

현금 흐름을 고려한 건설일정 최적화에 관한 연구

Optimizing a Construction Schedule Considering Cash-flow

이 형 국* 임 태 경** 손 창 백*** 이 동 은****
 Lee, Hyung-Guk Lim, Tae-Kyung Son, Chang-Baek Lee, Dong-Eun

Abstract

This paper presents a system called a Cash-flow based Construction Scheduling Optimization (CfSO). The existing CPM is biased on schedule and cost management. For a profitable and successful project management, the cash-flow which occurred actually by contractual conditions should be considered in the project scheduling. Therefore, this study provides a method to estimate the amount of a cash-flow occurred periodically by integrating the terms of contract into scheduling. The proposed methodology is implemented as a system prototype in Microsoft Excel. CfSO helps a site manager as a decision-maker to establish a optimized project scheduling and decide profitable contractual conditions against a construction owner.

키 워 드 : 일정, 현금흐름, 순현재가치, 최적화, 계약조건.
 Keywords : scheduling, cash-flow, NPV, optimization, terms of contract.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사에서 현금유입(cash inflow) 및 유출(cash outflow)은 프로젝트 참여자들이 합의한 계약조건(Contract terms)에 따라 시차를 두고 주기적으로 발생된다. 예컨대, 건설계약자(contractor)가 특정한 기간 동안 수행한 공사물량을 근거로 발주자에게 기성(progress payment)을 요청하면, 발주자는 기성서류를 검토한 후 계약자에게 대금을 지급한다. 반면 시공을 담당하는 하도급업체(subcontractor)는 공사 수행을 위해 자재 및 인건비 관련 비용이 하루를 단위로 발생되며, 이를 월간 누적액으로 합산하여 기성을 지불받는다. 이처럼 발주자로부터 현금이 유입(cash inflow)되는 시점과 하도급자에게 공사대금을 지급(cash outflow)하는 시점의 차이는 원활한 공사진행과 최대의 수익을 확보하고자 하는 계약자에게 철저한 자금확보 전략을 수립하도록 강요한다. 현금의 유입 및 유출을 조절하는 수단은 2가지로 대별되는 데, 하나는 금융기관으로부터 필요한 자금을 차입하는 것이고, 다른 하나는 발주자 혹은 하도급자와 지급관련 계약조건을 조정하는 것이다. 여기서 금융자금을 활용하는

전략은 건설경기의 악화와 리스크로 인해 상당히 높은 대출이자 발생되어 프로젝트 완료시점에 계약자의 순수익을 차감시킨다. 한편, 계약조건을 조정하는 전략의 경우, 발주자에게 선지급금(mobilization)을 요청하거나, 하도급자에게 유보금(retainage)을 적용하는 등 세부적인 지급계약을 협의 조정함으로써 대출이자비용(cost of capital)에 대한 부담을 줄이고, 수익을 극대화하는 데 바람직하다. 본 연구는 프로젝트 참여주체들 사이에 지급관련 계약조건을 현금흐름의 변수로 고려하여 순현재가치(Net present value: NPV)를 극대화하는 일정계획을 수립하는 방법론을 개발하고, 시스템의 형태로 제시하는 것을 목표로 한다.

1.2 연구의 차별화 전략

본 연구는 다음과 같이 선행 연구들[1],[2]과 차별화를 도모한다: 1) 현금흐름분석에 있어 참여주체들(즉, 발주자, 계약자, 하도급자, 금융기관) 간의 조정이 가능한 계약조건을 주요 변수로 고려하고, 2) 기존에 계획된 공사기간(project completion time: PCT)을 유지하면서, 순현재가치(NPV)를 극대화하도록 계획일정(baseline schedule)을 조정하는 방법론을 제시한다. 3) 저자들이 제시하는 방법론은 실무자가 친숙한 엑셀(MS Excel)을 사용하여 계약자에게 특성화된 의사결정지원시스템(decision support system: DSS)의 원형(prototype)으로 개발한다. 특히, 시스템의 기능적인 요구조건들(functional requirements)을 분석하여, CPM 연산, 지급관련 계약변수를

* 경북대학교 건축토목공학부 대학원 석사과정, 정회원
 ** 경북대학교 건축토목공학부 대학원 박사과정, 정회원
 *** 세명대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 정회원
 **** 경북대학교 건축토목공학부 부교수, 공학박사, 정회원
 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구자 지원사업임. (핵심공통 : No. 2011-0027641)

