

BDM 기법에서 양방향 다중 중복관계 일정계산 방법

Schedule Computation Method of Two-way Multiple Overlapping Relationships on BDM Technique

김선규* 노성범** 이용현*** 유영정**** 김진봉***** 구재오*****
Kim, Seon-Gyoo Noh, Seong-Beom Lee, Yong-Hyun Yu, Young-Jeong Kim, Jin-Bong Koo, Jae-Oh

Abstract

Today, most construction projects have been higher, bigger, and more complicated gradually. So the domestic construction companies have been trying to understand overall construction process and relationships between activities, and adopted various management techniques and tools in order to perform a systematic and effective scheduling. However numerous problems have been occurred on the practical applications because most existing scheduling softwares adapt ADM and PDM techniques. One of them, PDM, is so ineffective because it represents the overlapping relationships between two consecutive activities only by the combinations of start and finish points between two activities. In order to supplement the demerit of PDM, Beeline Diagramming Method(BDM) is proposed as a new networking technique, it can represent two-way multiple overlapping relationships between two activities directly. However there are occurring a loop phenomenon on applying two-way multiple overlapping relationships. This research proposes and verifies the schedule computation method of two-way multiple overlapping relationships on the BDM network.

Keywords : CPM, BDM, Schedule Computation, Two-way Multiple Overlapping Relationship, Loop

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 대부분의 건설 사업들은 고층화, 대형화, 복잡화되면서 더욱 다양한 건설 환경에 노출되어가고 있다. 이러한 건설 사업을 제한된 가용자원과 예산 범위 내에서 계약서에 명시된 공기를 준수하도록 하는 것은 쉽지 않다. 공정관리는 사업 공기를 준수

하기 위한 핵심 기능을 수행하지만 전체 사업관리 분야를 통합시키는 기능으로 인해 그 중요성은 지속적으로 증대되고 있다.

국내 건설사업의 발주자 또는 계약사들은 전체적인 공사 흐름을 파악하고 공정의 연결 관계를 고려하는 체계적이고 효율적인 공정관리를 위해 다양한 공정관리 관리기법 및 도구들을 건설선진국으로부터 도입 또는 자체 개발하여 실무에 적용하고 있다. 현재 국내 건설 사업에서 사용되고 있는 대표적인 공정관리 도구는 P3, MS-Project, Open Plan, Neo Plan 등이다. 그러나

* 종신회원, 강원대학교 건축공학과 교수, sg1208@kangwon.ac.kr

** 일반회원, 강원대학교 건축공학과 석사과정(교신저자), Sam_Dory@naver.com

*** 일반회원, 강원대학교 건축공학과 석사과정, nantonghyun@naver.com

**** 일반회원, 강원대학교 건축공학과 박사과정, dudwjdl02@hanmail.net

***** 일반회원, 강원대학교 건축공학과 겸임교수, san1994a@chollion.net

***** 일반회원, 강원대학교 건축공학과 교수, koojon@kangwon.ac.kr

이러한 공정관리 소프트웨어들이 실제 건설사업의 공정관리에 적극적으로 활용되고 있지 않으며, 국내 건설현장의 공정관리는 주로 엑셀(Excel) 또는 CAD에 의해 수작업으로 작성된 바차트(Bar-Chart)기법에 의존하고 있는 실정이다. 엑셀로 작성된 공정표는 전체 공정을 한눈에 용이하게 파악할 수 있지만, 선·후행작업 간의 연결 관계와 전체 공정 네트워크를 관리할 수 있는 CPM기법이 아니기 때문에 공정관리가 효율적으로 수행되고 있다고 보기 어렵다.

그러나 현재 대부분의 CPM 공정관리 소프트웨어들은 대부분 ADM, PDM기법을 기반으로 하고 있다. 김정환 외(2004)는 네트워크 기법을 이용한 CPM의 효용성이 다수의 건설 프로젝트에서 증명되었음에도 불구하고 CMr 혹은 일부 원도급자의 공정관리 전문가 이외의 다른 프로젝트 참여자들은 CPM의 사용과 이해에 어려움을 가지고 있다고 지적하였다. 또한 김선규 외(2011)는 기존의 CPM 공정계획이 건설현장의 업무를 정확히 반영하지 못하고 있으며, 공사 진척현황을 시각적으로 명확하게 인식하기 어렵고, 작업들의 일정중심의 공정진도와 기성금액 중심의 비용진도를 효율적으로 통합관리를 하지 못하고 있다. 이 때문에 국내 건설현장의 대부분은 CPM 공정표를 작성하지 않거나, 발주처의 요구에 의해 수동적으로 작성한 후 운영 및 관리는 거의 하지 않고, 아직도 바차트 기법에 의존하여 공정관리를 하고 있어 공정관리가 제자리걸음하며 답보되고 있다고 지적하였다.

이러한 기존 CPM기법의 단점을 보완하기 위해 새로운 CPM 공정관리기법인 BDM(Beeline Diagramming Method) 기법이 제안되었다. BDM기법은 전술한 기존 CPM기법의 단점들을 보완하는 기술적으로 매우 진보한 공정관리기법이다. BDM기법의 특징은 선·후행 작업 중간 어느 시점에서도 직접 연결하기 때문에 선·후행 작업 간 중복관계 표시가 단순화되고, 선·후행 작업 간 다중 연계를 가능하게 함으로써 작업기간이 길고, 복수의 중간 완료시점을 갖는 선·후행 작업 간 다중 연계관계 표시가 가능하다. 즉 작업 간의 중복관계를 표시할 때 작업의 착수와 종료시점에만 국한 되지 않고, 작업의 중간 어느 시점에서도 작업 간 상호관계를 연계시킬 수 있을 뿐만 아니라 복수의 중복관계도 표시할 수 있다(김선규 2010).

