 프로젝트 전체 소요공기를 줄일 수 있는 효과를 가져오게 되는 것이다.



<그림 8> 프로젝트 버퍼의 설정

건설 사업의 각 작업예정 시간 산정 방식이 수 없는 반복을 통한 경험상의 수치에 근거하여 대부분의 작업시간 산정기준을 제시하고 있지만, 이것 역시 통계적 개념의 수치이며 따라서, R&D 산업이나 IT산업의 프로젝트 기간보다는 적잖이 많은 충분한 안전 여유시간을 포함하고 있는 것이 사실이다. 각 작업의 안전 여유시간에 대한 적절한 계산은 각 프로젝트의 현장 상황이나 조건 등을 감안하여 조절 가능 한 것이므로 여기에 관한 연구는 앞으로 더욱 많이 연구되어야 할 것이다.

3.2.2 버퍼의 관리

Critical Chain은 프로젝트 관리자나 작업자에게 전체 프로젝트에 대한 통제 가능한 통제점을 제공해 준다. 기존의 Critical Path 상에서는 없었던 이러한 통제점은 전체 프로젝트를 각 액티비티 별로 관리하는 것이 아니라, 프로젝트 전체의 흐름을 파악할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

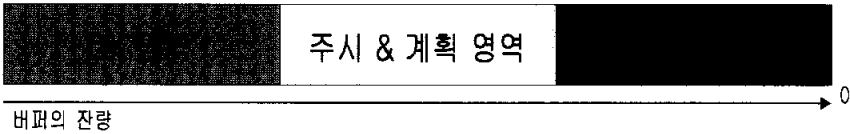
건설 공사는 각 액티비티간의 선후 관계가 명확하여 선행 작업의 진행 상황에 따라 후속공정의 변화가 심하며 또한 이런 선후 관계에 의해 전체 프로젝트의 공정율이 결정된다.

이런 전체 프로젝트에 대한 관리가 가능하게 되는 것은 기존 Critical Path상에는 없었던 버퍼가 Critical Chain상에서 존재하기 때문이다. 또한, 프로젝트 버퍼나 Critical Chain을 보호하기 위한 공급버퍼(Feeding Buffer)는 프로젝트를 관리하는데 있어 꼭 필요한 통제점을 제공함으로써 공정관리의 신뢰성을 향상시켜 줄 수 있을 것이다. 이것들의 생성 과정은 다음절을 통해서 자세하게 설명 될 것이다. 프로젝트의 전체 작업의 진행상태는 프로젝트 버퍼와 공급버퍼의 소모량을 기준으로 파악 되게 되며 이것의 소모여부를 확인함으로써 전체 프로젝트에 대한 관리와 Murphy에 대한 사전 예방이 가능하게 되는 것이다.

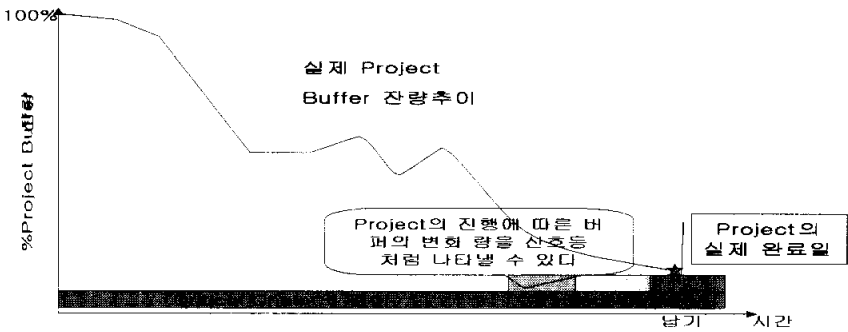
버퍼는 크게 세 가지 영역으로 나누어 운영하게 되며, 영역의 침범 여부에 따라 프로젝트 일정의 변화에 대비 할 수 있도록 한다. 이것의 사용은 마치 신호등과

비슷하다. 프로젝트 관리자들은 버퍼를 주시하고 있다가 그것들의 변화에 따라 그때그때 적절한 대책을 세워 행동하면 된다.

<그림 9>와 <그림 10>은 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 9> 정적 Buffer Management



<그림 10> 동적 Buffer Management

3.2.3 멀티테스킹 해결

Critical Chain은 시간의 종속성에 대한 고려 뿐 아니라 자원의 제약에 대한 문제점까지 고려하고 있으므로 자원의 경쟁으로 발생하는 일정 지연이나, 자원의 추가 투입 등의 문제점을 예방하여 멀티테스킹(Multi Tasking)의 문제점을 극복한다.

프로젝트를 평가하는데 있어 가장 중요한 일정과 비용을 동시에 고려하여 일정 계획을 세움으로써, 작업자, 관리자, 프로젝트의 발주자 모두 충분히 프로젝트 진행에 대한 신뢰성을 가질 수 있게 될 것이다. 공정계획을 하는데 있어 가장 중요한 것은 실제 프로젝트를 진행하는데 있어 실현 가능해야 한다는 것이다.

현실적으로 비용에 대한 고려 없이 또는 작업 능력에 대한 충분한 고려 없이 계획된 작업일정은 작업자나 관리자는 물론 발주자 모두를 곤란하게 할 것이다.

위에서 언급한 세 가지 첫째, 버퍼의 설정을 통한 안전여유의 관리, 둘째 버퍼의 관리 통제점으로서의 활용, 셋째, 멀티테스킹의 해결과 같은 특징 외에도, Critical Chain은 프로젝트 버퍼뿐만 아니라 각 자원에 대한 여유를 고려한 자원버퍼(Resource Buffer)와 일정 진도율을 고려한 공급버퍼(Feeding Buffer)를 가지고 있고, 이론 전반에 작업자와 관리자의 심리적인 측면까지도 고려하는 등 Critical Path와는 다른 차이점들이 있다.

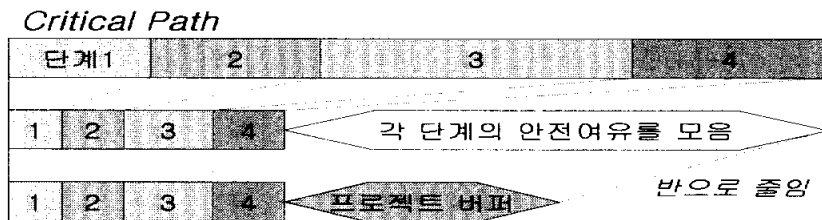
3.3 Critical Chain의 생성과정

1) 프로젝트 버퍼의 설정

Critical Chain은 Critical Path를 바탕으로 하여 생성 되게 된다. 프로젝트의 가장 큰 문제는 프로젝트를 정해진 시간 안에 완성하여 인도 할 수 있느냐 하는 것이다. 이런 관점에서 볼 때 프로젝트는 각 단계별로 관리가 되어야 하는 것이 아니라, 전체 최적화의 관점에서 운영되어야 한다.

이를 위해서 Critical Chain은 전체 의 각 액티비티별로 설정되어 있는 안전 여유를 한곳으로 모아 관리 할 수 있는 프로젝트 버퍼를 설정하게 된다.

이 논문에서는 <그림 11>에서 보듯이, 일반적으로 사용되고 있는 각 액티비티별 안전여유를 50 % 로 보고 설명할 것이다. 여기서 안전여유를 50%로 보는 것은 아직 건설업에서의 안전여유에 대한 확실한 연구가 없으므로, CCPM을 적용한 타 분야와 같은 크기의 안전여유를 고려하였다.



<그림 11> 프로젝트 버퍼의 설정

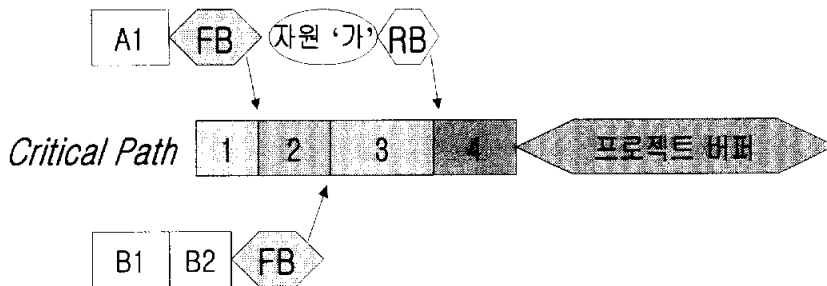
2) 공급버퍼(Feeding Buffer)와 자원버퍼(Resource Buffer) 의 설정

프로젝트 버퍼를 설치하고 나면 <그림 12>처럼 Critical Chain을 보호하기 위한 공급버퍼와 각 단계별 작업의 진행에 차질이 없도록 하기 위한 자원버퍼를 설정해 주어야 한다.

공급버퍼는 Critical Chain을 보호하기 위하여 Critical Chain상의 작업과 Non Critical Chain 작업의 합류 지점에 삽입해 준다. 통상적으로 Feeding Path 크기

의 절반을 할당해 주면 되는데, 이것은 프로젝트 버퍼와 같은 방법으로 설정하면 된다.

자원 버퍼는 각 단계별로 필요로 한 자원이 항상 대기하고 있는 상태가 아니므로 이것을 극복하기 위하여 설정되게 된다. 각각의 자원들은 전체 일정에 나쁜 영향을 미치지 않도록 항상 그 전에 준비되어 있어야 한다. 건설 사업에서의 자원버퍼의 형태는 시간적 여유 또는 머피에 대비한 적절한 대안과 같이 철저한 사전 준비에 기인한다. 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 준비해야한다.



<그림 12> 공급버퍼 · 자원버퍼의 설정

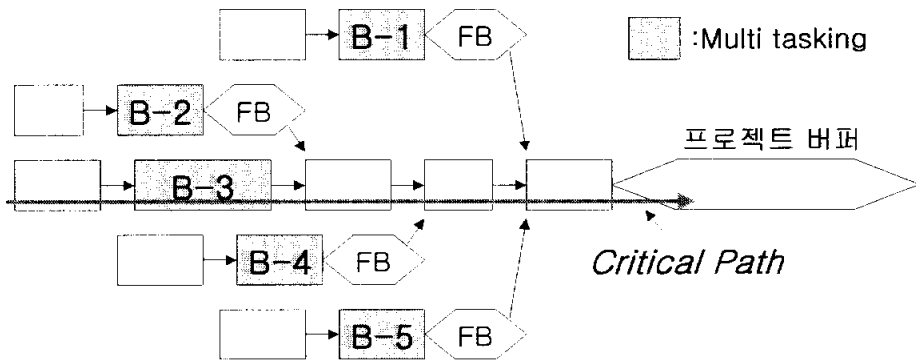
3) Critical Chain 발견

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 되지 않을 것이며, 이것은 전체 프로젝트의 인도일이 늦추어지거나, 프로젝트의 비용을 크게 하거나, 전체 프

로젝트의 품질을 저하시키게 될 것이다.