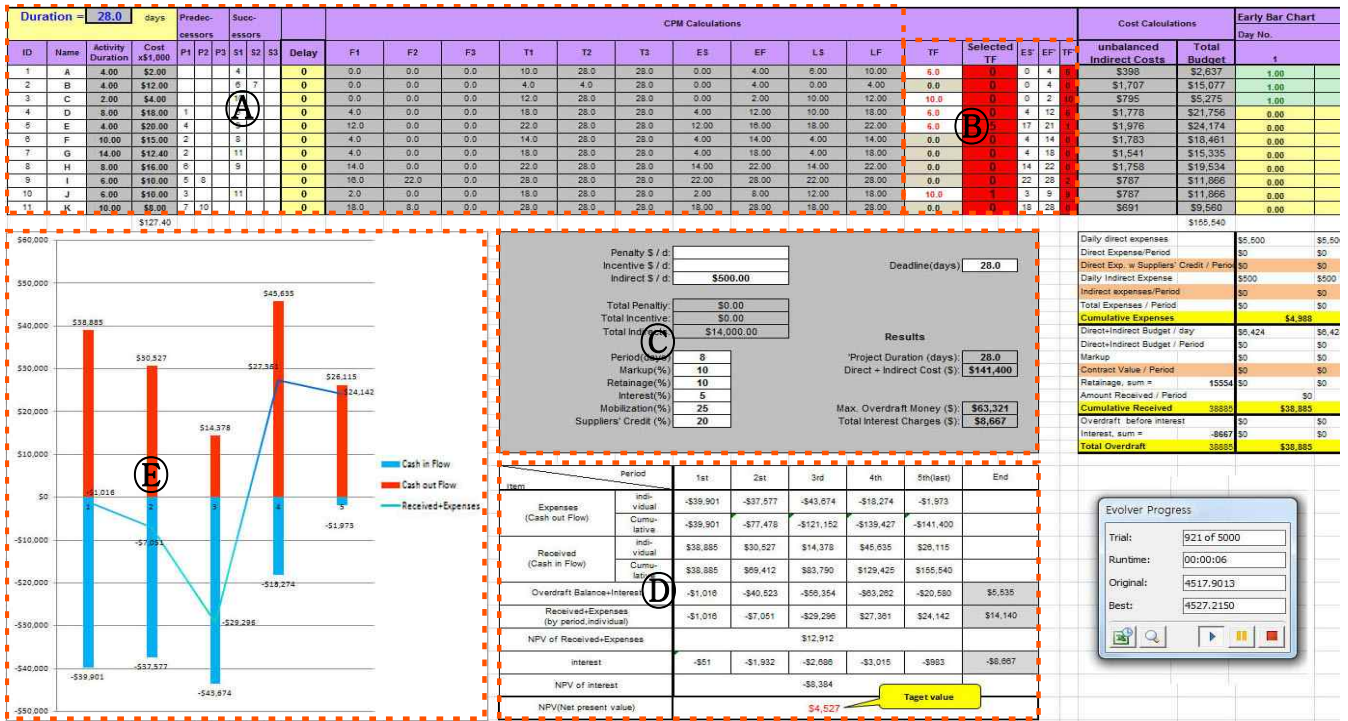


그림 1. 현금흐름을 고려한 건설일정 최적화 시스템

반영한 현금유입과 현금유출 금액 자동연산, 계약자의 관점에서 유리한 계약조건 분석(What-If analysis), 특정 계약조건하에서 최대의 NPV를 목적함수로 하는 건설일정의 최적해의 탐색, 그리고 현금흐름이 발생하는 기간별로 요약한 수지분석표와 현금흐름도(cash flow diagram)의 보고서 기능들이 하나로 통합된 사용자 환경을 제시한다. 본 연구는 지면의 관계상 방법론의 상세한 제시 대신, 2장에서 개발 중인 시스템을 중심으로 사용자 환경에 대해 상세히 설명한다.

2. 현금흐름을 고려한 일정 최적화 시스템

그림 1은 “현금흐름을 고려한 일정 최적화 시스템 (Cash flow based Schedule Optimization System: CfSO)”의 현재 개발 중인 시스템 사용자환경이다. CfSO는 Hegazy(2002)가 엑셀환경에서 개발한 CPM알고리즘을 근간으로 하여, 1.2절에서 언급한 시스템의 기능적 요구조건들을 개별 모듈로 개발하여 하나로 통합되어 있다. CfSO의 사용자 환경에 대해 독자의 이해를 돕고, 기존연구와 차별화된 접근법들을 설명하기 위해 각 기능모듈별로 아래에 제시한다.

2.1 ㉠ CPM 연산모듈

상용화된 프로젝트 일정관리시스템(예, P3, MS Project)로 작성된 계획일정데이터(baseline schedule data: Act, IDs, Act, Relationship, Act, Cost, Duration)를 호출하고, CPM 연산을 자동으로 수행하여 연산결과(ES, EF, LS, LF, TF)를

표시한다.

