

대형 건설사업의 공기지연분석: 경부고속철도 건설사업을 중심으로

Exploring Delays of The Mega Construction Project: The Case of Korea High Speed Railway

한승헌* · 윤성민** · 이상현***

Han, Seung Heon · Yun, Sung Min · Lee, Sang Hyun

Abstract

Korea has become the 5th country to own and operate the high speed railroad in 2004. However, there were many difficulties until Koreans enjoy the first bullet train service with the average hourly speed of 300km. The high speed railroad requires elevated quality standards differently from the traditional railways. In addition to the technical difficulties, the construction project itself was an unpleasant case with huge delays and cost overruns mainly due to the lack of experiences, deficiency of owner's role, and increase of public resistances triggered by environmental concerns. This paper analyzes the reasons for delays on this mega-project. With respect to the characteristics of the whole project level, it is very complicated/linear project, whose total length is around 412 km with the composition of various sections in the route of the railway which have basically different conditions. For that reason, the analysis is performed in both macro and micro level. First, macroscopic analysis is performed to find critical subdivisions in the railway route that induces the significant delay in the opening due date. Then, microscopic analysis is followed to quantify the causes and effects of delays focused on these critical subdivisions in more detailed way. Finally, this paper provides lessons learned from this project to avoid the decisive delays in performing the similar large-scaled projects.

Keywords : *delay analysis, high-speed railway, causes of delay, macro-microscopic analysis*

요 지

공기지연이 발생하게 되면 그에 대한 추가적인 비용이 발생하게 되어 사업비의 증가를 초래하기 때문에 발주자와 시공자의 분쟁을 유발하는 중요한 원인이 된다. 공기지연으로 인해 발생한 분쟁의 원활한 해결을 위하여 공기지연분석에 대한 다양한 연구들이 수행되어져 왔으나, 기존의 공기지연 분석방법들은 주로 소규모 건축공사와 같은 단순하고 반복적인 공정들에 적용되는 연구들이 대부분이어서 경부고속철도와 같은 대규모의 선형적인 복합 건설공사에 적용하기에는 한계가 있었다. 본 연구에서는 이러한 전통적인 공기지연분석방법을 대규모 토목공사에 적용할 수 있도록 보완하여 대형 건설공사의 공기지연을 전체 프로젝트 관점에서 입체적으로 분석하였다. 먼저, 거시적 차원에서 공정진척도(S-curve)의 비교분석 등을 통해 공기지연이 가장 많이 발생한 공구(공사구간)를 찾는 분석을 실시하였다. 이어서 거시적 분석으로 도출된 지연공구의 일정공정표를 분석하여 지연원인과 그에 따른 영향분석을 실시하였고, 지연원인의 책임소재에 따른 분석과 구조물 특성에 따른 분석도 병행하여 공기지연의 특징을 입체적으로 분석하였다. 이러한 다면적인(multilateral) 공기지연분석을 통해 경부고속철도의 개통일정을 지연시킨 가장 주된 구간은 서울~천안의 "2-1공구"인 것으로 나타났으며, 전체 약 5년의 공기지연 중 4년여의 공기지연이 이 공구에서 발생한 것으로 분석되었다. 주요 공기지연 원인으로서는 최초 설계시 고속철도 교량의 동적거동을 고려할 수 없었던 설계와 재시공으로 공기가 지연되었으며 또한 불충분한 지질조사로 시공 중에 폐광이 발견되어 노선변경을 했던 것에 크게 기인하는 것으로 나타났다. 마지막으로 경부고속철도에 대한 공기지연분석을 통하여 이와 유사한 대형 국책사업의 계획에 있어서 고려해야할 사항을 제안하였다.

핵심용어 : 공기지연분석, 고속철도, 공기지연원인, 거시적·미시적 분석

*정희원 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 부교수(E-mail : shh6018@yonsei.ac.kr)

**정희원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : smyoon97@yonsei.ac.kr)

***한국철도시설공단 과장 · 공학석사(E-mail : leesh2999@yahoo.co.kr)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

다양한 공기지연 원인들이 내재해 있는 건설공사의 공기를 관리함에 있어 일정관리(time control)는 중요한 역할을 차지하고 있다. 특히, 대형 건설공사는 다양한 공정들이 복합적이고 동시다발적으로 진행되기 때문에 공기지연이 발생하지 않도록 효과적인 일정관리를 할 필요가 있다. 공기지연이 발생하게 되면 그에 대한 추가적인 비용이 발생하게 되어 사업비의 증가를 초래하기 때문에 발주자와 시공자의 분쟁을 유발하는 중요한 원인이 되기 때문이다. 이에 공기지연으로 인해 발생한 분쟁의 원활한 해결을 위하여 오래 전부터 다양한 공기지연 분석방법들이 연구되어져 왔다(Bubshait 등, 1998). 전통적으로 공기지연 분석방법은 지연에 대한 책임의 규명과 그에 따른 지연일수를 산정하는데 중점을 두었다. 그러나 이러한 방법들은 주로 단순하고 반복적인 소규모 건축공사에 일반적으로 적용되어 왔다. 소규모 건축공사는 공중 네트워크(network)가 단순하고, 반복적으로 구성되어 있기 때문에 공기지연이 발생하였을 때, 공기지연이 발생한 공종과 지연일수, 지연책임을 파악하기가 용이하다. 이에 비해 경부고속철도와 같은 대규모의 선형적인 토목공사는 공정이 정형화 되어 있지 않고, 한 공구에 교량이나 터널과 같은 서로 다른 형태의 구조물을 동시에 시공해야 하거나 동일한 구조물이라고 하더라도 지반조건, 시공방법에 따라 그 일정이 상이하기 때문에 공기지연의 원인 및 지연 책임들을 쉽게 파악하기 어렵다. 따라서 전통적인 공기지연 분석방법만으로는 세부공종이 많고 복잡한 선형적인 대규모 토목 건설공사의 공기지연을 분석하는 데는 한계가 있기 때문에, 본 연구에서는 이러한 대형건설공사의 공기지연을 효율적이고 다각적으로 분석할 수 있도록 기존의 방법들을 결합한 거시적-미시적 공기지연 분석(Multilateral approach)의 틀을 제시하고 이를 바탕으로 대형국책사업인 경부고속철도 건설사업을 중심으로 공기지연분석을 실시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