그러므로 Critical Chain상에서 자원의 중복이 일어나는지를 점검하여 자원의 중복이 일어나는 작업을 찾는 것이 필요하다. 이런 작업들을 찾아내어 이런 자원의 중복으로 말미암아 발생하는 일정의 차질을 미연에 방지시키는 것이 Critical Chain과 Critical Path가 가지는 가장 큰 차이점이다.

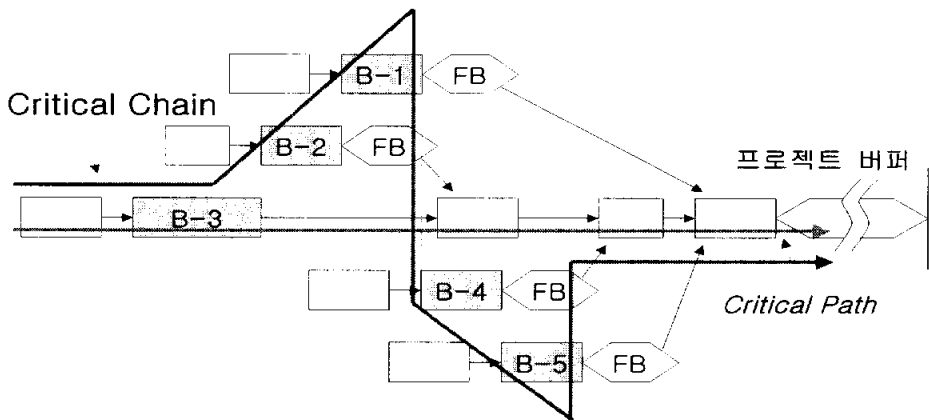


<그림 13> Critical chain의 정의

<그림 13>은 B자원을 사용하는 공정이 자원경합을 일으키고 있는 것을 보여 주고 있다. 이것을 해결해 가는 과정을 통해서 Critical Chain의 생성 과정을 설명 하도록 하겠다.

4) 자원 중복의 해소

<그림 14>에서 보는 것처럼 멀티테스킹이 일어나는 작업들에 대하여 새로운 업무 순서를 정의하여야 한다. B의 자원을 이용하는 5개의 작업이 서로 중복되지 않도록 업무순서를 정의하는데 Critical Path상의 B-3공정을 우선하여 해결해야 한다.



<그림 14> 자원 중복의 해소 과정

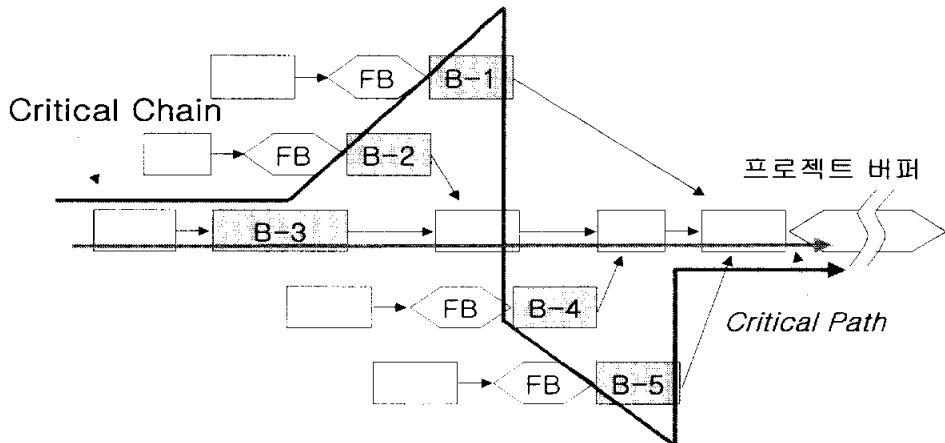
위의 그림에서 보는 것처럼 B자원을 중심으로 한 굵은 선으로 표시된 작업 순서가 Critical Chain이 된다. 이것은 Critical Path와는 전혀 다른 작업 순서를 가지게 되며 모든 작업들은 이제 Critical Path 중심이 아닌 Critical Chain을 중심으로 새롭게 스케줄링 되어야 한다.

5) 공급 버퍼의 위치 조정

기존의 CPM 기법에서의 모든 일정 Critical Path를 중심으로 정의되어 있는 것처럼 CCPM 기법에서도 나머지 Non Critical Chain상의 작업들은 이제 Critical Chain에 종속시키는 작업을 하여야 한다.

공급 버퍼는 Critical Chain을 보호하기 위한 버퍼이다. 그러므로 <그림 15>와

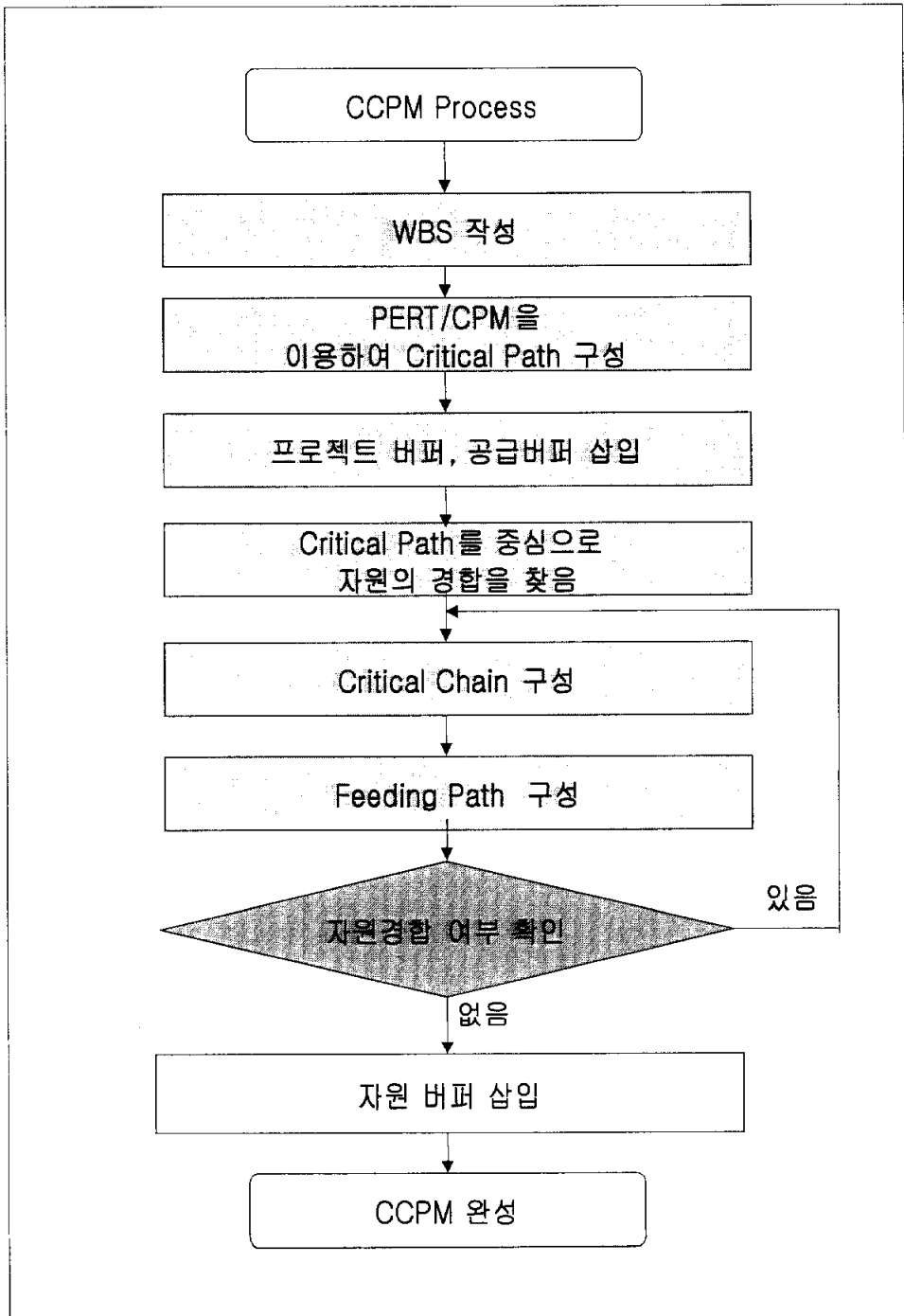
같이 공급 버퍼의 위치를 Feeding Path 뒤, Critical Chain과 합류할 수 있도록 재조정하여야 한다. 그리고 표시는 되지 않지만 존재하고 있는 자원버퍼 역시 Critical Chain에 합류시켜야 한다.



<그림 15> 공급버퍼의 위치 조정

6) Critical Chain 생성과정 요약

- ① WBS를 바탕으로 하여 PERT/CPM기법을 이용
Critical Path를 중심으로 스케줄링 한다.
- ② 프로젝트 버퍼와 공급 버퍼를 구성하여 Critical Path상에
합류시킨다.
- ③ 자원이 경합되는 곳을 찾는다.
- ④ Critical Chain을 찾는다.
- ⑤ Critical Chain을 Forward Pass로 계산한다.
- ⑥ Feeding Path들을 Critical Chain의 합류지점으로부터 Backward Pass로
계산한다.
- ⑦ 추가적인 자원경합이 있는지 확인하고 재 계산한다.
- ⑧ 자원버퍼들을 추가한다.