2.2 ㉡ 최적해 탐색 모듈

2.1절의 CPM 연산모듈로부터 계산된 비 주요액티비티들(Non-critical activities)의 여유시간(total float: TF) 정보는 초기에 계획된 공사완료시간(PCT)을 변화시키지 않으면서 비 주요액티비티들이 가지는 여유시간의 범위 내에서 시작시간과 완료시간을 조정함으로써 현금흐름의 변화를 분석할 수 있다. 따라서 이 모듈은 CPM 연산결과로부터 여유시간이 존재하는 비 주요액티비티들을 결정변수(decision variable)로 자동 선별하고, 액티비티의 공기 조정 범위를 하위한계(“0”)으로 일괄 초기화)부터 총여유시간(TF)을 상위한계로 설정하여, 일단위(daily unit)로 액티비티들의 이른시작시간(ES)을 조정시킨다. 또한, 이 모듈은 새롭게 조정된 비주요액티비티들의 착수시간과 완료시간 정보를 바탕으로 우측에 시각적인 바차트(bar chart)를 표시한다. 향후, 이 모듈은 최적해를 탐색하는 알고리즘(예, 유전알고리즘)과 통합되어 ㉢ 현금수지요약표의 최 하단에 산출되는 순현재가치(NPV)를 목적함수로 이를 최대화하는 최적의 계약조건을 탐색하고, 그 계약조건을 토대로 공사완료시간을 유지하는 제한조건하에서 비 주요액티비티들을 결정변수로하여 최적화된 액티비티 일정계획을 수립하는 기능으로 확장 된다.

2.3 ㉢ 계약변수에 의한 시나리오분석(What-if analysis) 모듈

2.1절의 CPM 연산모듈은 액티비티의 선후관계와 공사기간

그리고 공사비용을 고려하여 계획일정별로 발생하는 공사비용 (가령, Expense-S curve)을 추적할 수 있다. 그러나 계약자의 순수익(net profit) 추정은 프로젝트 참여주체들 사이에 합의된 계약변수들을 시공일정과 통합하여 특정 시점에 실제로 유입 혹은 지출되는 자금의 규모를 산출할 수 있을 때 가능하다. 따라서 본 모듈은 지급관련계약변수들(예, 현금흐름 발생주기, 계약자의 이윤율, 발주자의 지급유보율, 총 계약금의 선지급율, 시중금리, 계약자의 지급유보율 등)을 반영하여 발주자로부터 계약자에게 들어오는 현금유입과 계약자로부터 하도급자에게 지급하는 현금유출을 실제 발생하는 시점을 고려하여 산출한다.

2.4 보고서 모듈 (I) - ㉔ 현금수지 요약표

2.3절의 계약변수에 의한 시나리오분석 모듈에서 계산한 결과를 수입과 지출로 구분하여 현금흐름이 발생하는 기간별로 요약정보를 제공한다. 특히, 공사착공 이전 시점을 기준으로 계약자의 순수익율(NPV)과 금융이자비용에 대한 정보를 제공하여 계약변수의 조정에 따라 변화하는 순수익의 현재가치를 신속히 평가할 수 있다.

2.5 보고서 모듈 (II) - ㉕ 현금흐름도

2.4절의 현금수지 요약표의 정보를 사용하여 계약자가 각 기간별로 현금흐름의 상황을 보다 직관적으로 인지할 수 있도록 이를 시각화한 현금흐름도(cash flow diagram)를 제공한다. 향후 보고서 모듈은 2개의 계약조건을 비교분석할 수 있는 모듈로 확장된다.

3. 사례 연구

개발된 시스템의 성능을 검증하기 위해 Hegazy[3]가 사용한 11개의 액티비티로 구성된 소형 프로젝트와 계약조건들을 사용하여 분석하였다. 그림 2는 Evolver(V5.7)를 용하여 획득한 최적해 50개 중 일부를 제시한다. "0" 이상의 값을 가지는 비주요액티비티들은 선택된 여유기간 만큼 이른시작시간(ES)이 뒤로 밀린다. 동일한 계약조건 하에서 액티비티 조정전의 순현재가치(NPV)는 \$4,518였고, 최적알고리즘이 탐색한 해는 \$4,527로 향상되었다.

Result	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17
1 4527.21..	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0
2 4527.21..	1	0	2	0	6	0	0	0	0	1	0
3 4527.21..	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0
4 4527.21..	1	0	1	0	5	0	0	0	0	1	0
5 4527.21..	1	0	1	0	6	0	0	0	0	1	0
6 4527.21..	1	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0

그림 2. 비주요액티비티들의 여유시간 최적 해조합 결과

4. 결 론

본 연구는 일정 및 비용관리에 편향된 CPM기법에 프로젝트 계약변수를 통합하여 특정 시점에 실제로 유입되는 수익과 유출되는 비용을 사실적으로 산출하는 접근법을 제시하였다. 기존 연구와의 차별화를 위해 엑셀을 사용하여 저자들이 제시하는 새로운 접근법들을 모듈화하여 통합시스템의 형태로 개발하여 제시하였다. 이 시스템은 시공이전 단계에서 계약자의 순현재가치(NPV)를 최대화하는 액티비티들의 일정조정 및 계약조정에 대해 체계적이고, 합리적인 의사결정을 지원할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 이소민, 건설공정에서의 현금흐름할인을 고려한 자원제약 프로젝트의 스케줄링에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위, 2005
2. 황재훈, 임태경, 이동은, 확률통계적 건설 프로젝트 파이낸싱 분석 시스템, 대한건축학회 논문집(구조계), 제25권 제11호, 2009
3. Hegazy, T., Computer-based Construction Project Management, Englewood, New Jersey, Prentic Hall Inc, 2002