1.2.1 분석 대상의 개요

경부고속철도 건설사업은 서울부터 부산까지 총 412km의 고속철도 신설구간을 건설하는 것으로 1단계 사업은 그림 1에서 보는 바와 같이 서울~대구구간까지 서울~천안, 천안~대전, 대전~대구구간의 3개 구간으로 구성되었으며, 3개 구간으로 나눈 분류기준은 표 1과 같다. 각 구간은 공사 착공 시기, 행정구역적 특징, 착공시 용지매수 비율, 특별법 적용 시기 등이 달라 각기 다른 공사여건을 가지고 있었다.

경부고속철도 건설사업은 대규모 국책사업으로 사업규모의

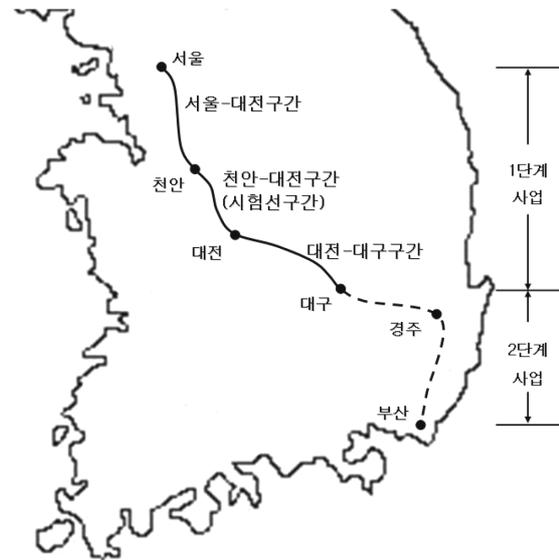


그림 1. 경부고속철도 노선도 (서울~부산구간)

대형성, 내용의 복잡성, 사업기간의 장기성 등으로 인해 체계적이고 과학적인 사업관리가 필요한 사업이었다. 그러나 사업 준비단계에서 기본계획 수립의 미비와 기술적인 한계, 사업관리에 대한 인식부족, 빈번한 민원 발생 등으로 인해 많은 시행착오를 거쳐야 했으며 이는 사업비 증가와 공기연장으로 나타났다(강기동, 2004). 1992년 6월 천안~대전의 시험선 구간이 착공된 후 2차례의 사업 기본계획 변경을 거쳤으며, 개통예정일도 최초 1998년에서 2002년, 2004년, 2010년으로 계속 변경되었다.

1.2.2. 연구범위

대형 건설공사의 공기지연분석을 실시하기 위하여 우선적으로 고려해야 할 사항은 분석 대상의 선정과 분석범위를 한정하는 것이다. 대형 건설공사는 다양한 특성의 공정들이 유기적으로 연관되어 있기 때문에 모든 공정들의 공기지연을 파악하는 데는 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서 전체 공기에 영향을 미치는 정도에 따라 주요 공정을 선정하여 중점적으로 분석할 필요가 있다.

본 연구의 분석대상이 되는 고속철도 건설사업은 노반, 궤도, 신호, 통신, 전차선 등과 같은 다양한 공정이 복합적으로 구성되어 있다. 이 중 노반공사는 토공, 터널공, 교량공과 같이 한 공구에 여러 복잡한 하위 공종들로 구성되어 있고, 전체 공기의 70% 이상을 차지하고 있기 때문에 노반공사에서 공기지연이 발생할 경우 절대공기에 미치는 영향이 절대적이다. 반면, 궤도나 신호, 통신 등과 같은 공사들은 비교적 공정이 단순하고 반복적이며 외부적 요소의 영향이 비교적 적기 때문에 본 연구에서는 노반공사를 대상으로 공기지연을 분석하였다.

표 1. 구간별 분류 기준

구분	서울~천안구간	천안~대전구간	대전~대구구간
공사착공시기	1994. 12	시험선 구간 (1992. 6)	1996.1
행정구역	도십지역	농촌지역	농촌지역
착공시 용지매수	미매수	미매수(부분적)	매수
고속철도 건설특별법	법시행 전	공사시행 중 법적용	법적용

2. 대규모 선형적 사업의 공기지연분석방법

2.1 공기지연분석의 기존 연구동향

전통적인 공정분석과 공기지연에 대한 연구들은 크게 세 분야로 나눌 수 있다. 우선 건설공사를 수행함에 있어 발생한 지연들에 대한 원인 분석과 영향을 평가하는 연구들(Arditi 등, 1985; Chan 등, 1995; Chan 등 1997; Elinwa 등, 2001; Majid 등, 1998; Okpala 등, 1998)과 실제 일정관리에서 작성된 CPM(Critical Path Method) 분석을 통해 공기지연 영향을 측정하는 연구들(Assaf 등, 1995; Bubshait 등, 1998; Li, 1996), 공기지연일수를 산정하는 방법에 관한 연구(Kumaraswamy 등, 1995; Shi 등, 2001; William, 2003)들로 구분할 수 있다. 이러한 기존의 분석방법들은 주로 건설 클레임이나 소송 분쟁이 발생하였을 때 증거자료로 사용하기 위해 CPM 상의 공기지연 항목을 분석함으로써 공기지연의 발생 원인에 대한 책임소재와 지연된 일수를 비용으로 환산하기 위한 근거를 산정하기 위해 활용되어져 왔다.