<그림 16> CCPM Process

3.4 CCPM 기능 향상

3.4.1 비용버퍼

프로젝트에서 비용은 일정만큼이나 중요하다. 현대의 건설공사의 경우 일정보다 오히려 비용이 더욱 큰 제약조건이 대기도 한다. 이런 경우 비용에 관한 관리를 좀더 효율적으로 할 필요가 있는데 이때 버퍼관리를 비용의 개념에 적용하면 더욱더 유용할 것이다.

비용버퍼(Cost Buffer)를 결정할 때에는 여러 가지 요인을 고려할 필요가 있다. 일정만을 고려한 버퍼에는 비용에 관한 어떠한 언급도 없다는 점을 알아야 한다. 일정의 지연만으로 비용의 추가가 발생하지는 않겠지만 일정의 추가요인은 비용의 증가를 불러오는 상당한 부담이 되는 것을 간과할 수는 없다.

CCPM을 적용 생성된 일정 버퍼에 상응하는 비용버퍼의 추가는 필수 적일 수도 있지만 전체 일정의 50%정도를 예상하는 일정버퍼의 크기에 해당하는 비용버퍼는 너무 큰 예비비의 편성을 낳게 될 것이고, 그것은 전체 비용버퍼의 크기를 결정해야 하는 과정에서 발주자와 시공자 또는 사업주와 관리자 사이에 큰 분쟁의 소지를 동반할 것이다. 비용버퍼의 적절한 크기는 일정버퍼에 상응하여 조정되어야 하지만 그 외에도 주변상황이나 프로젝트의 성격 등 여러 가지 주변인자에 많은 영향을 받게 된다. 건설사업의 경우에도 역시 프로젝트 현장의 조건이나 상황에 따라 많은 차이가 있을 것으로 판단된다.

비용버퍼의 적절한 크기를 정량적인 수치로 나타내는 것에는 무리가 따르지만 보통 비용버퍼의 크기를 전체 프로젝트 비용의 대략 10%정도로 보는 것이 지금까지 연구 결과이다.

예비비의 관리는 전체 프로젝트의 비용 관리에 있어 상당한 영향을 미친다. 우리나라 건설 사업은 수익성과 생산성의 악화로 많은 어려움에 처해있고 보면, 예비비의 지출이 프로젝트 전체의 채산성에 좋지 않은 영향을 미칠 것은 자명한 사실이다.

비용버퍼를 통한 예비비의 관리는 예비비 관리에 상당한 도움을 줄 것이다. 일정 버퍼 관리의 개념을 비용 관리 즉 비용버퍼를 도입 사용한다면 좀더 구체적

이고 체계적인 비용관리가 가능해 질 것이다.

일정버퍼의 경우와 마찬가지로 버퍼크기의 1/3까지는 OK 영역으로 2/3까지는 주시 영역으로 그리고 2/3 이상이 침투된 경우에는 액션을 취하는 등 적절한 수준에서의 버퍼 관리는 전체 프로젝트의 비용 지출 상황을 한눈에 파악 할 수 있도록 할 것이다.

비용버퍼의 필요성은 다음과 같은 프로젝트의 특성에 의해 필요로 하게 된다.

① 프로젝트의 크기가 크면 클수록 또 그 인도일이 미래로 더 멀면 멀수록, 모든 요구사항을 올바르게 완전하게 정의 계획하는 것은 더욱더 어려운 일이다.

② 초기 요구사항과 인도일 사이의 지속기간이 길면 길수록, 요구사항에 변화가 있을 가능성을 더욱더 크다. 그것은 사용자의 기대, 시스템이 설치될 환경의 변화 또는 요구사항이 어떻게 되어야 한다는 다른 견해가 프로젝트의 새로운 관련자로 인해 일어 날 수 있다.

③ 긴 프로젝트 지속기간은 기술의 진보가 초기의 요구사항을 능가할 수 있다는 것을 의미한다.

3.4.2. 최지개시시간의 사용

기존의 PERT/CPM 기법의 스케줄링에서는 작업의 선후관계를 EST(최조개시시간)를 사용하여 정의하였다. 프로젝트 관리자들은 이른 개시일정의 스케줄링이 작업을 일찍 마침으로써 프로젝트의 위험을 줄인다고 믿는다.

PMI(Project Management Institute)에서 발행한 PMBOK을 비롯한 많은 프로젝트 관리 지침은 프로젝트 관리자가 EST를 사용하여 스케줄링 하는 것을 권장한다. 그것이 각각의 공정이 전체 프로젝트에 미치는 영향을 최소화하는 것이라고 믿기 때문이다.

하지만, CCPM은 이와는 다른 의견을 제시하고 있다. EST가 아닌 LST(최지개시시간)의 사용이 프로젝트의 진행에 더 큰 도움이 될 수 있다는 것이다. 물론 EST의 사용에 대한 이점을 무시할 수는 없지만, 그 보다는 LST의 사용이 좀더 효율적이지 않겠느냐 하는 것이 CCPM의 입장이다.

LST의 사용은 첫째, 이미 수행된 작업에 대한 변경의 영향을 줄이고 둘째, 프로젝트에서 현금 지출 시기를 늦추며 셋째, 프로젝트에 보다 적은 수의 동시 과업 체인으로 시작하는 기회를 부여하여 프로젝트팀의 업무진행 속도를 낼 수 있게 하는 이점이 있다. 이러한 이점들은 프로젝트 전체의 진행 과정을 좀더 명확히 하고 프로젝트의 각 작업간의 선후 관계를 명확히 할 때 좀더 잘 활용 될 수 있을 것이다.

프로젝트의 관리자들은 보통 시작할 수 있는데 시작하지 않으면 작업의 전체 진행 속도가 떨어져 프로젝트에 좋지 않은 영향을 미칠 것이라 판단하지만, CCPM에서는 학생 증후군이나 파킨슨 법칙(Parkinson's Law)등 의 이론을 바탕으로 프로젝트를 수행하는 작업자의 심리적인 측면을 고려할 때 오히려 EST의 사용은 프로젝트의 실제 수행을 더디게 할 뿐만 아니라 품질의 확보에도 좋지 않은 영향을 줄 것이라 생각한다. 이것은 앞에서 설명한 학생증후군이나 파킨슨 법칙으로 증명 할 수 있으며, 또한 지금까지의 프로젝트 스케줄링에서는 작업자의 심리적인 측면을 고려하지 않았다는 점을 고려해서 어느 것이 더 유리할 것 인지를 다시 한번 생각해 볼 필요가 있을 것이다.

CCPM은 이론의 상당 부분에 작업자나 관리자의 심리적인 측면을 고려하고 있

는데 이것은 자칫 비과학적인 것으로 오해받을 수도 있지만, 통계학적으로 충분히 설명 가능하며, 특히 건설사업의 경우 거의 모든 작업이 사람의 손을 필요로 하는 작업이므로 작업자나 관리자의 심리적인 측면은 충분히 고려되어야 할 것으로 판단되며, 그런 점에서 CCPM은 프로젝트를 진행하는데 큰 도움이 될 것이다.

3.4.3 TP(Thinking Process)의 활용

앞의 3.1절에서 설명한 것처럼 TOC는 CCPM 이외에 많은 이론들을 포함하고 있다. 이 중에서 TP는 건설사업의 프로젝트를 진행하는데 있어서 많은 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

프로젝트를 진행하는 과정에서 관리자들은 많은 Trade-Off 상황에 직면하게 된다. Trade-Off 란 두 요소의 대립상황을 일컫는 말인데, 이처럼 두 요소가 경쟁을 일으키는 경우 두 요소의 우선순위를 정해준다든지, 또는 두 요소의 경쟁을 피할 수 있는 조치를 가할 필요가 있다. 프로젝트 관리자들은 이와 같은 경우 직관이나 경험을 바탕으로 문제를 해결해 가게 된다.

하지만 보통 Trade-Off 상황의 대부분은 우선순위를 정하기가 어렵거나 또는 두 가지중 하나를 택하게 되면 하나는 크게 손해를 보게 되는 경우가 대부분을 차지하기 때문에 관리자들은 이런 상황을 매우 곤혹스럽게 생각한다.

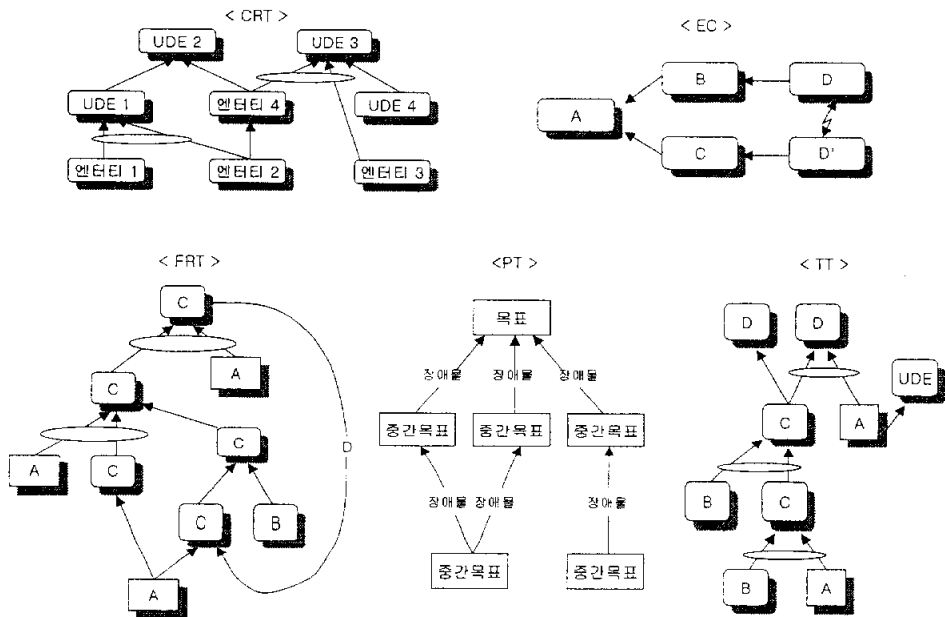
특히, 건설사업의 경우 우발적인 상황요소가 많고 거의 모든 현장의 작업이 야외작업으로 이루어져서 Trade-off 상황의 발생은 더욱 빈번할 것이다.