그러나 이러한 양방향 다중 중복관계를 표시하고 기존의 방법으로 일정계산을 하게 되면 루프(Loop)현상이 발생하게 된다. 예를 들어 전진계산 시 한번 계산된 조기착수일(ESD)과 조기완료일(EFD)이 반복적으로 계산되어 전체 네트워크의 일정을 계산하지 못하는 것이다.

본 논문에서는 BDM기법의 양방향 다중 중복관계(Two-way Multiple Overlapping Relationship)에서 일정계산 시 루프현

상이 발생할 경우, 이를 해결하는 일정계산 방법을 제안하고 예제 BDM 네트워크를 통해 이를 검증하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 BDM네트워크 일정계산 방법에 대해 조사하고, 양방향 다중 중복관계에서 일정계산 시 루프가 발생하였을 경우 일정계산을 계속할 수 있는 방법에 대해 제안 하고 검증하는 과정을 다음과 같이 수행하였다.

첫째, 새로운 CPM 공정관리 기법인 BDM기법의 기본 개념과 일정계산 원리에 대해 조사한다.

둘째, 양방향 다중 중복관계에서 루프현상이 발생하는 원인에 대해 분석하고 이를 해결하기 위한 일정계산 방법을 제안한다.

셋째, 제안된 방법을 예제 BDM 네트워크를 통해 검증한다.

2. BDM기법의 이론적 고찰

2.1 BDM기법의 개념

기존 PDM기법은 Finish-to-Start(FS), Start-to-Start(SS), Finish-to-Finish(FF), Start-to-Finish(SF)의 네 가지 형태만을 통해 작업 간 중복관계를 표현하고, 선·후행 작업 간 복수의 연결관계(Linkage Relationships)가 필요한 경우 선·후행 작업의 착수시점을 SS관계로, 종료시점을 FF관계로 동시에 표현하는 복합관계(Compound Relationship)로 표현하는 것이 최선의 방법이다. 그러나 선·후행 작업 간에 연속하여 둘 이상 복수의 연결 관계를 가지고 있다면 PDM의 복합관계 만으로 표현하는 것은 불가능하다. 또한 PDM기법은 작업들의 중간시점에서 상호 연계 관계를 직접적으로 표현하는 것이 불가능하다. 즉 선·후행 작업의 착수시점과 완료시점 간의 조합만으로 작업 간의 중복관계를 우회적으로 표현하기 때문에 매우 비효율적인 방식이다.

김선규(2010)에 의해 제안된 BDM기법은 선·후행 작업 간 연결 관계를 선행작업 중간 임의의 시점에서 후행작업 중간 임의의 시점까지 최단거리의 직선으로 표시하고 이러한 화살표 직선(Arrow Straight Line)을 Beeline으로 정의하고 있기 때문에 그림 1과 같이 선·후행 작업 간 복수 중복관계를 BDM기법으로 표현하는 것이 가능하게 된다.

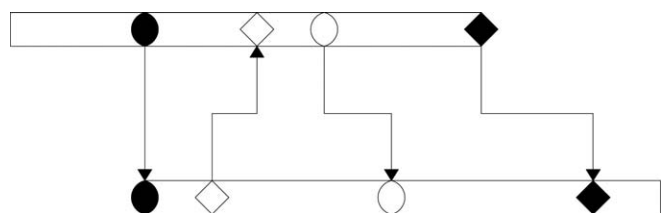


그림 1. 복수의 중복관계

그림 1과 같이 작업기간이 길고, 복수의 중간 중요시점(Milestone)을 갖는 선·후행 작업 간 둘 이상의 복수 중복관계 표시가 필요할 경우, BDM기법은 이러한 표현을 가능하게 하며 이것은 기존 PDM기법에서 두 개의 중복관계를 표현할 때 적용하는 복합관계의 한계를 극복한 것이다.

2.2 BDM기법의 일정계산

2.2.1 전진계산

BDM 네트워크의 전진계산(Forward Pass Computation)은 작업들의 초기착수일(ESD)과 초기완료일(EFD)을 계산하는 것이다.

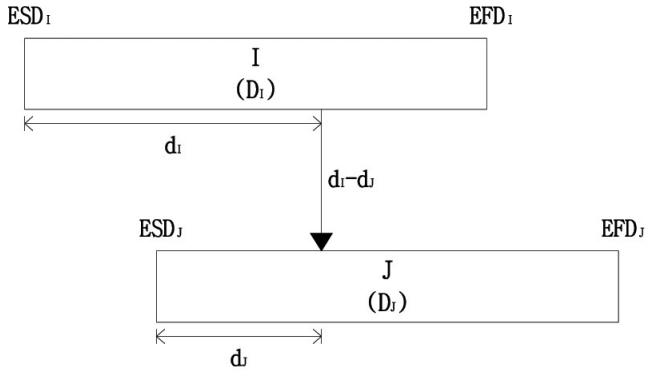


그림 2. 일대일 BDM 관계 전진계산

그림 2는 작업 I가 착수 후 d_I 경과한 시점과 후행작업 J가 착수 후 d_J 경과한 시점이 연계되는 BDM관계이며 다음과 같이 산정한다.

$$ESD_J = ESD_I + d_I + d_J \quad \text{식(1)}$$

$$ESD_J = ESD_J + D_J \quad \text{식(2)}$$

위 식 (1)은 BDM관계에서 후행작업 J의 초기착수일 (ESD_J)을 산정하는 공식으로 선행작업 I의 초기착수일 ESD_I 에 작업 I의 경과일수 d_I 를 더한 후 작업 J의 경과일수 d_J 를 빼서 계산한다. 그리고 식 (2)는 후행작업 J의 초기완료일(EFD_J)을 산정하는 공식으로 식 (1)에서 계산된 ESD_J 에 작업 J의 공기 D_J 를 더하여 계산한다.