공기지연 원인의 분석과 지연영향을 평가하는 연구에서는 주로 실제 프로젝트를 담당하고 있는 전문가 인터뷰나 현장 실무자들을 대상으로 하여 설문조사와 경험적 평가를 통해 공기 지연인자를 추출하고 정량화하는 연구가 수행되었다. 예를 들면, Chan 등(1997)은 홍콩의 건설 프로젝트에서 주요 공기지연 인자들의 상대적 중요도를 측정하고 결정하기 위해서 사전에 8개의 범주, 83개 유형으로 정의한 공기 지연인자에 대한 설문조사를 실시하였다. 그 결과 현장관리 감독의 미흡, 예상치 못한 현장조건, 프로젝트와 관련된 의사결정의 지체, 발주자의 설계변경과 불가항력적인 작업변경으로 인한 공기지연의 5개 주요 공기지연인자를 추출하였다. 이로부터 공기 지연인자의 상대적 중요도를 측정하기 위하여 다른 참여 그룹과 쌍별 비교를 통해 이를 측정하였다. 이 연구는 먼저 공기지연 인자들을 분류하여 범주화 시키고 이를 설문조사에 반영하여 측정된 강도로부터 상대적 중요도를 추출해내어 중요도 지수(Relative Importance Index)를 결정했는데 의의가 있다. 이에 반해 Elinwa 등(2001)의 연구는 앞의 Chan 등의 연구와 달리 사전에 정의된 25개의 공기 지연인자에 대해 각각의 건설 분야 전문가 인터뷰만으로 순위척도를 매겨 이를 종합한 순위를 매겼다. 이를 위해 공기지연인자의 중요도 순위를 단측점정과 양측점정을 통해 통계적으로 검증하는 방법으로 공기지연인자의 상대적 중요도를 순위로 나타내었다. 이러한 연구들은 공기지연 원인을 도출하고 설문조사를 통해 지연원인의 영향정도나 중요도 등을 정량화하였다. 이와 같은 연구는 설문 등을 통해 공기지연인자의 상대적 중요도를 도출한데 의의가 있으나, 주로 그 원인유형의 범위가 건축공사로 한정되어 있고, 전문가의 주관적 판단에 근거하여 정량화하였기 때문에 실제 프로젝트에 있어서의 공기지연의 영향을 직접적으로 제시하지는 못하고 있다.

한편, 실제 프로젝트의 일정관리에서 작성된 CPM(Critical path method) 분석을 통해 공기지연 영향을 측정하는 방법으로는 일반적으로 예정공정표를 이용한 방법과 완료공정표를 이용한 방법, 수정된 완료공정표를 이용한 방법이 활용되

고 있다. Bubshait 등(1998)은 위의 세가지 방법을 동일한 건축공사 적용하여 비교분석함으로써 보다 효과적인 공기지연분석방법을 도출하고자 하였으나, 건설공사의 특성 상 예측 가능하고 보편적으로 적용할 수 있는 방법은 없다는 결론을 내리고 각각의 방법이 모두 장단점이 있다는 결과를 제시하였다. 또한 시공 중 발생하는 설계변경, 분쟁, 공기지연 등을 관리함에 있어 이러한 네트워크 기반의 공기지연분석의 한계점으로 갑작스런 설계변경이나 기타 예측하지 못했던 지연원인들을 효과적으로 반영하지 못함을 지적하였다. 이 연구는 기존의 공기지연분석방법들을 비교분석함으로써 보다 효과적인 분석방법을 도출하고자 한데 의의가 있으나 사례분석 대상이 선후행관계가 명확한 소규모 건축공사였기 때문에 대규모의 선형적인 토목공사에서 동시에 발생할 수 있는 지연원인을 입체적으로 분석할 수 있는 접근방법은 제시되지 못했다.

또한, 공기지연일수 산정하고 그 영향정도를 분석한 연구로 Shi 등(2001)은 공기지연에 대한 정보와 지연영향을 바탕으로 예정공정표와 완료공정표를 비교하여 지연일수를 산정하는 방법을 제시하였다. 이 연구는 CPM 기법을 근거로 하지 않고 있기 때문에 주공정선이나 예정공정표에 대한 계산이나 주기적인 네트워크 업데이트가 필요하지 않다는 강점이 있다. 이 연구는 지연책임을 정하기 위한 기준일을 산정하는 방법으로는 매우 유용하나 지연영향에 대한 구체적인 분석을 위해서는 각 세부공정에 대해 방대한 양의 정보와 시간이 소요되기 때문에 대규모 건설공사의 전체적인 공기지연분석을 수행하는 데 있어서는 비효율적이라는 비판을 받는다.

국내에서도 이재섭(1999)이 기존의 CPM 공정표에 의한 공기지연 분석을 중심으로 국내 건설현장의 공정관리 실태와 문제점을 조사 분석하고 분석된 문제점을 바탕으로 국제적으로 활용되고 있는 기법들을 검토하여, 국내의 현실에 적합한 분석 기준 및 적용방법을 제안하였다. 이 연구는 공기지연의 각 귀책사유에 따라 공정표에서 공기지연일수를 산정하고 귀책사유별로 공기연장을 하기 위한 기준과 적용방법을 제시하였다. 그러나 대규모 토목건설공사와 같이 수 천개의 공종으로 이루어져 있는 대형 건설공사에서 모든 공기지연을 계약당사자의 귀책사유로만 파악하여 공기지연일수를 산정하는 것은 방법론적인 어려움이 따른다.