이와 같은 경우 두 개의 요소가 대립하게 되면 프로젝트 관리자는 적절한 해결방법을 모색하게 되는데 그때 TP는 적절한 도움을 줄 수 있을 것이다. TP는 두 가지 요소의 대립을 win-win으로 해결할 수 있도록 이끌어 줄뿐만 아니라 프로젝트 전체의 진행방향 설정과 또는 프로젝트의 진행 과정에 대한 평가를 가능하도록 도와 준다.

그렇다고 CCPM을 이용하여 프로젝트를 진행하는데 꼭 TP의 사용이 필요한 것은 아니다. 다만, TP의 활용이 CCPM을 운영하는데 있어 큰 도움을 줄 것임에는 틀림없다. TP를 사용하는 방법은 그리 어렵지 않으며, 단지 숙달을 필요로 한다. TP는 분명 CCPM을 활용한 건설 프로젝트를 성공으로 인도해 주는 지팡이가 되어 줄 것이다.

기법	문제	사용도	사용도	원리	출력
현재상황 나무 (CRT)	개선대상 (무엇)을 찾음	충분조건	핵심문제 찾음		FRT EC
증발구름 (EC)		필요조건	갈등해소 대안찾음	CRT	FRT
미래상황 나무 (FRT)	개선 목표 (무엇으로)를 찾음	충분조건	목표 검증	CRT EC	PT TT
선행조건 나무 (PT)	개선방법 (어떻게)를 찾음	필요조건	장기계획 수립	FRT	TT
실행계획 나무 (TT)		충분조건	단기계획 수립	PT FRT	

<표 1> TP(thinking Process) 의 비교



<그림 17> TP의 활용 모형도

Ⅳ. CCPM 기법의 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 수행 성과의 직접적인 비교에는 무리가 따른다. 따라서 예제를 통하여 두 가지의 방법으로 스케줄링 하여 그 결과를 비교 장단점을 분석해 본다.

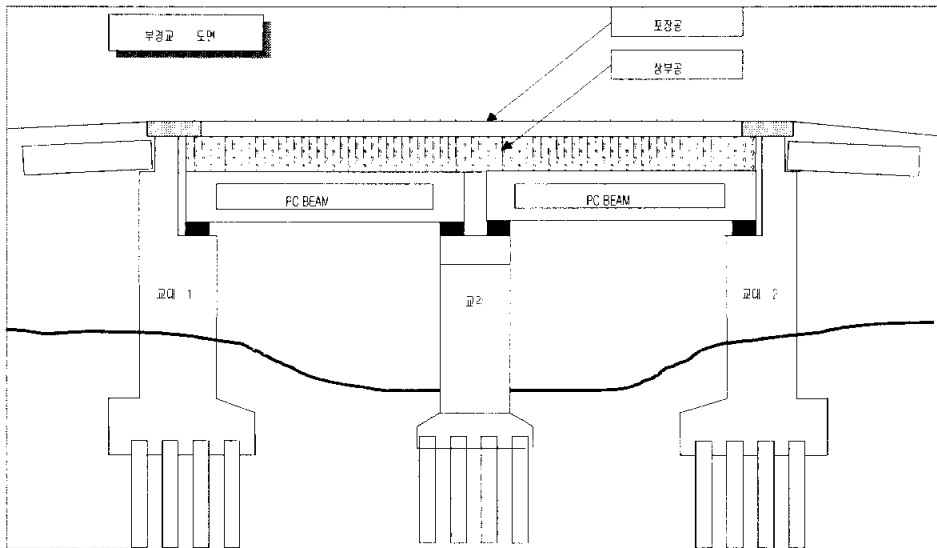
본 모의시험에서는 CCPM의 사용을 쉽게 설명하기 위하여 각각의 작업을 세분화하는 대신 각 작업을 대표 할 수 있는 수준의 크기로 묶어서 액티비티의 숫자를 50개 정도로 제한하였다.

4.1 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, 상부콘크리트 팀의 5개 팀으로 스케줄링 되며, 배정된 인원 외의 추가 인원에 대한 고려는 없는 것으로 가정한다.

작업일정의 제약에 대한 고려 및 휴일에 대한 고려 없이 일정을 산정하고 단, 2002년 12월 31일 까지 완공되도록 하는 후행계산(Backward Pass)을 실시 토록 한다..

스케줄링은 Microsoft사의 Project2002를 사용하며 우선 CPM을 사용한 PDM 기법으로 네트워크를 작성하여 Critical Path를 찾은 후, CCPM으로 변환하도록 한다. 이미 시중에 CCPM을 적용할 수 있는 공정관리 프로그램이 나와 있으나 CCPM의 원리를 설명하기에는 사용에 대한 제약 조건이 많고 복잡하여 본 연구의 목적과는 맞지않아 MS Project2002를 사용하여 스케줄링 하도록 한다..



<그림 18> 예제의 단면도

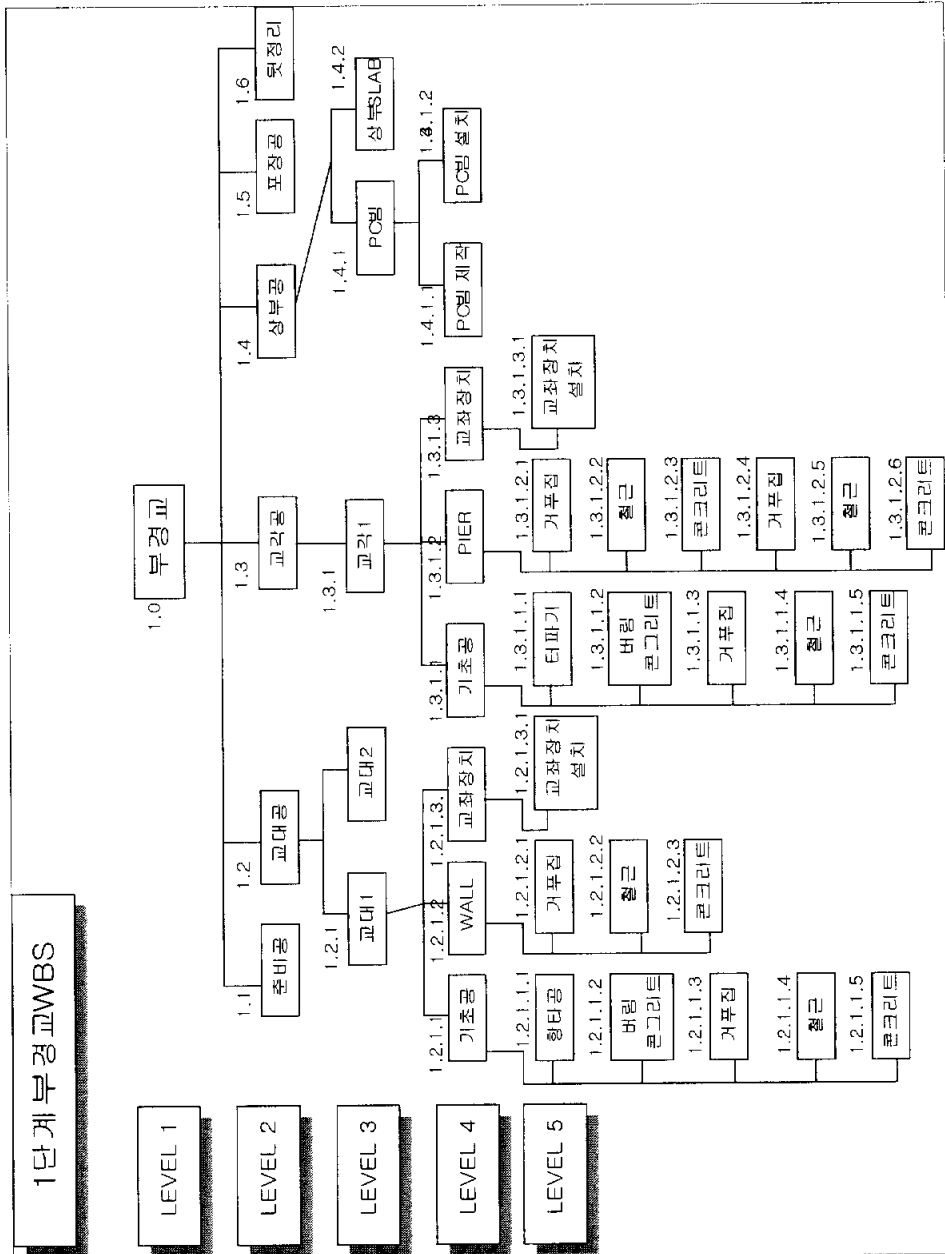
4.2 WBS의 구성

프로젝트를 스케줄링하기 위하여 우선 WBS(Work Breakdown Structure)를 구성하여야 한다. .

WBS란 Project의 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 구성하여 이를 바탕으로 작업을 정의하도록 한다.

이와 같이 구성된 WBS를 바탕으로 하여 작업을 세분화 한 후 공기를 산정 하여 MS Project 2002에 입력하도록 한다

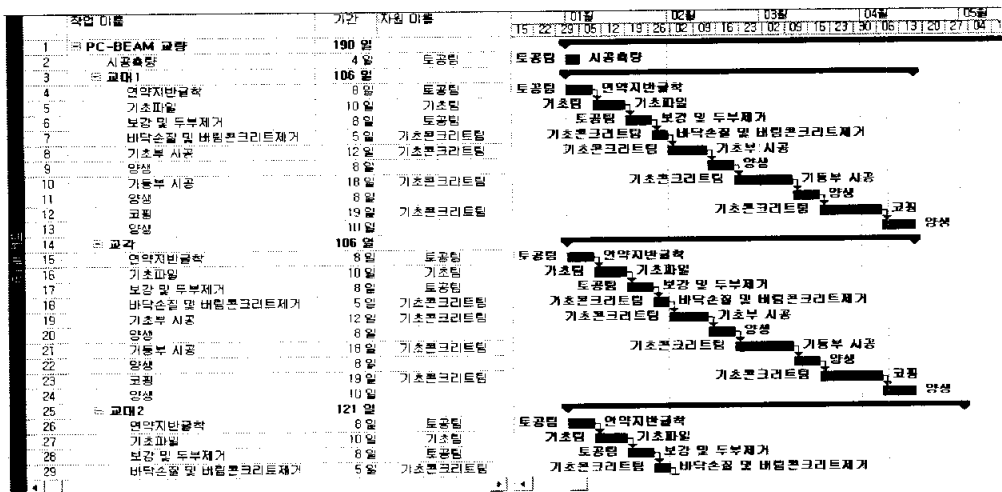
본 모의시험은 CCPM을 이용한 스케줄링을 설명하기 위한 것임으로 비용이나 물량산출 등의 과정은 제외하며 MS Project상의 업데이트는 CCPM의 변환과정을 설명하기 위하여 필요한 기간과 각 작업에 필요한 작업팀만을 표시토록 한다.