그림 3은 식 (1)과 식 (2)를 기반으로 복수의 선행작업들이 하나의 후행작업에 합병(Merge)하는 경우를 통해 BDM전진계산 방법을 일반화시킨 것이다. 즉, 작업 I1, I2, I3이 작업 J로 합병하는 다대일(Multiple versus Single) BDM관계로써 이 경우 후행작업 J의 초기착수일은 다음과 같은 방법으로 산정한다.

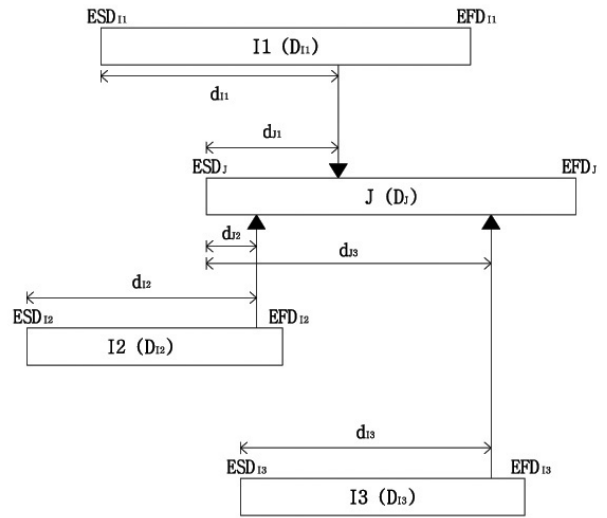


그림 3. BDM 합병관계 전진계산

$$ESD_J = \text{Max}_{\forall I} (ESD_I + d_I - d_J) \quad \text{식(3)}$$

식 (3)은 다대일 BDM 관계에서 후행작업 J의 ESD_J 를 산정하는 공식으로 $\forall I$ 는 모든 작업 I를 의미한다. 즉, 후행작업에 합병되는 모든 선행작업의 BDM관계를 식 (1)을 이용해 후행작업의 초기착수일을 산정하면 그 값 중 최대값이 후행작업의 초기착수일이 된다.

2.2.2 후진계산

BDM 네트워크 후진계산(Backward Pass Computation)은 작업들의 만기착수일(LSD)과 만기완료일(LFD)을 계산하는 것이다.

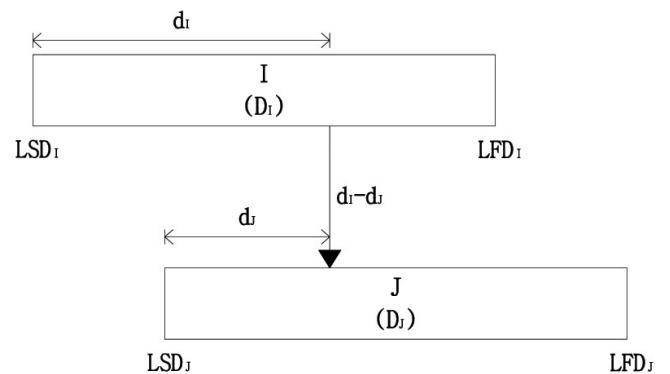


그림 4. 일대일 BDM 관계 후진계산

그림 4는 작업 I가 착수 후 d_I 경과한 시점과 후행작업 J가 착수 후 d_J 경과한 시점이 연계되는 BDM관계이며 다음과 같이 산정한다.

$$LSD_I = LSD_J + d_j + d_i \quad \text{식(3)}$$

$$LSD_I = LSD_I + D_I \quad \text{식(4)}$$

위 식 (4)는 BDM관계에서 선행작업 I의 만기착수일(LSD_I)을 산정하는 공식으로 후행작업 J의 만기착수일 LSD_J에 작업 J의 경과일수 d_j를 더한 후 작업 I의 경과일수 d_i를 빼서 계산한다. 그리고 식 (5)는 선행작업 I의 만기완료일(LFD_I)을 산정하는 공식으로 식 (4)에서 계산된 LSD_I에 작업 I의 공기 D_I를 더하여 계산한다.