이러한 기존 연구들에 대한 고찰을 바탕으로 본 연구는 경부고속철도와 같은 대형의 선형적인 건설공사의 공기지연인자를 분석하고 지연일수를 산정하기 위해서 전체 프로젝트 관점에서 입체적이고 다각적인 접근방법이 필요하다는 전제하에, 각 구간별로 주요 지연 공구를 분석하고 거시적 분석과 미시적 분석 방법을 통해 공기지연에 대한 정성적·정량적 분석이 가능한 공기지연분석방법을 적용하였다.

2.2 공기지연 분석방법의 프레임워크

본 연구는 대형 건설공사의 공기지연을 분석하기 위한 접근방법으로써 기존의 방법들을 연구목적에 맞게 수정 결합한 다층적 공기지연분석방법(Multilateral approach)을 제시하였다. 우선 공정진척도(S-curve)의 비교분석을 통해 공기지연이 가장 많이 발생한 구간을 찾는 양적 분석과 시간축 상에

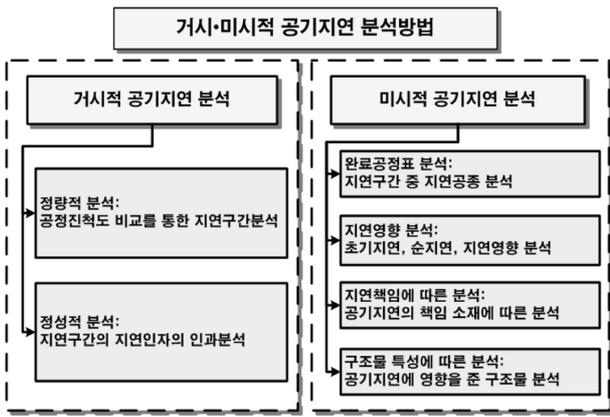


그림 2. 거시·미시적 공기지연 분석방법

서 핵심 지연인자를 찾는 질적 분석을 통해 거시적 차원에서 전체 개통일정에 영향을 초래한 공사구간과 이들 구간에서의 주요 지연인자들을 도출하는 분석을 실시하였다(거시적 측면). 그 후, 이들 핵심 공구에 대해 완료공정표를 이용하여 지연이 가장 큰 구간의 주공정선(critical path)를 찾고, 그 주공정선 상에서 발생한 착공지연(start-delay), 순지연(net-delay), 지연영향(total impact)를 순차적으로 분석하였다. 또한 해당 공기지연에 대한 책임소재의 분석, 공기지연에 영향을 많이 준 구조물별 특성에 대한 분석을 실시하였다(미시적 측면). 이러한 다면적인 분석은 기존의 일면적이고 국부적인 공기지연 접근방법에 비해 전체 프로젝트의 관점에서 주요 지연 공구와 이들 공구에 초점을 맞춘 지연인자, 지연일수 및 책임소재를 분석함으로써 선행적인 대규모 프로젝트의 지연원인을 단순화하면서 핵심인자를 찾아낼 수 있는 장점을 갖는다(그림 2).

3. STEP 1 : 거시적 공기지연 분석

3.1 진척도 곡선을 비교를 통한 정량적 분석

본 논문의 분석대상이 되는 고속철도 건설사업의 공정은 크게 서울~천안 구간, 천안~대전 구간, 대전~대구 구간의 세 구간으로 나누어져 있다. 고속철도 건설사업과 같은 선형적인 프로젝트는 열차운영상에 있어 경제성을 갖는 최소한의

운행구간이 완공되지 않는 한 노반공사의 일부가 먼저 완료되었어도 부분적인 개통이 불가능하다. 또한, 각 공구별로 진행되는 노반공사 상호 간에는 공사 진행에 따른 직접적인 연관관계는 없으나 후속공정인 궤도와 공동관로(통신) 공정과의 연관관계로 인하여 다른 노반공사의 공기에 간접적으로 영향을 미치게 된다. 예를 들면, 서울~천안 5개 공구 중 4개 공구가 공사가 완료되었고 1개 공구가 공사 진행이 부진하였을 경우 서울~천안 구간의 후속공종인 궤도 시공은 지연된 1개 공구에 의해 영향을 받게 되고 지연된 공구는 주공정이 되어 후속공종인 궤도시공, 전력, 신호 등에 순차적으로 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 그림 3과 같이 서울~천안 구간, 천안~대전, 대전~대구 구간 각각에 대해 연차별로 작성된 “예정 진척도곡선”(As-planned S-curve)과 “완료진척도 곡선”(As-built S-curve)을 상호 비교하여 그 중 가장 공기지연이 첨예하게 발생된 공구를 찾아내는 방법을 이용하였다. 또한 진척도 곡선(S-Curve)의 기울기 분석을 통해 공기지연의 발생시점과 공사 진척 순서에 따른 지연인자의 특징을 분석하였다.

진척도 곡선을 이용한 방법은 진척도 곡선의 기울기와 예정공정에 대한 이격정도를 통해 공기가 지연된 구간을 용이하게 판단할 수 있는 장점이 있다. 이 중 가장 기울기가 완만하고 예정공정에 대해 이격정도가 큰 공구가 “주요 지연공구(Critical Delay Sections)”이다. 이러한 방법을 통해 전체 26개 공구 중 서울~천안구간은 “2-1공구”, 천안~대전구간은 “5-1공구”, 대전~대구구간은 “8-2공구”가 주요 지연공구인 것으로 분석되었다(그림 3은 전체 26개 공구 중 핵심적인 3개 공구에 대한 S-curve 비교만을 표시하고 있음). 또한 이들 3개 공구 중 가장 공기지연의 영향이 가장 컸던 곳은 서울~천안구간의 “2-1공구”로서, 이곳에서의 노반공사는 용지매수와 초기 일정관리 미흡으로 인하여 공정률 20%에서 이미 예정공정이 2년 반이나 지연되었으며, 이러한 초기공정에서의 지연이 이곳보다 먼저 착공된 “5-1공구”의 후기공정의 지연을 초래했고, 또한 비슷한 시기에 착공하도록 계획된 “8-2공구”도 “2-1공구”에서 초래된 지연을 고려한 결과, 실제로 착공시기를 2년 이상 미룰 수밖에 없는 연쇄적인 영향을 미치게 되었다.