〈그림 19〉 WBS의 구성

4.3 CPM 스케줄링

MS Project는 기본적으로 CPM 기법을 적용하도록 만들었기 때문에 CPM 기법을 적용하기 위한 별도의 작업을 수행할 필요는 없다. MS Project를 실행한 후 작업 시트에 작업명, 작업기간, 작업팀을 기입해준다. 이 과정을 거치면 MS Project 상에 간트차트(Gantt Chart)와 함께 작업들이 표시되고 선행작업을 지정해 줌으로써 간트차트상에 작업의 선후 관계가 표시되된다.

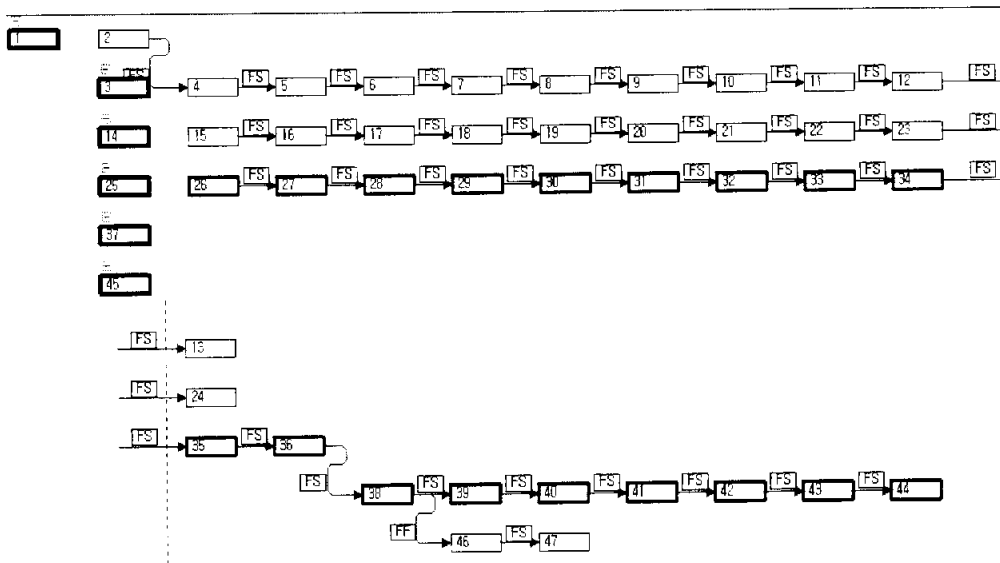


<그림 20> MS Project 2002를 이용한 스케줄링 과정

하지만 이것은 단지 작업간의 순서만을 나타낼 뿐이며 자원의 제약능력은 고려되지 않은 상태이다. 자원에 대한 기입이 끝나고 나면 MS Project의 자원평준화 기능을 이용하여 작업선후관계에 맞추어 평준화 해준다. 자원의 평준화가 끝나고 나면 작업은 선후 관계에 맞추어 정리가 되고 Critical Path를 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	전행 작업	자원 이름
1 PC-BEAM 교량	324 일	가능한 한 빨리		
2 시공속량	4 일	가능한 한 빨리		토공팀
3 교대1	106 일	가능한 한 빨리		
4 연약지반굴착	8 일	가능한 한 빨리	2	토공팀
5 기초파일	10 일	가능한 한 빨리	5	토공팀
6 보강 및 두부제거	8 일	가능한 한 빨리	6	기초콘크리트팀
7 바닥순갈 및 배월콘크리트제거	6 일	가능한 한 빨리	7	기초콘크리트팀
8 기초부 시공	12 일	가능한 한 빨리	8	
9 양생	8 일	가능한 한 빨리	9	
10 기동부 시공	18 일	가능한 한 빨리	10	기초콘크리트팀
11 양생	8 일	가능한 한 빨리	11	
12 코팅	19 일	가능한 한 빨리	12	기초콘크리트팀
13 양생	16 일	가능한 한 빨리		
14 교대2	169 일	가능한 한 빨리		
15 연약지반굴착	8 일	가능한 한 빨리	15	토공팀
16 기초파일	10 일	가능한 한 빨리	16	토공팀
17 보강 및 두부제거	8 일	가능한 한 빨리	17	기초콘크리트팀
18 바닥순갈 및 배월콘크리트제거	5 일	가능한 한 빨리	18	기초콘크리트팀
19 기초부 시공	12 일	가능한 한 빨리	19	
20 양생	6 일	가능한 한 빨리	20	기초콘크리트팀
21 기동부 시공	18 일	가능한 한 빨리	21	
22 양생	8 일	가능한 한 빨리	22	기초콘크리트팀
23 코팅	19 일	가능한 한 빨리	23	
24 양생	10 일	가능한 한 빨리		
25 교대3	215 일	가능한 한 빨리		
26 연약지반굴착	8 일	가능한 한 빨리	26	토공팀
27 기초파일	10 일	가능한 한 빨리	27	기초팀
28 보강 및 두부제거	8 일	가능한 한 빨리	28	토공팀
29 바닥순갈 및 배월콘크리트제거	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	
32 기동부 시공	18 일	가능한 한 빨리	32	기초콘크리트팀
33 양생	8 일	가능한 한 빨리	33	
34 코팅	19 일	가능한 한 빨리	34	기초콘크리트팀
35 양생	10 일	가능한 한 빨리	35	
36 뚫채흙다짐	15 일	가능한 한 빨리		토공팀
37 상부골	69 일	가능한 한 빨리		
38 shoe 설치	10 일	가능한 한 빨리	38	기계팀
39 beam거치	3 일	가능한 한 빨리	39	기계팀
40 가로보 및 슬래브	20 일	가능한 한 빨리	40	상부콘크리트팀
41 양생	8 일	가능한 한 빨리	41	
42 ASP 포장	7 일	가능한 한 빨리	42	포장팀
43 가드레일 설치	14 일	가능한 한 빨리	43	기계팀
44 워정리	7 일	가능한 한 빨리	44	토공팀
45 기타골	89 일	가능한 한 빨리	36FF	상부콘크리트팀
46 빔제작	60 일	가능한 한 빨리	46	기계팀
47 정렬개단설치	20 일	가능한 한 빨리		

<그림 21> CPM 공정표



<그림 22> PDM 네트워크

4.4 Critical Chain으로의 전환

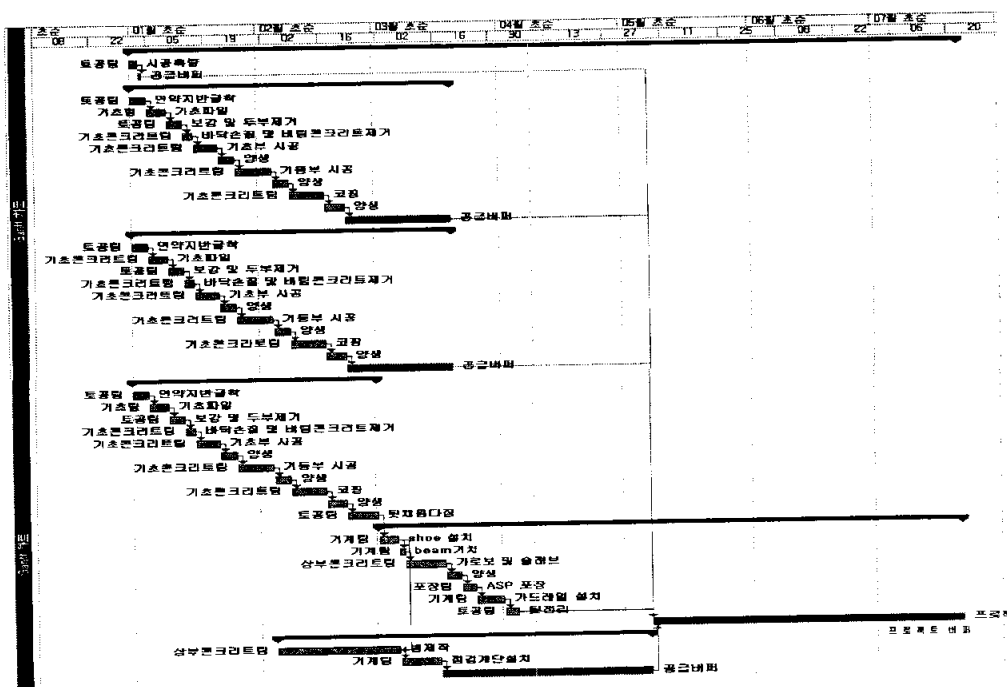
Critical Chain으로 변환하는 과정은 우선 각 작업에 적용된 기간을 반으로 줄이고 공급 버퍼와 프로젝트 버퍼를 설정해 주는 것으로부터 시작한다. 본 예제에서 작업을 반으로 줄이는 것은, 단순히 Critical Chain으로 변환하는 과정을 보여주기 위한 가정일 뿐이며, 정량적 개념으로 50%를 줄이는 것이 현실적으로 적용 가능하다는 것은 아니다. 적절한 크기의 여유는 프로젝트의 성격이나 작업조건, 작업환경 등 많은 조건들이 고려되어야 할 것이며 여기에 대한 연구는 앞으로도 계속 진행되어야 할 것으로 보인다.