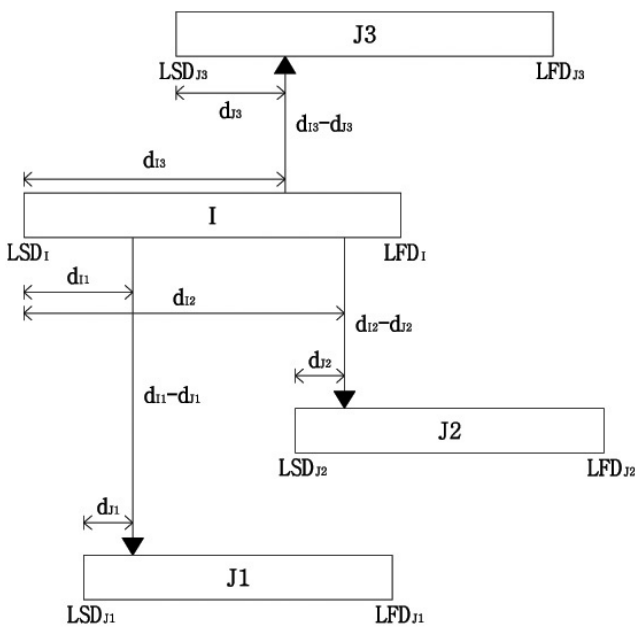


그림 5. BDM 분산관계 후진계산

그림 5는 식 (4)와 식 (5)를 기반으로 하나의 선행작업이 복수의 후행작업들에 분산(Burst)되는 경우를 통해 BDM 후진계산 방법을 일반화 시킨 것이다. 즉, 작업 I가 작업 J1, J2, J3으로 분산되는 일대다(Single versus Multiple) BDM관계로서 이 경우 선행작업 I의 만기착수일은 다음과 같은 방법으로 산정한다.

$$LSD_I = \underset{\forall J}{\text{Min}} (LSD_J + d_j - d_i) \quad \text{식(6)}$$

식 (6)은 일대다 BDM관계에서 선행작업 I의 LSD_I를 산정하는 공식으로 $\forall J$ 는 모든 작업 J를 의미한다. 즉, 선행작업에서 분산되는 모든 후행작업의 BDM관계를 식 (4)를 이용해 후행작업의 만기착수일을 산정하면 그 값 중 최소값이 후행작업의 만기착수일이 된다.

3. 양방향 다중중복관계 일정계산 방법

3.1 양방향 다중 중복관계 루프현상

앞서 언급한 BDM기법의 장점 중 하나인 양방향 다중 중복관계는 일정계산 시 루프현상을 발생시킨다. 즉 양방향 다중 중복관계에서는 두 개의 작업 사이에 BDM 연계관계를 상호 주고 받기 때문에 한 번 계산된 ESD, EFD, LSD, LFD가 반복적으로 계산되어 한 곳에서 회전하며 다음 일정계산을 하지 못하는 경우가 발생한다. 선·후행 작업 간 다중 중복관계는 선행작업의 후행작업이 둘인 경우와 하나인 경우로 구분할 수 있다. 즉 그림 6과 같이 선행작업 A의 후행작업이 하나인 Case 1과 그림 7과 같이 선행작업 A의 후행작업이 둘인 Case 2이다.

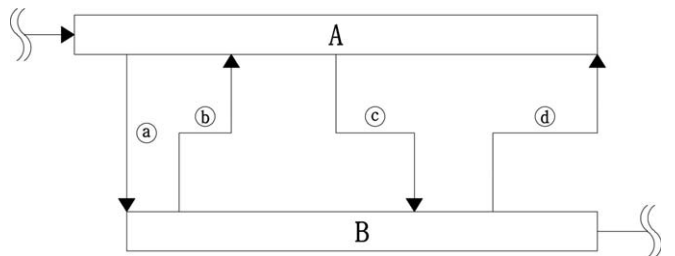


그림 6. BDM 양방향 다중 중복관계(Case 1)

그림 6은 BDM 양방향 다중 중복관계 Case 1을 표현하고 있다. 그림 6과 7에서 각각 작업 A와 B는 각각 (a), (b), (c), (d)의 관계를 갖고 있다고 가정하고 일정계산을 하면 다음과 같은 현상이 발생한다. 먼저 전진계산에서 작업 A는 선행작업들에 의해 ESD가 결정되고, 결정된 ESD를 바탕으로 후행작업의 일정계산을 관계 (a)부터 순서대로 진행하게 되는데, 작업 A와 작업 B는 양방향 중복관계를 갖고 있어 루프현상이 발생하게 된다. 즉 가장 먼저 결정된 작업 A의 ESD는 관계 (a)에 의해 작업 B의 ESD를 산정하게 되고, 관계 (b)로 인해 다시 작업 A의 ESD를 산정하게 되며, 다시 산정된 작업 A의 ESD는 관계 (a)에 의해 작업 B의 ESD를 산정하게 된다. 이와 같이 전진계산이 더 이상 진행하지 못하고 한 곳에서 회전하며 정체되는 루프현상이 발생하는 것이다.

그리고 후진계산의 경우 그림 6의 Case 1에서는 작업 B의 LSD가 후속작업들에 의해 가장 먼저 결정된다. 먼저 결정된 작업 B의 LSD는 관계 (a)에 의해 작업 A의 LSD를 산정하게 되고, 관계 (b)로 인해 작업 B의 LSD를 산정하게 된다. 또한 그림 7의

Case 2에서 후진계산의 경우에는 작업 A의 LSD가 후속작업들에 의해 가장 먼저 결정되며, 이 작업 A의 LSD는 관계 ⑥에 의해 작업 B의 LSD를 산정하게 되고, 관계 ②로 인해 작업 A의 LSD를 다시 계산하게 함으로써 루프현상이 발생하는 것이다.