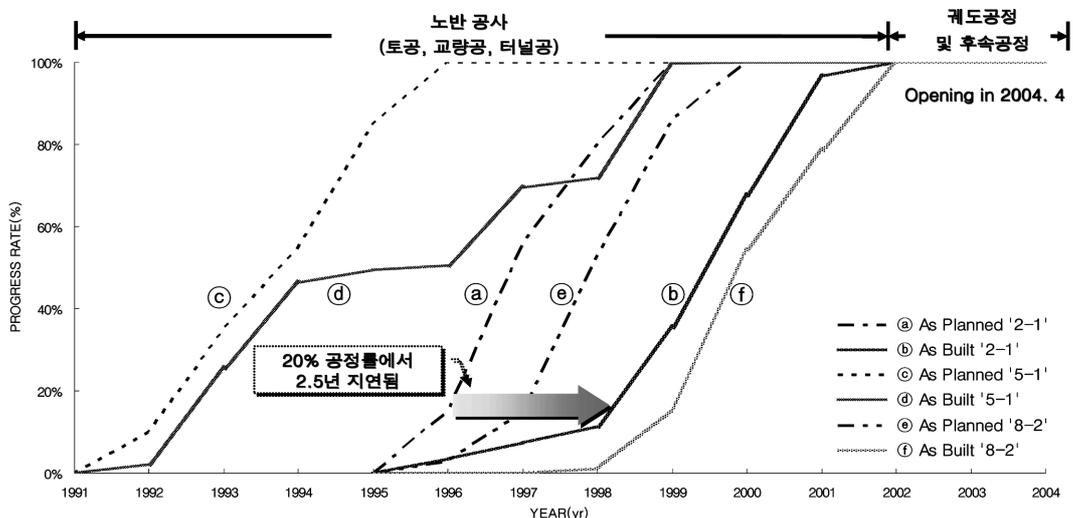


그림 3. 주요 공기지연 하위구간의 진척도곡선(S-curve) 비교

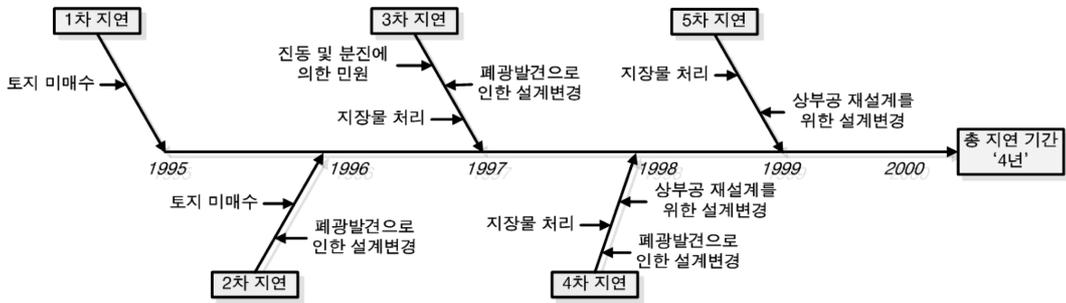


그림 4. 공기지연 원인결과 다이어그램(“2-1공구” 사례)

3.2 인과분석을 통한 정성적 분석

공정진척도 곡선을 비교분석한 정량적 분석에서 도출된 주요 지연공구에 대해 착공 때부터 완공 때까지의 연도별로 발생한 지연 원인과 결과에 대한 인과분석을 통해 시기별로 주요 공기지연원인을 도출하였다. 예를 들어, 서울~천안구간의 “2-1공구”의 경우 그림 4와 같이 총 5차례에 걸쳐 공기지연이 발생한 것으로 나타났다. 그 중 가장 크게 영향을 미친 지연원인은 상리노선의 터널공사 시공 중에 폐광이 발견되어 공사가 중단되었으며, 결국 노선이 변경되었던 사건이었다. 이와 동시에 다른 공기지연 원인들이 중복/다발적으로 발생하면서 결국 2-1공구에서만 공기가 4년이나 지연되는데 결정적인 원인을 제공하게 되었다.

이렇게 분석된 정량적·정성적 분석을 통해 공기지연이 가장 크게 발생한 구간과 하위 공구를 판별해낼 수 있었으며, 해당 구간 및 공구의 주요 공기지연 원인과 그에 따른 개략적인 지연일수까지도 도출해 낼 수 있었다.

4. STEP II : 미시적 공기지연 분석

미시적 공기지연 분석은 거시적 공기지연 분석에서 도출된 주요 지연 구간과 하위 공구를 바탕으로 세부적인 공기지연 원인을 분석하고 그 원인에 따른 지연일수를 산정하는데 목적이 있다. 이를 위해 완료공정표를 이용한 지연공종 분석과 공기 지연영향 분석을 실시하였으며 지연원인의 책임소재에 따른 분석과 구조물의 특성에 따른 분석을 병행하였다.