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 두부제거	8 일	6 기초파일	5 일
7 바닥손질 및 버림콘크리트제거	5 일	7 보강 및 두부제거	4 일
8 기초부 시공	12 일	8 바닥손질 및 버림콘크리트제거	2.5 일
9 양생	8 일	9 기초부 시공	6 일
10 기동부 시공	18 일	10 양생	4 일
11 양생	8 일	11 기동부 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 두부제거	8 일	17 연약지반굴착	4 일
18 바닥손질 및 버림콘크리트제거	5 일	18 기초파일	5 일
19 기초부 시공	12 일	19 보강 및 두부제거	4 일
20 양생	8 일	20 바닥손질 및 버림콘크리트제거	2.5 일
21 기동부 시공	18 일	21 기초부 시공	6 일
22 양생	8 일	22 양생	4 일
23 코팅	19 일	23 기동부 시공	9 일

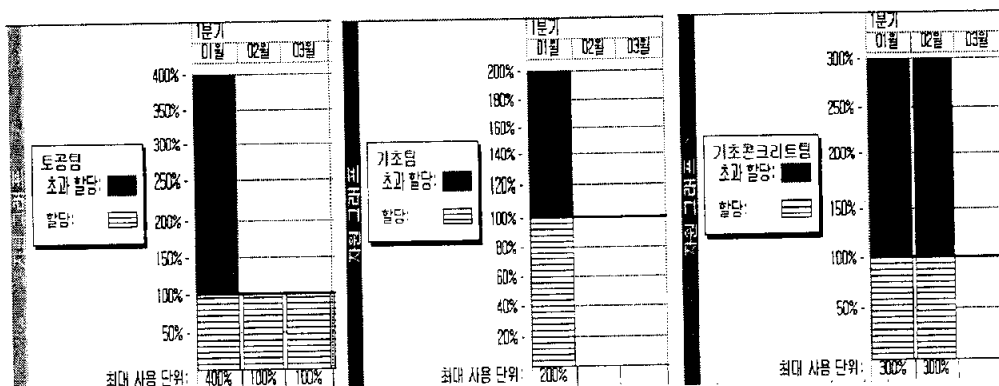
<그림 23> 각 공정 크기의 조정

작업의 기간을 반으로 줄인 다음에는 앞의 4.3절에서 만들어진 공정표상의 애로 경로인 교대2 작업과 상부공 작업, 다시 말해 애로 사슬의 작업에는 프로젝트 버퍼를 설치하고 나머지 작업에는 공급버퍼를 설치해 준다. 공급버퍼와 프로젝트 버퍼의 크기는 각 구간 작업별 전체 기간의 반으로 한다.

본 예제에서는 공급버퍼 3개와 프로젝트 버퍼 1개가 생성되었다.



그림과 같이 생성된 스케줄링 간트차트를 바탕으로 자원의 경합을 해소해야 한다. 자원의 경합은 MS Project의 자원 그래프 기능을 이용해서 자원의 중복 즉, 자원경합이 일어나고 있는 곳을 찾은 후에 자원 평준화 기능을 이용한다. <그림 24>에서 빨간색으로 표시되어 있는 만큼이 초과할당된 일이므로 이를 평준화 해주어야 한다. 평준화를 실행한 후 다시 자원 그래프를 확인해야 한다.



<그림 25> 자원 그래프의 이용

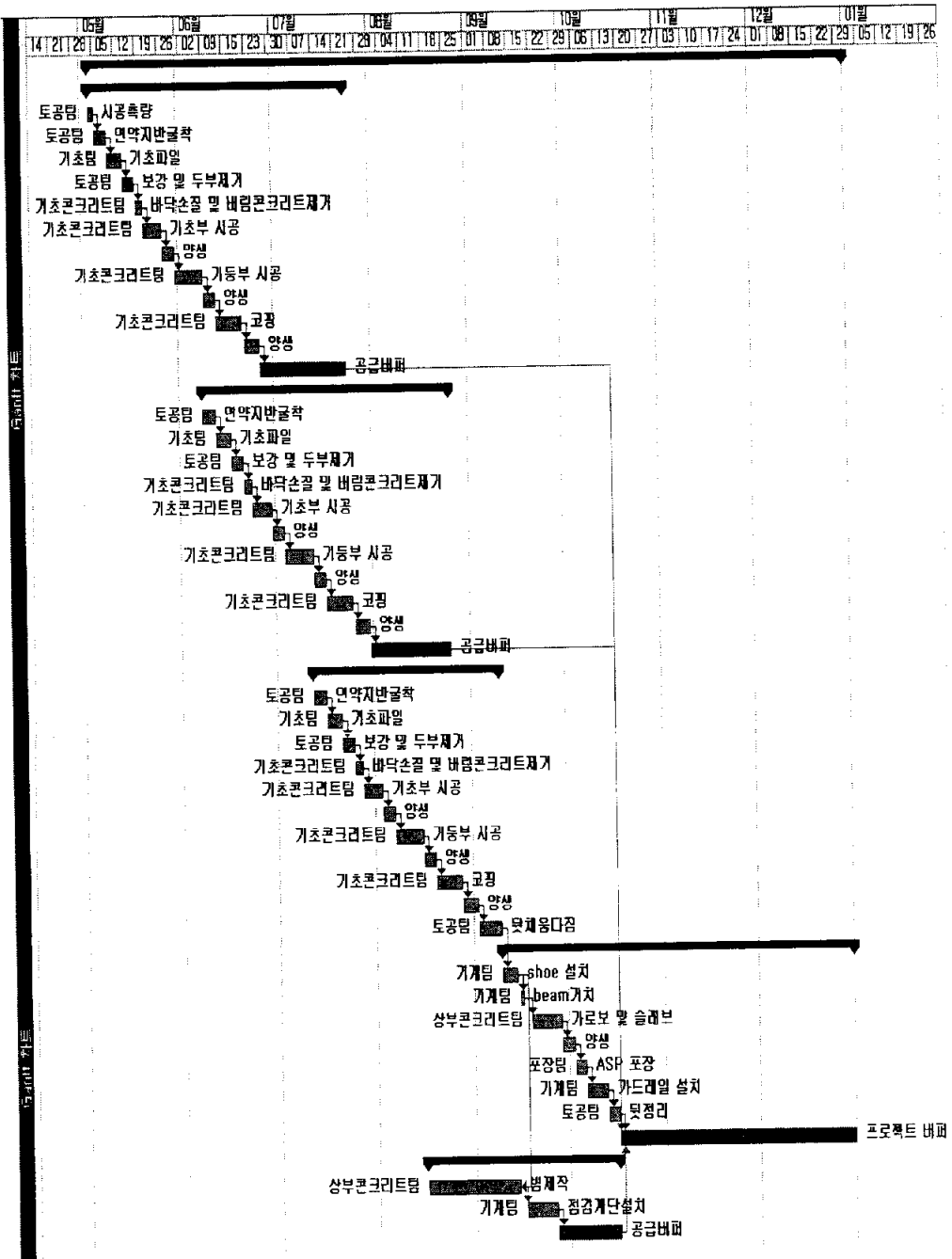
작업 이름	기간	제한 종류	자원 이름	2분기		3분기		4분기		분기					
				02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월	09월	10월	11월	12월	01월
1 PC-BEAM 교량	229.5 일	가능한 한 늦게													
2 교대 1	153.5 일	가능한 한 늦게													
3 시공총량	2 일	가능한 한 늦게	토공팀												
4 연약지반굴착	4 일	가능한 한 늦게	토공팀												
5 기초파일	5 일	가능한 한 늦게	기초팀												
6 보강 및 두부재가	4 일	가능한 한 늦게	토공팀												
7 및 배림콘크리	2.5 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
8 기초부 시공	6 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
9 양상	4 일	가능한 한 늦게													
10 기둥부 시공	9 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
11 양상	4 일	가능한 한 늦게													
12 교량	8.5 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
13 양상	5 일	가능한 한 늦게													
14 공극배려	27 일	가능한 한 늦게													
15 교각	117.5 일	가능한 한 늦게													
16 연약지반굴착	4 일	가능한 한 늦게	토공팀												
17 기초파일	5 일	가능한 한 늦게	기초팀												
18 보강 및 두부재가	4 일	가능한 한 늦게	토공팀												
19 및 배림콘크리	2.5 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
20 기초부 시공	6 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
21 양상	4 일	가능한 한 늦게													
22 기둥부 시공	9 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
23 양상	4 일	가능한 한 늦게													
24 교량	8.5 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
25 양상	5 일	가능한 한 늦게													
26 공극배려	26 일	가능한 한 늦게													
27 교대 2	59.5 일	가능한 한 늦게													
28 연약지반굴착	4 일	가능한 한 늦게	토공팀												
29 기초파일	5 일	가능한 한 늦게	기초팀												
30 보강 및 두부재가	4 일	가능한 한 늦게	토공팀												
31 및 배림콘크리	2.5 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
32 기초부 시공	6 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
33 양상	4 일	가능한 한 늦게													
34 기둥부 시공	9 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
35 양상	4 일	가능한 한 늦게													
36 교량	8.5 일	가능한 한 늦게	기초콘크리트팀												
37 양상	5 일	가능한 한 늦게													
38 빔치음다짐	7.5 일	가능한 한 늦게	토공팀												
39 상부공	112.5 일	가능한 한 늦게													
40 shoe 설치	5 일	가능한 한 늦게	기계팀												
41 beam거치	1.5 일	가능한 한 늦게	기계팀												
42 가동보 및 슬래브	10 일	가능한 한 늦게	상부콘크리트팀												
43 양상	4 일	가능한 한 늦게													

<그림26>에 표시된 것처럼 이렇게 변형된 공정표 상에는 제약조건에 의한 자원의 경합은 해소되었지만 작업의 선후 관계가 흐트러져 작업 선후 관계가 불분명하게 되는 작업이 발생한다. 이와 같은 작업은 자원의 중복이 생기지 않도록

주의하면서 수작업으로 수정 보완 하여야한다. 이런 일련의 과정들을 거치고 나면 다음 그림과 같은 CCPM 공정표가 완성되게 된다.