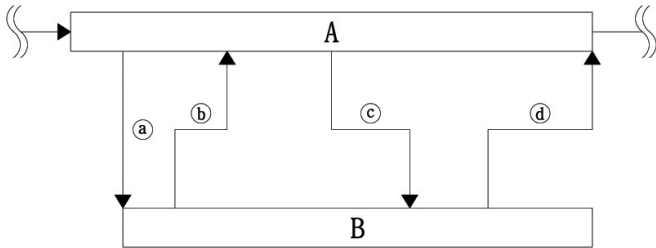


그림 7. BDM 양방향 다중 중복관계(Case 2)

3.2 루프현상의 해결방안 및 예시

3.2.1 전진계산

그림 8은 전진계산 시 양방향 다중 중복관계 Case 1에 대한 예로써 작업 A와 작업 B 사이에는 각각 2-0, 2-6, 10-11, 14-20의 관계를 갖고 있고, 선행작업들에 의해 작업 A의 ESD가 10으로 계산되었다고 가정한다.

양방향 다중 중복관계에서 루프현상을 발생하지 않게 하기 위해서는 가장 먼저 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag값이 최소인 관계를 선택하여 후행작업의 ESD를 계산하여야 한다. 예를 들어 그림 8의 선행작업 A에서 후행작업 B로 향하는 Lag값이 0인 2-0관계와 Lag값이 3인 10-11관계를 이용해 각각 작업 B의 ESD를 계산하면, 식 (1)에 의해 $10+2-0=12$ 와 $10+10-11=9$ 로 각각 계산된다. 즉 Lag값이 최소가 아닌 연결선은 Lag값이 최소인 연결선 보다 작은 ESD가 계산되므로 Lag값이 최소가 아닌 연결선들은 일정계산에서 무시해도 되는 것이다.

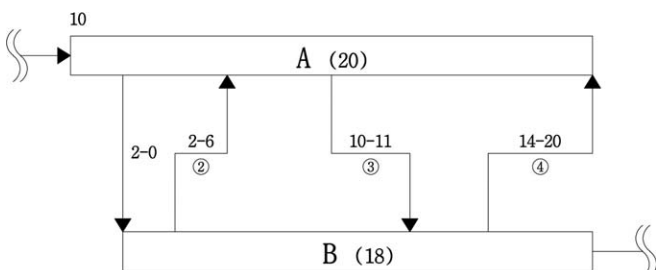


그림 8. 전진계산 BDM 양방향 다중 중복관계(Case 1)

또한 전진계산에서 루프현상을 발생하지 않게 하기 위해서는 후행작업에서 선행작업으로 역행하는 연결선들 즉, 루프를 발생

시키는 연결선들을 무시 할 필요가 있다. 왜냐하면 루프를 발생시키는 연결선들에 의해 다시 ESD를 계산한다 해도 최초에 결정된 선행작업의 ESD보다 더 큰 값을 가질 수 없기 때문이다. 그림 8의 경우 루프를 발생시키는 관계는 작업 B에서 작업 A로 역행하는 2-6, 14-20이다. 두 관계를 식 (1)을 이용해 다시 작업 A의 ESD를 산정하면, $12+2-6=8$ 와 $12+14-20=6$ 이 된다. 즉 루프를 발생시키는 관계들로 계산한 작업 A의 ESD는 최초 선행작업에서 결정된 작업 A의 ESD와 값이 동일할 수는 있으나 더 크게 계산될 수는 없다.

앞서 언급했듯이 전진계산의 경우 식 (3)에 의해 산정되는 ESD 중 최대값을 선택하면 된다. 따라서 루프를 발생시키는 다른 연결선들은 상호 연관관계만을 표현할 뿐 일정계산에서의 의미가 없으므로 무시해도 되는 것이다.

3.2.2 후진계산

그림 9는 후진계산 시 양방향 다중 중복관계 Case 1에 대한 예로 작업 A와 작업 B 사이에는 각각 2-1, 3-7, 10-11, 15-18의 관계를 갖고 있고, 전진계산이 모두 진행된 상태이다.

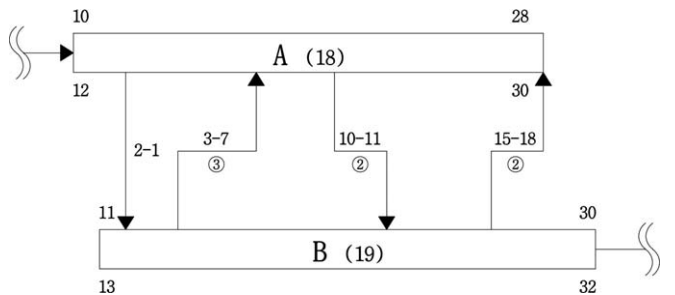


그림 9. 후진계산 BDM 양방향 다중 중복관계(Case 1)

후진계산은 화살표를 역행하여 계산하는 방식이다. 즉, 선행작업 A에서 후행작업 B로 향하는 연결선(관계 2-1, 관계 10-11) 중 Lag값이 최소인 관계를 선택하여 선행작업의 LSD를 계산하여야 한다. 그림 9에서 Lag값이 0인 2-1관계와 Lag값이 2인 10-11관계를 이용해 각각 작업 A의 LSD를 계산하면, 식 (4)에 의해 $13+1-2=12$ 와 $13+11-10=14$ 로 계산된다. 즉 Lag값이 최소가 아닌 연결선은 Lag값이 최소인 연결선 보다 큰 LSD가 계산되므로 Lag값이 최소가 아닌 연결선들은 일정계산에서 무시하여도 된다.