4.1 일정공정표를 이용한 지연공종 및 원인분석

경부고속철도 건설사업의 일정관리는 일정관리 상용 프로그램인 P3(Primavera 3)을 이용하여 관리하였다. 서울~대구간 1단계 사업은 5,611개의 단위공종(activities)과 시험공종 1,672개로 세분화되어 P3을 이용하여 주공정을 관리하였으며, 이러한 일정관리는 프로젝트 시작에서 완료까지 분야별로 연관관계를 가지고 있었다.

공기지연 원인분석 및 지연일수 산정에 대한 일정관리 공정표를 이용한 분석은 거시적 분석에서 규명한 공기지연인 자들과 그 특성들로 인하여 공기가 가장 많이 지연된 주요 공구의 주공정선(Critical Path)의 공사 시행 전 예정 공정표와 완공 후 완료공정표를 비교하는 접근방법(As-Built Method)을 통하여 공기지연 일수의 산정 및 공기지연의 책임소재를 분석하였다. 본 논문에서 사용된 예정공정표는 발주자인 한국철도시설공단에서 관리하는 공정표를 바탕으로 실제 현장에서 사용된 공정표를 재구성하였고 또한, 계획변경이나 설계변경이 발생하였을 때 이를 반영한 수정공정표를 이용하여 예정공정표를 조정하였기 때문에 공기지연의 분석에서 토대가 될 수 있는 기준으로서의 정확성과 현실상황을 반영하고 있다.

4.1.1 예정공정표와 완료공정표 비교 분석

그림 5와 같이, P3를 이용하여 작성된 예정공정표와 완료공정표를 이용하여 서울~천안구간의 “2-1공구”의 주공정선(Critical path)과 공기가 지연된 하위공종을 찾아보면 주공정

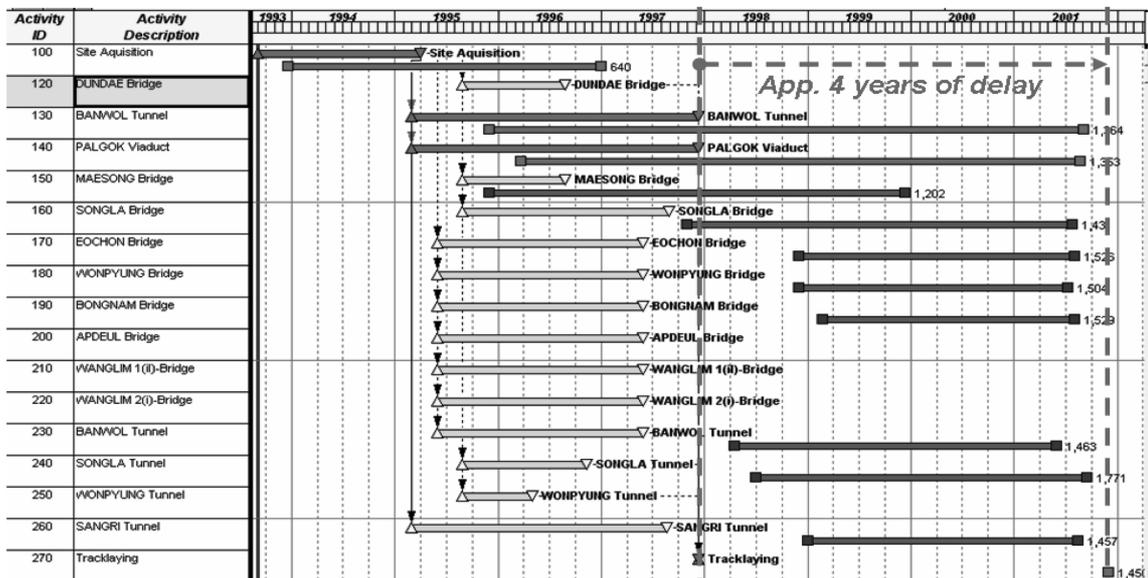


그림 5. 예정공정표와 완료공정표의 비교 분석 예시(“2-1공구” 사례)



그림 6. 지연공종들의 지연영향분석 예시(“2-1공구” 사례)

선은 예정과 완료공정표 모두 용지매수와 둔대교 공종, 팔곡고가였으며 주공정선의 공기지연으로 인하여 다른 하위공종들의 일정이 연쇄적으로 변경되었음을 알 수 있다. 즉, 도로와 같은 일반적인 선형적인 공사의 경우 공구가 독립적으로 분할되어 동시 병행적으로 시공되기 때문에 한 공종에서 공기지연이 발생하더라도 다른 공구의 공종들에게는 영향을 주지 않는 것이 일반적이다. 그러나 그림 5에서 보는 바와 같이, 주공정선(Critical Path)의 공기가 지연됨에 따라 비교적 총여유시간(Total float)이 있었던 공종들의 착공이 지연되었다. 이러한 공기지연의 특징은 고속철도의 특성상 장기간 케도의 용접시공과 당시 노반의 안정성에 대한 검증이 필요했기 때문에 노반이 전체적으로 완공되지 않으면 후속 케도공정을 진행하지 못했다는 데 있다. 즉 선형적인 고속철도공사의 특성 상 후속공정인 케도시공을 하기 위해서는 모든 선형공종이 마무리되어야 하기 때문에 주공정선의 공기지연은 전체 구간의 공기지연에 큰 영향을 미치게 되었다. 결과적으로 “2-1공구”의 공기는 예정 1,563일에서 3,014일로 두 배 가까이 증가하게 되어 1,451일(약 4년)의 공기지연이 발생하게 된 것으로 분석되었다.