작업 이름	기간	시작 날짜	완료 날짜	선행 작업	자원 이름
1 PC-BEAM 교량	242.5 일	02-05-03 오후 1:00	02-12-31 오후 5:00		
2 교대 1	81.5 일	02-05-03 오후 1:00	02-07-23 오후 5:00		
3 시공측량	2 일	02-05-03 오후 1:00	02-05-05 오후 12:00		토공팀
4 면악지반굴착	4 일	02-05-05 오후 1:00	02-05-09 오후 12:00	3	토공팀
5 기초파일	5 일	02-05-09 오후 1:00	02-05-14 오후 12:00	4	기초팀
6 보강 및 두부제거	4 일	02-05-14 오후 1:00	02-05-18 오후 12:00	5	토공팀
7 바닥손질 및 버림콘크리트제거	2.5 일	02-05-18 오후 1:00	02-05-20 오후 5:00	6	기초콘크리트팀
8 기초부 시공	6 일	02-05-21 오전 8:00	02-05-26 오후 5:00	7	기초콘크리트팀
9 양생	4 일	02-05-27 오전 8:00	02-05-30 오후 5:00	8	
10 기동부 시공	9 일	02-05-31 오전 8:00	02-06-06 오후 5:00	9	기초콘크리트팀
11 양생	4 일	02-06-09 오전 8:00	02-06-12 오후 5:00	10	
12 코킹	8.5 일	02-06-13 오전 8:00	02-06-21 오후 12:00	11	기초콘크리트팀
13 양생	5 일	02-06-22 오전 8:00	02-06-26 오후 5:00	12FS-14 일	
14 공급배관	27 일	02-06-27 오전 8:00	02-07-23 오후 5:00	13	
15 교대 2	78.5 일	02-06-08 오후 1:00	02-08-25 오후 5:00		
16 면악지반굴착	4 일	02-06-08 오후 1:00	02-06-12 오후 12:00		토공팀
17 기초파일	5 일	02-06-12 오후 1:00	02-06-17 오후 12:00	16	기초팀
18 보강 및 두부제거	4 일	02-06-17 오후 1:00	02-06-21 오후 12:00	17	토공팀
19 바닥손질 및 버림콘크리트제거	2.5 일	02-06-21 오후 1:00	02-06-23 오후 5:00	18	기초콘크리트팀
20 기초부 시공	6 일	02-06-24 오전 8:00	02-06-29 오후 5:00	19	기초콘크리트팀
21 양생	4 일	02-06-30 오전 8:00	02-07-03 오후 5:00	20	
22 기동부 시공	9 일	02-07-04 오전 8:00	02-07-12 오후 5:00	21	기초콘크리트팀
23 양생	4 일	02-07-13 오전 8:00	02-07-15 오후 5:00	22	
24 코킹	8.5 일	02-07-17 오전 8:00	02-07-25 오후 12:00	23	기초콘크리트팀
25 양생	5 일	02-07-26 오전 8:00	02-07-30 오후 5:00	24FS-14 일	
26 공급배관	26 일	02-07-31 오전 8:00	02-08-25 오후 5:00	25	
27 교대 2	58.5 일	02-07-12 오후 1:00	02-09-09 오후 5:00		
28 면악지반굴착	4 일	02-07-12 오후 1:00	02-07-16 오후 12:00		토공팀
29 기초파일	5 일	02-07-16 오후 1:00	02-07-21 오후 12:00	28	기초팀
30 보강 및 두부제거	4 일	02-07-21 오후 1:00	02-07-25 오후 12:00	29	토공팀
31 바닥손질 및 버림콘크리트제거	2.5 일	02-07-25 오후 1:00	02-07-27 오후 5:00	30	기초콘크리트팀
32 기초부 시공	6 일	02-07-28 오전 8:00	02-08-02 오후 5:00	31	기초콘크리트팀
33 양생	4 일	02-08-03 오전 8:00	02-08-06 오후 5:00	32	
34 기동부 시공	9 일	02-08-07 오전 8:00	02-08-15 오후 5:00	33	기초콘크리트팀
35 양생	4 일	02-08-16 오전 8:00	02-08-19 오후 5:00	34	
36 코킹	8.5 일	02-08-20 오전 8:00	02-08-28 오후 12:00	35	기초콘크리트팀
37 양생	5 일	02-08-28 오후 1:00	02-09-02 오후 12:00	36	
38 뒤편다짐	7.5 일	02-09-02 오후 1:00	02-09-09 오후 5:00	37	토공팀
39 상부공	113 일	02-09-10 오전 8:00	02-12-31 오후 5:00		
40 shoe 설치	5 일	02-09-10 오전 8:00	02-09-14 오후 5:00	38	기계팀
41 beam거치	1.5 일	02-09-15 오후 1:00	02-09-16 오후 5:00	40	기계팀
42 가로보 및 슬래브	10 일	02-09-19 오전 8:00	02-09-28 오후 5:00	41	상부콘크리트팀
43 양생	4 일	02-09-28 오전 8:00	02-10-02 오후 5:00	42	
44 ASP 포장	3.5 일	02-10-03 오전 8:00	02-10-06 오후 12:00	43	포장팀
45 가이드라인 설치	7 일	02-10-06 오후 1:00	02-10-13 오후 12:00	44	기계팀
46 뒷정리	3.5 일	02-10-13 오후 1:00	02-10-16 오후 5:00	45	토공팀
47 프로젝트 마감	76 일	02-10-17 오전 8:00	02-12-31 오후 5:00	46, 51, 26, 14	
48 기타작	62 일	02-08-16 오전 8:00	02-10-16 오후 5:00		
49 제척	30 일	02-08-16 오전 8:00	02-09-14 오후 5:00	40FF	상부콘크리트팀
50 점검개단설치	10 일	02-09-17 오전 8:00	02-09-26 오후 5:00	49	기계팀
51 공급배관	20 일	02-09-27 오전 8:00	02-10-16 오후 5:00	50	

<그림 27> Critical Chain 완성 공정표



<그림 28> Critical Chain 완성 Gantt Chart

VI. 결과 및 고찰

본 연구의 모의시험은 프로젝트의 공정관리 개선책을 제시코자 PERT/CPM 기법과 CCPM 기법을 이용하여 각각 스케줄링 해보고 그 결과를 비교하고 3장에서 제시한 CCPM으로 변환 프로세스에 맞추어 스케줄링과정을 상세히 설명 함으로써 국내에 부족한 CCPM 이해를 돕고자 하였다. 앞서 설명하였던 PERT/CPM과 CCPM의 차이점들은 크게 <표 2와> 같다. 다음과 같은 차이점들을 고려하여 비교해본 결과는 다음과 같다.

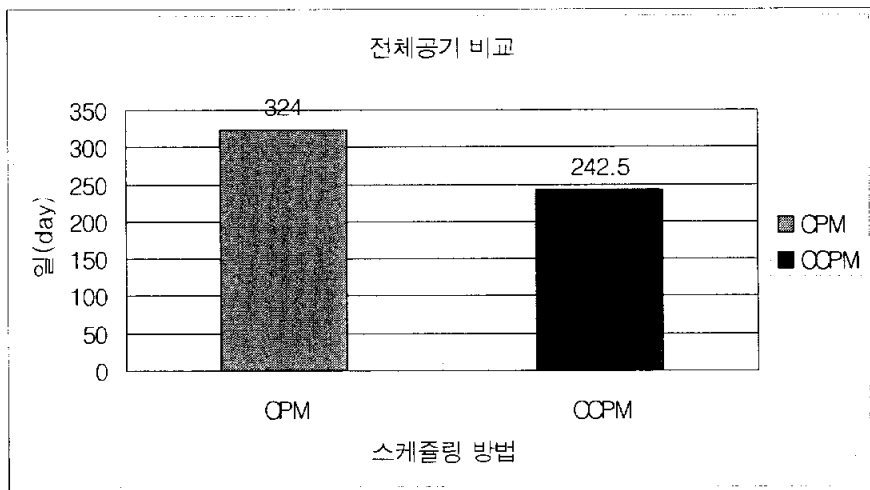
	PERT/CPM	CCPM
주공정	Critical Path	Critical Chain
시간의 종속성	고려	고려
자원의 종속성	이론적으로 고려되지 않음(현장에서 임의적으로 고려)	고려
작업개시시간	EST 사용	LST 사용
불확실 상황의 대비	고려치 않음	고려
Control Point	세부공정 각각에 대한 세부적 진도관리.(적당한 기준점 존재하지 않음)	버퍼의 소모에 따른 개략적인 진도 관리 가능
신뢰성	50년 이상 현장에서 사용됨(일정 및 예산에 대한 준수율은 극히 떨어짐)	아직 국내 건설 현장에서 사용된 적 없음.(검증이 필요)

<표 2> PERT/CPM 과 CCPM의 비교

5.1 일정의 비교

4장의 모의시험을 통하여 CCPM과 PERT/CPM 스케줄링을 비교하였다. CCPM으로 변환하기 위하여 우선 CPM 기법을 사용하여 스케줄링 한후 각 Activity에 포함 되어 있을 것으로 예상한 안전 여유를 50%로 가정하고 CCPM으로 전환하였다.

그 결과 CPM 스케줄링은 324일 CCPM 스케줄링은 224.5일의 예상 공기를 갖게 되었다.



<그림 29> CPM · CCPM 일정 결과 비교

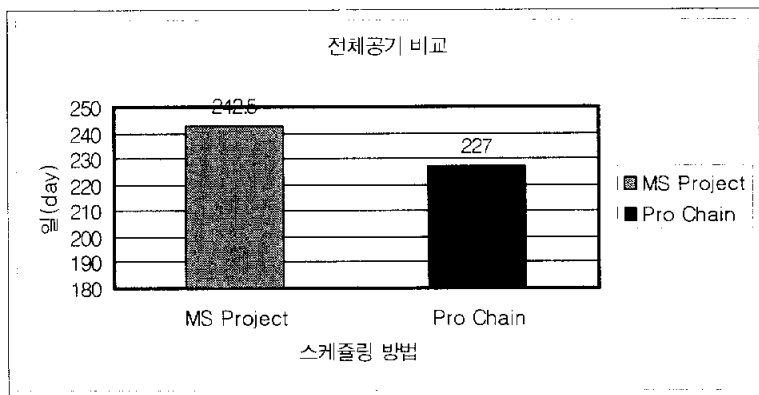
CPM 스케줄링의 경우 처음 평균화를 실시하였을 때는 콘크리트 팀에서 자원의 중복이 발생하여 이를 재조정하였으며, MS Project를 사용하여 스케줄링 한 결과 프로세스상에서 작업의 특징을 인식하지 못해서 전체 작업의 선후 관계가 불분명해지는 현상이 발생하였다. 이것을 다시 업무 특징에 맞추어 다시 설정하였으며 이로 인해서 전체 작업의 일정이 길어지게 되었다.