또한 후진계산에서 루프현상을 발생하지 않게 하기 위해서는 전진계산과 같이 후행작업에서 선행작업으로 역행하는 연결선들 즉 루프를 발생시키는 연결선들을 무시 할 필요가 있다. 왜냐하면 루프를 발생시키는 연결선들에 의해 다시 LSD가 계산이 된다 하여도 최초에 결정된 LSD보다 더 작은 값을 가질 수 없기

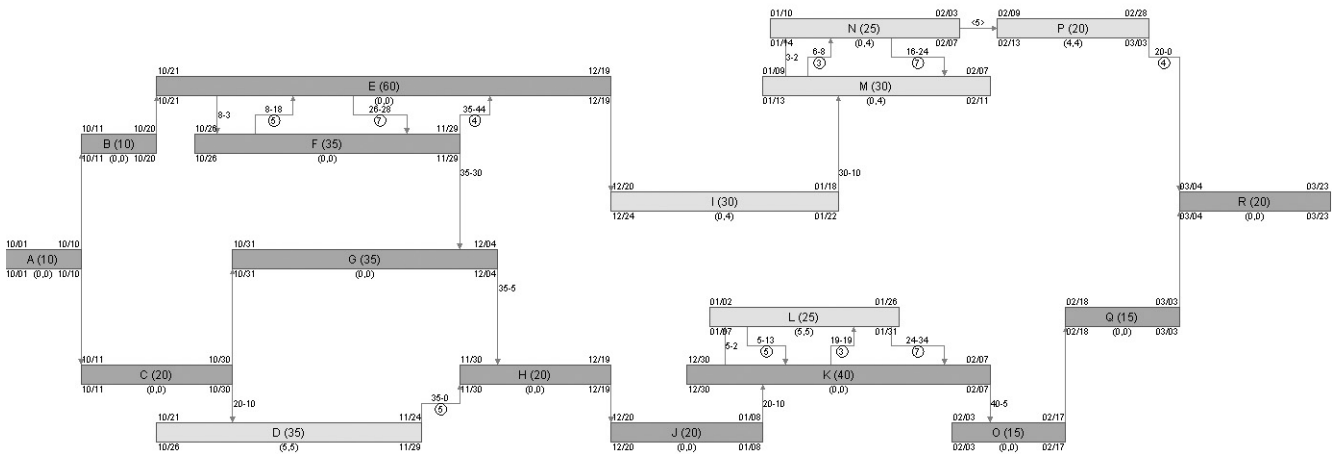


그림 11. 예제 BDM 네트워크

때문이다. 예를 들어 루프를 발생시키는 관계는 작업 B에서 작업 A로 역행하는 3-7, 15-18이다. 두 관계를 식 (4)를 이용해 다시 작업 B의 LSD를 산정하면, $12+7-3=16$ 와 $12+18-15=15$ 이 된다. 즉 루프를 발생시키는 관계들로 계산한 작업 B의 LSD는 최초 후행작업에서 결정된 작업 B의 LSD와 값이 동일할 수는 있으나 더 작게 계산될 수는 없다.

따라서 후진계산의 경우 식 (6)에 의해 산정되는 LSD 중 최소값을 선택하여야 하기 때문에 루프를 발생시키는 연결선들은 일정계산에서 의미가 없는 것이므로 무시해도 되는 것이다. 다만 그림 10과 같이 후행작업 B에서 또 다른 후행작업으로 연결되지 않고 선행작업 A와만 연계가 되어 있는 Case 2 경우에는 전술한 것과는 다른 방법이 필요하다.

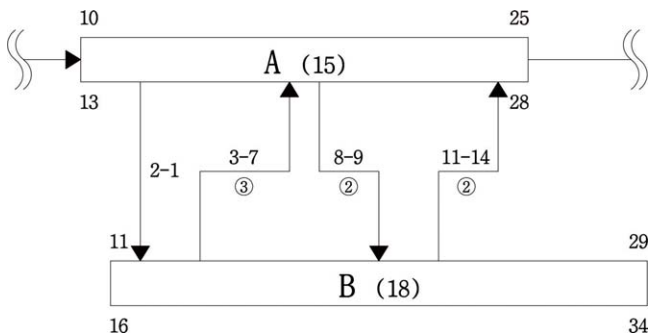


그림 10. 후진계산 BDM 양방향 다중 중복관계(Case 2)

그림 10의 전진계산은 앞서 언급한 것과 같이 선행작업 A에서 후행작업 B로 향하는 연결선 중 Lag값이 최소인 관계 2-1을 이

용해 ESD와 EFD를 산정하면 된다. 그러나 후진계산의 경우 후행작업 B의 LSD보다 선행작업 A의 LSD가 먼저 계산되기 때문에 선행작업 A에서 후행작업 B로 향하는 연결선으로 후행작업 B의 LSD를 산정할 수가 없다. 즉 후행작업 B에서 선행작업 A로 향하는 연결선들을 무시할 수 없는 것이다. 이와 같은 경우 후행작업 B에서 선행작업 A로 향하는 연결선 중 Lag값이 가장 작은 연결선을 이용해 후행작업 B의 LSD와 LFD를 구하여야 한다. 예를 들어,

Lag값이 3인 관계 3-7과 Lag값이 2인 관계 11-14로 후행작업 B의 LSD를 구한다면, 식 (4)를 통해 $13+7-3=17$ 과 $13+14-11=16$ 으로 산정된다.

따라서 후행작업이 단 하나의 선행작업과 양방향 다중 중복관계를 갖고 있는 경우의 후진계산은 후행작업에서 선행작업으로 역행하는 연결선 중 가장 최소 Lag값을 갖고 있는 연결선을 이용해 후행작업의 LSD와 LFD를 산정하면 된다.