4.1.2. 지연영향 분석

예정공정표와 완료공정표를 비교분석하여 주공정선의 변화와 지연정도를 파악하여 도출된 하위공종들을 바탕으로 공기지연원인과 지연영향을 분석하면 그림 6과 같다. 지연공종들의 지연영향을 분석하기 위해서는 지연공종의 착공지연일수(start-delay)과 순지연일수(net-delay), 지연영향일수(total impact)를 산정하여 분석하는 방법이 많이 활용된다(Bubshait 등, 1998). 착공지연일수는 예정된 착공일과 실제 착공일의 차이로 산정되며, 순지연일수는 공기지연일수에서 자유여유(free float)를 감한 값으로 산정된다. 이렇게 산정된 착공지연일수와 순지연일수의 합으로 지연영향일수를 산정하게 된다. 그림 6의 지연영향 분석은 주공정을 포함하여 총여유공기(total float)가 적어 공기지연에 의한 영향을 받기 쉬운 공종을 선택하여 해당 공종의 착공지연과 순지연을 지연원인에 근거하여 인과관계 적으로 분석한 것이다. 일반적으로 적용 가능한 지연영향 분석과정은 다음과 같다.

- ① 공기지연분석을 실시할 주요 지연공종의 주공정선 분석
- ② 예정공정표와 완료공정표로부터 주요 하위공종의 착수일자(ES; Early Start), 완료일자(EF: Early Finish)와 공기(Duration) 산정
- ③ 예정공정표와 완료공정표의 비교를 통한 착공지연일수(start-delay) 및 순지연일수(net-delay) 산정
- ④ 착공지연일수와 순지연일수로부터 지연영향일수(total impact) 산정

이러한 분석 방법을 통하여 각 구간의 주요공구의 주공정선의 변화추이를 분석하고 해당 공구의 공기지연인자에 의한 공기지연일수를 산정하면 표 2와 같다. 각 구간별 공기지연을 비교해보면 서울~천안구간에서 가장 많은 공기지연이 발생되었고 가장 나중에 착공된 대전~대구구간의 공기지연이

표 2. 각 구간별 지연공구 공기지연일수 산정

구간	서울~천안 (2-1공구)	천안~대전 (5-1공구)	대전~대구 (8-2공구)
지연영향일수	1,451일	956일	195일
주요 지연유형	착공지연 (Start-delay)	순지연 (net-delay)	순지연 (net-delay)
전체공기에 영향을 준 주요 지연 주공정(Critical Delay Activity)	용지매수 반월고가 팔곡고가 어천교 상리터널 반월터널 왕림터널	연제교 오송교 노장1터널 토공	토공 봉산고가 봉산천교 다수고가 모암고가

표 3. 각 구간별 공기지연인자 영향정도 비교(상위 5개 인자)

순위	서울~천안 구간(2-1공구)			천안~대전 구간(5-1공구)			대전~대구 구간(8-2공구)		
	지연유형	공기 지연 요소	영향도 (평균/표준편차)	지연유형	공기 지연 요소	영향도 (평균/표준편차)	지연유형	공기 지연 요소	영향도 (평균/표준편차)
1	설계변경	상리노선변경	8.083	설계변경	교량설계검증	4.808	설계변경	도로 교차구간 상부공 변경	3.528
2	민원발생	발주자사유민원	4.607	설계변경	교량동적거동	3.891	설계변경	교각모형변경	2.792
3	설계변경	중단변경	4.104	설계변경	정차장설계	3.340	설계변경	방음벽위치결정	2.744
4	용지미매수	본선	3.928	환경문제	소음진동분진	3.229	용지미매수	증용지	2.717
5	용지미매수	증용지	3.873	용지미매수	본선	3.061	설계변경	사토장 / 토취장	2.688

가장 적었다.

한편 경부고속철도공사에서 대부분의 공기지연이 개별적인 상황에서 독립적으로 발생했던 것이 아니고 동시적으로 발생하였기 때문에 개별지연 원인들을 중심으로 공기지연 영향을 분석하는 데는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 지연공정별로 해당 공정에서 발생할 수 있는 지연원인들과 그 지연영향을 종합적으로 분석하는 방향으로 연구를 진행하였는데, 이를 위해 본 연구에서는 각각의 영향정도는 평균과 표준편차를 고려한 가중평균으로 산정하였다. 표준편차의 값이 작으면 그만큼 평균값에 대해 응답분포가 집중되어 있다는 것을 의미하기 때문이다. 이러한 기준을 통하여 분석된 공기지연인자를 각 구간별로 상위 5순위 내에 드는 인자들과 각 구간의 공기지연인자들의 영향정도를 분석하면 표 3과 같다. 이를 보면, “2-1공구”는 상리노선 변경과 민원 등으로 인한 설계변경 및 용지매수 지연이 상위 지연요소로, 상대적으로 공사여건이 양호했던 “5-1공구” 및 “8-2공구”는 교량동적거동이나 주변 환경여건 등을 고려하기 위한 설계변경이 상대적으로 높은 영향도를 보이고 있다.

4.2 구조물 특성에 기인한 분석

고속철도의 주요 구조물은 토공, 터널, 교량 구조물의 이루어져 있다. 각 구조물의 특성에 따라 다양한 지연인자들이 발생한다. 먼저, 터널구조물은 작업여건상 터널입출구부의 작업만 지상에서 이루어지고 터널굴착이 진행되면 외부와의 접촉 없이 지하에서 작업이 이루어지며, 작업이 주로 산악지역이나 도심지하에서 이루어진다. 작업형태는 지중암반 굴착작업으로 발파작업이 주 작업을 이루며 동일한 작업형태가 반복적으로 이루어지진다.