CCPM 스케줄링의 경우 프로세스 상에 TOC 이론이 반영되지 않아 모든 과정을 직접 조정하였으며 이를 검증하기 위해서, Pro Chain을 이용하여 재 스케줄링 하여 비교하였다. Pro Chain 은 CCPM을 적용하도록 만들어진 공정관리 프로세스로 Ms Project에 Add-in 하도록 만들어진 프로그램이다.

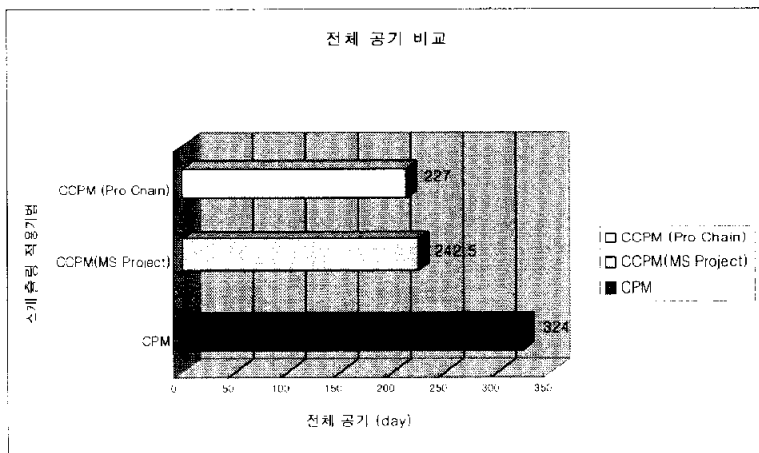
Pro Chain으로 스케줄링 한 결과 전체 공기는 213일로 나타났으며 이 결과 역

시 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 작업시에 주관적인 판단이 들어가는 경우가 발생하였기 때문으로 사려된다. 또한 Pro Chain 작업의 경우 변환 과정이 자동적으로 이루어 지도록 되어 있어 업무 선, 후 관계가 다르게 적용되었기 때문으로 판단된다.



<그림 30> 두 가지 소프트웨어를 사용한 CCPM 결과비교



<그림 31> 전체 공기 비교

5.2 자원 제약의 비교

PERT/CPM과 CCPM 스케줄링을 적용하는데 있어 차이점은 자원의 제약을 어떻게 고려하는가에 있다. 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 된다.

본 예제를 통하여 살펴본 제약자원의 이용 결과는 다음과 같다.

- ① CPM 스케줄링의 경우 WBS의 Level 2 단계인 대공중 분류를 중심으로 각 분류의 선행 액티비티의 자원인 토공팀을 중심으로 Critical Path를 구성한다.
- ② CCPM 스케줄링의 경우 전체 프로젝트에서 자원의 부하량이 가장 많은 기초 콘크리트팀을 중심으로 Critical Chain을 구성한다.
- ③ CPM 스케줄링을 이용하여 MS Project로 평균화를 실시한 경우 기초 콘크리트팀에서 자원의 경쟁이 일어나 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 선행 공정 전체 기간의 50%로 설정하였다. 이와 같이 설정한 경우 전체 공기는 약 25% 단축되는 결과를 나타내었고, 이중 30%가량은 Critical Path의 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.

VI. 결론

건설프로젝트의 성공 여부는 크게 비용(Cost), 일정(Timeless), 품질(Quality)의 세 가지로 판단 할 수 있다. 하지만 현재 진행되거나 완공되어진 건설 프로젝트의 경우 일정의 연기나, 예산의 초과를 당연한 것처럼 받아들이고, 오히려 그것들을 지키는 것이 사례화 될 만큼, 세 가지 조건을 한꺼번에 만족시키는 것은 어려운 일이다.

본 연구에서는 이렇게 프로젝트를 관리하는데 있어 어려움이 발생하는 근본적인 이유를 PERT/CPM을 사용한 스케줄링의 문제로 보고, PERT/CPM을 대신 할 수 있을 것으로 사려되는 CCPM의 도입을 검토해 보았다.

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 BUFFER Management를 이용하여 좀더 체계적이고 안정적인 프로젝트 운영을 가능하게 해주고, 이와 함께 TOC의 다른 이론들을 프로젝트 운영에 함께 적용하여 프로젝트 관리 능력을 향상 시킬 수 있다.

셋째, 건설 프로젝트를 운영하는 핵심 요소인 인간의 심리를 스케줄링 이론에 고려함으로써 인력운영의 효율성 및 작업능률을 극대화 할 수 있다.

넷째, 프로젝트를 진행함에 있어 가장 큰 문제가 되는 머피에 대하여 충분히

대비함으로써 그동안 머피에 대한 대책이 사후처리에 머물던 것과는 달리 사전예방차원의 관리가 가능하다.

다섯째, 모의 시험을 이용한 스케줄링 결과에서 보여준 일정의 단축은 비용의 절감과 함께 프로젝트 전체의 Quality도 함께 향상시킬 수 있다.

CCPM은 TOC를 배경으로 하는 새로운 프로젝트 관리 기법이다. 제조공정을 중심으로 한 프로젝트 및 R&D사업에서의 CCPM 성공 사례는 이미 여러 차례 보고되고 있으며, PERT/CPM에서는 고려되지 않은 자원종속의 문제 머피에 대한 대비 등 건설 프로젝트에 적용에도 많은 장점들이 있을 것으로 판단되는 만큼 CCPM을 건설 프로젝트 현장에 적용하기 위해서는 첫째, 실제 현장에서의 적용 및 데이터화 둘째, CCPM 적용 생산성 측정에 관한 연구, 셋째, 적정 수준의 버퍼와 안전여유 산정의 문제, 넷째 PMBOK과의 통합방안에 관한 연구 등의 후속 연구들이 필요할 것으로 사려된다.

참 고 문 헌

1. 최광식, "기업 회생을 위한 패스워드 TOC", 한·언, 2001
2. 정남기, "TOC 골든 룰", 한·언, 2001
3. 한국건설산업연구원, "건설관리 및 경영", 보성각, 2000
4. 박영민, 김수용, "건설 프로젝트에서의 CCPM도입에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2002
5. 유혁상, 남웅찬, "Microsoft Project 2000", 베스트 북, 2000
6. 정남기, "TOC를 어떻게 이해할 것인가", 대한산업공학회 추계학술발표대회, 2001
7. 최원준, "CCPM", 대한산업공학회 듀토리얼 ,2002
8. Lawrence P. Leach, "Critical Chain Project Management", Artech House, 2000
9. PMBOK, "A Guide to the Project Management Body of Knowledge", Project Management Institute, 2000
10. Kimio Inagaki, "TOC Critical chain 혁명", 1998
11. R. Max Wideman, "Project and Program Risk Management", PMI, 1992
12. Elaine Marmel, "Microsoft Project 2000 Bible", Hungry Minds, 2001
13. Kathy Schwalbe, "Information Technology Project Management", Course, 2000
14. John M. Nicholas, "Project Management for Business and Technology", Prentice Hall, 2000
15. <http://www.Gmsco.co.kr> , GMS사 홈페이지 자료
16. <http://www.Prochain.com>, Pro Chain사 홈페이지 자료

A Study on Schedule Management in Construction Projects by CCPM

Hae-Man, Im

*Department of Civil Engineering
Graduate School Pukyong National University*

Abstract

Most of construction works are proceeded with project type, and the success of project depends on schedule, quality, cost. If the three conditions are fulfilled, project will be successful.

In this paper, focusing on schedule within the three conditions, we studied on an application of CCPM(Critical Chain Project Management) in possibility in construction industry in order to complement PERT/CPM of existing process control technique.

We conducted a simulation about a bridge construction project so as to scrutinize the possibility of application of CCPM, and the results came out that the CCPM was effective to reduce the project duration time. The CCPM has been introduced as a new theory, but it is still insufficient to domestic industry because of shortage of systematic study also.

감 사 의 글

2년간의 수업을 끝 낸지가 어제 같은데 이런 저런 핑계로 논문은 쓰지 않고 시간만 보내다보니 같이했던 동기생들은 어느새 학위를 받고 다시 현업으로 돌아가거나 공부를 계속하고 있는데 논문 제출시기를 1년 반이나 넘겨 이제야 끝을 내게 되었습니다.

그나마 여러 교수님들과 주변의 많은 분들의 도움으로 지금이라도 끝을 내게 된 것은 다행이라고 생각해야할 것 같습니다.

너무나 많은 분들이 이번 논문을 위해 도움을 주셨지만, 현장을 핑계로 좀처럼 논문 쓸 생각을 않고 있는 불량한 학생을 위해 긴 시간동안 인내하며 이끌어 주신 이영대 지도교수님께 누구보다 먼저 감사 드립니다.

그리고 단지 1개 과목을 수강한 인연밖에 없음에도 불구하고 마치 휘하의 학생인 것처럼 처음부터 끝까지 걱정하며 챙겨주신 건설사업관리학과 김수용 교수님의 정성 또한 잊을 수가 없을 것입니다.

논문 발표 시 어설픈 표현과 형식을 벗어난 보고서 같은 부분을 꼼꼼히 지적하셔서 얼굴을 뜨겁게 만들어 주신 이종출 교수님께도 감사의 말씀을 전합니다.

또한 오가며 마주칠 때마다 안타까워하시며 졸업을 걱정해 주시던 손인식 교수님의 관심과 애정에 머리 숙여 감사 드립니다.

아울러 학교생활동안 가르침을 주신 김상용 교수님, 김중수 교수님, 이동욱 교수님, 장희석 교수님, 김명식 교수님, 정진호 교수님, 이환우 교수님, 국승규 교수님, 정두희 교수님, 이상호 교수님께 감사 드립니다.

특히 자신의 공부도 바쁘고 힘들텐데 논문을 끝낼 수 있게 고생해준 영민아에게도 진심으로 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 든든한 지원군인 아내와 아이들, 그리고 이미 장가가서 가정을 꾸미고 있는 아들을 더 많이 가르치고 싶어서 학비를 대 줄 테니 공부를 더하라고 등 떠밀며 지원해 주신 아버님, 어머님께 이 글을 빌어 끝없는 감사와 사랑의 마음을 전하고 싶습니다.

2003. 7

임 해 만