4. 예제 네트워크를 통한 검증

그림 11은 BDM기법 기반의 공정관리프로그램 Beeliner1)에 의해 BDM기법으로 표현한 예제 BDM 네트워크로서 총 18개의 작업으로 구성되어 있으며 BDM기법의 일정계산 공식을 이용해 일정계산을 완료한 네트워크이다. 예제 네트워크에는 선행작업과 후행작업 모두 후속작업들과 연결이 되어 있는 작업 E와 작업 F의 관계, 선행작업만 후속작업과 연결되어 있는 작업 K와

작업 L의 관계, 후행작업만 후속작업과 연결되어 있는 작업 M과 작업 N관계 등 3종류의 양방향 다중 중복관계가 표현되어 있으며, 이 3가지 종류를 통해 본 논문 제3절에서 제안한 루프현상을 해결하는 방법을 검증하고자 한다.

E와 F, M과 N의 양방향 다중 중복관계는 후행작업이 또 다른 후속작업으로 연결되어 있기 때문에 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag값이 가장 작은 연결선을 제외하 나머지 연결선들은 일정계산에서 무시하고 일정계산을 수행한다.

가장 먼저 선행작업 E와 후행작업 F 사이에는 8-3, 8-18, 26-28, 35-44인 BDM관계를 갖고 있으며 후행작업 F가 다른 후속작업으로 연결되어 있는 경우이다. 이 때 전진계산은 후행작업 F의 ESD를 구하기 위한 것으로 선행작업 E에서 후행작업 F로 향하는 Lag이 0인 8-3과 Lag이 7인 26-28 BDM관계를 식 (1)을 이용해 후행작업 F의 ESD를 구하면, 각각 10월21일+8일-3일=10월26일과 10월21일+26일-28일=10월19일로 Lag이 작은 관계가 더 큰 값으로 계산된다. 따라서 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag이 큰 관계는 무시해도 된다.

후진계산은 선행작업 E의 LSD를 구하기 위한 것으로 선행작업 E에서 후행작업 F로 향하는 Lag이 0인 8-3과 Lag이 7인 26-28 BDM관계를 식 (4)를 이용해 선행작업 E의 LSD를 구하면, 10월26일+3일-8일=10월21일과 10월26일+28일-26일=10월28일로 Lag이 작은 관계가 더 작은 값으로 계산된다. 또한 후행작업들에 의해 이미 결정된 작업 F의 LSDF=10월26일을 루프를 발생시키는 관계 8-18과 35-44를 이용해 다시 산정하면, 10월26일+18일-8일=11월5일과 10월26일+44일-35일=11월4일로 계산되어 최초의 LSD값보다 크게 계산된다. 따라서 이 또한 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag이 큰 관계는 무시할 수 있다. 이와 같이 후행작업이 또 다른 후속작업과 연결되어 있는 경우 루프를 발생시키는 연결선들은 일정계산에서 무시하여도 되므로 M과 N의 관계 또한 이와 같이 산정하면 된다.

두 번째로 선행작업 K와 후행작업 L 사이에는 5-2, 5-13, 19--19, 24-34인 BDM관계를 갖고 있으며 후행작업 L은 선행작업 K와만 연결되어 있는 양방향 다중 중복관계인 경우이다. 이 때 전진계산은 선행작업 K에서 후행작업 L로 향하는 Lag이 0인 5-2와 Lag이 3인 19-19 BDM관계를 식 (1)을 이용해 후행작업 L의 ESD를 각각 구하면, 12월30일 +5일-2일=1월2일과 12월30일+19일-19일=12월30일로 Lag이 작은 관계가 더 큰 값으로 계산된다. 따라서 후행작업이 후속작업과 연계되어 있지 않다고 해도 전진계산에서는 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag이 큰 관계는 무시해도 된다.

후진계산은 본래 선행작업 K의 LSD를 구하는 것이지만 이와

같이 후행작업이 또 다른 후속작업과 연결되지 않은 경우 선행작업 K의 LSD가 먼저 계산되게 된다. 따라서 이러한 경우에는 후행작업 L에서 선행작업 K로 향하는 즉, 루프를 발생시키는 관계를 이용하여 후행작업 L의 LSD를 구하여야 한다. 작업 K와 작업 L의 관계에서 루프를 발생시키는 관계는 Lag이 5인 5-13과 Lag이 7인 24-34 이다. 이 두 관계를 식 (4)를 이용해 후행작업 L의 LSD를 각각 구하면, 12월30일+13일-5일=1월7일과 12월30일+34일-24일=1월9일로 루프를 발생시키는 연결선 중 Lag이 작은 관계 5-13이 더 작은 값으로 계산된다. 따라서 후행작업이 또 다른 후속작업과 연결되지 않은 경우의 후진계산은 루프를 발생시키는 연결선 중 Lag값이 작은 관계를 선택하여 LSD를 산정하면 된다.

5. 결론

2010년 제안된 BDM기법은 기존의 ADM과 PDM기법의 단점을 극복하는 동시에 장점을 그대로 살린 CPM 공정관리기법이다. 특히 BDM기법은 선·후행 작업간 양방향 다중 중복관계를 표현할 수 있으므로, 작업기간이 길고 선·후행 작업이 복수의 중간 완료시점을 갖고 있으며 완료시점간 연계관계 표현이 필요할 경우 이러한 연계관계 표현을 가능하게 한다. 그러나 양방향 다중 중복관계는 일정계산 시 한 곳에서 회전하면서 정체되어 더 이상 진행을 하지 못하게 하는 루프현상이 발생할 수 있으므로 이를 해결하는 새로운 일정계산 방법이 필요하게 된다. 본 논문에서는 BDM기법에서 선·후행작업간 양방향 다중 중복관계를 갖고 있을 경우 이에 대한 일정계산 방법을 제안하고 검증하였다.

양방향 다중 중복관계에서 루프현상을 발생하지 않도록 하기 위해서는, 첫 번째 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag값이 최소가 아닌 연결선들은 Lag값이 최소인 연결선보다 전진계산 시 큰 ESD가 계산될 수 없고, 후진계산 시 작은 LSD가 계산될 수 없기 때문에 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 Lag값이 최소인 관계를 선택하여 계산한다. 두 번째 후행작업에서 선행작업으로 역행하는 연결선들, 즉 루프를 발생시키는 연결선들은 전진계산시 일정계산에서 무시하면 된다. 왜냐하면 루프를 발생시키는 관계들로 계산된 ESD는 선행작업들에 의해 최초 결정된 값보다 클 수 없고, 또한 루프를 발생시키는 관계들로 다시 계산되는 LSD는 후행작업들에 의해 최초 결정된 값보다 작을 수 없기 때문에 루프를 발생시키는 연결선들은 상호 연관관계만을 표현할 뿐 일정계산에서는 의미가 없기 때문이다.

단지 후행작업이 또 다른 후속작업으로 연결되지 않고 선행작

업과 양방향 다중 중복관계만을 갖고 있을 경우, 후진계산 시 후행작업 보다 선행작업의 LSD가 먼저 계산되기 때문에 후행작업에서 선행작업으로 역행하는 루프를 발생시키는 연결선들 중에서 가장 최소의 Lag값을 갖고 있는 연결선을 이용해 후행작업의 LSD를 산정해야 한다.

결론적으로 BDM기법에서 양방향 다중 중복관계 일정계산 방법은 후행작업이 또 다른 후속작업과 연결되어 있을 경우 선행작업에서 후행작업으로 향하는 연결선 중 가장 최소의 Lag값을 가진 연결선 또는 관계를 제외한 모든 연결선들을 무시하여 계산하고, 후행작업이 후속작업과 연결이 되어 있지 않고 선행작업과의 관계만을 갖고 있을 경우 후진계산 시 루프를 발생시키는 연결선들 중 가장 최소의 Lag값을 갖고 있는 관계만을 선택하여 계산하면 루프가 발생되지 않고 일정계산을 원활히 수행할 수 있다.

본 논문에서 제안한 BDM 네트워크의 양방향 다중 중복관계 일정계산 방법은 BDM기법 기반의 공정관리 소프트웨어를 개발하는데 매우 중요한 일정계산 논리(Logic)를 제공하게 될 것이다.

참고문헌

김경환 외 (2004). “CPM Bar Chart 기법을 활용한 일정계획”, 한국건설관리학회 논문집, 제 5권, 5호

김선규 (2010). 공정관리특론, p.110~p.133기문당

김선규 외 (2011). “BDM 네트워크 공정 및 비용 진도를 통합관리 개념”, 한국건설관리학회 논문집

신대섭 외 (2010). “Beeline Diagramming Method(BDM)기법으로 표현된 CPM 공정계획”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집

손재진 외 (2003). “공정관리 소프트웨어 운영실태 조사 연구”, 대한건축학회 논문집

윤병식 외 (2008). “국내 건설현장의 공정관리 현황 실태 조사”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집

장용석 (2010). “인터넷 기반의 건설 공정관리 도구 활용방안 연구”, 학위논문

Kim, S. G. (2011), “An Example of representing Three Level's Schedules within Schedule Hierarchy by BDM Technique, Proceedings of the International Conference on Construction Engineering and Project Management”, Sydney, Australia.

논문제출일: 2011.11.08

논문심사일: 2011.11.11

심사완료일: 2012.01.03

요 약

오늘날 대부분의 건설 사업들은 점차 프로젝트의 규모가 고층화, 대형화, 복잡화되어 가고 있다. 이에 국내 건설기업들은 전체적인 공사 흐름을 파악하고 공정의 연결 관계를 고려하는 등 체계적이고 효율적인 공정관리를 위해 여러 가지 관리기법 및 도구들을 개발하여 실무에 도입하고 있다. 그러나 기존의 공정관리 소프트웨어들은 대부분 ADM, PDM기법을 기반으로 하고 있기 때문에 실무 적용 시 많은 문제점들을 발생시키고 있다. 그 중 PDM기법은 선·후행 작업의 착수시점과 완료시점 간의 조합만으로 작업 간의 중복관계를 우회적으로 표현하기 때문에 매우 비효율적이다. 이러한 기존 CPM기법의 단점을 보완하기 위해 직접적으로 작업 간 양방향 다중 중복관계를 표현할 수 있는 새로운 CPM 공정관리기법인 BDM(Beeline Diagramming Method)기법이 제안되었다. 그러나 양방향 다중 중복관계를 표현하고 일정계산을 하게 되면 루프(Loop)현상이 발생하게 된다. 본 연구에서는 BDM기법의 일정계산 방법에 대해 연구하여 양방향 다중 중복관계에서 루프가 발생했을 때 일정계산을 원활하게 할 수 있는 방법에 대해 제안 및 검증을 하고자 한다.

키워드 : CPM, BDM, 일정계산, 양방향 다중 중복관계, 루프