교량의 경우는 공간적으로는 어느 정도 개방된 지상에서 작업이 이루어지고, 계곡, 하천, 도로, 철도 교차구간과 같이 지장물이 많아 불리한 주변 환경 여건 속에서 작업이 이루어진다. 그러므로 공사 초기에 발생하는 지장물 및 각종 인허가등의 외부적인 요인들만 해결되면 본격적인 작업추진이 가능하다. 토공사는 개방된 공간에서 공사 진출입이 자유롭게 이루어지며 구조물 위치도 평지이며 흙쌓기, 흙깎기와 같은 단순한 공정으로 이루어지고 장비와 인원 투입에 제약이 없으므로 약간의 공기 지연이 발생하더라도 만회가 가능하다. 이와 같이 토공, 교량, 터널 구조물은 구조물의 위치, 작업의 형태, 작업 공간, 공정의 복잡성등과 같은 구조물의 특징적 요인으로 인해 각기 다른 형태의 공기지연 요인이 내재되어 있다(표 4 참조).

이러한 각 구간 별 주요 구조물의 특징에 따른 공기지연 인자의 규명결과는 표 5와 같다. 각 구간 주요 구조물 특징에 따라 공기지연 원인을 분석하면 공기지연이 가장 크게

표 4. 구조물 특성에 기인한 분류

구분	토공	교량	터널
구조물 위치	평지	하천, 도로, 계곡 등 지장물이 많은 곳	산악지역, 도심지하
작업의 형태	흙쌓기, 흙깎기	콘크리트 공사	암반굴착공사
작업 공간	지상, 개방적	지상, 부분 개방적	지하, 폐쇄적
공정의 복잡성	단순	복잡	보통, 반복적

표 5. 각 구간 구조물 특징에 따른 공기지연인자

구간 구분	서울-천안 구간 (2-1공구)	천안-대전 구간 (5-1공구)	대전-대구 구간 (8-2공구)
토공	토취장 확보 불가 연약지반 처리	토취장 미정 연약지반처리	사면구배조정
교량공	상부공 재설계 인허가 지연 파일박기 소음진동	상부공 재설계 인허가 지연 파일박기 소음진동 MSS기능공 미확보 WJE 안전진단	상부공재설계 인허가 지연 파일박기 소음진동 교각모형변경 상부공기설계 유용 레미콘 파업
터널공	폐광발견으로 인한 노선변경 재설계	터널지하수고갈 터널발파 소음진동 가옥균열	터널지하수고갈 터널발파 소음진동 가옥균열, 막장붕락 터널연장조정 터널바닥돌이 조정

발생한 서울~천안(2-1공구) 보다 천안~대전(5-1공구) 및 대전~대구구간(8-2공구)의 구조물별 지연원인의 유형이 더 많은 것을 알 수 있다. 그러나 이는 “5-1공구”나 “8-2공구”의 지연유형은 통제가 가능하거나 영향이 적은 지연원인들이 대부분이었으나, “2-1공구”의 경우는 폐광발견 등 사업계획 자체의 변경을 초래할 수 있는 결정적인 원인에 의해 공정이 좌우되었기 때문이다. 따라서 구조물 특성별로 다양한 공기지연원인들의 유형을 파악함과 동시에 그 영향정도에 따른 우선순위를 정하여 핵심공구의 주요 지연인자들을 집중 관리하는 전략이 필요하다.

4.3 지연원인의 책임소재에 따른 분석

고속철도건설 1단계 사업에서 노반공사는 설계시공 분리입찰방식으로 계약되어 시공자는 계약서와 도면, 시방서, 현장 설명서 및 관련법규에 따라 공사토록 되어 있으므로 시공의 자율권은 턴키방식(Design -Build), 대안입찰방식에 비해 상대적으로 제한되어 있다. 그러므로 이러한 계약형태에 따라 설계, 인허가, 용지등 공사외적인 요인에 대한 발주자에 대한 책임사항은 상대적으로 커지고 시공자의 책임사항은 시공, 품질에 대한 사항으로 한정된다는 점에서 공기지연에 따른 책임사항도 발주자에게 더 귀속된다.

본 논문은 고속철도 공기지연 요인들이 이러한 발주방식 및 계약조항과 관련이 있다고 보고, 공사계약조항 및 관련시방기준에 근거하여 지연원인의 책임소재 따른 공기지연에 대한 책임을 분석하였다. 각 공구별 공기지연인자들에 책임 주체간의 공기지연인자와 책임소재를 분석하면 표 6과 같다.

각 구간에서 발생한 공기지연의 유형과 원인에 따른 책임소재를 분석해보면 80% 정도의 공기지연이 설계변경이나 용지매수, 지장물 처리, 인허가 지연 등 발주자 책임으로 분석되었다. 이는 초기 계획의 미비와 사업관리 능력 미흡으로 인하여 발생한 것으로 발주자 책임으로 발생한 공기지연은 양해될 수 있는 지연(Excusable delay)이므로 공기연장이 가능하였다. 반면 시공자 책임의 공기지연 유형과 원인을 살펴보면 시공불량으로 인한 재시공, 기능공 확보 미흡으로 인한 지연이 많았으며 시공과정 중 발생한 민원에 의한 공기지연도 일정부분 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

표 6. 각 공구별 책임사항에 따른 지연인자 분류

구분		서울-천안구간 (2-1공구)	천안-대전구간 (5-1공구)	대전-대구구간 (8-2공구)	공기지연 유형
발주자 책임지연	설계변경 지연	동적거동에 의한 설계변경			양해될 수 있는 지연 (Excusable)
		양해될 수 있는 지연(Excusable)			
		설계타당성 검증에 의한 설계변경			
		사토장, 토취장 위치 설계변경			
		미흡한 지질조사로 인한 설계변경			
		중단변경으로 인한 설계변경			
		공사용 가도 변경			
		교량 설계 보완			
		개착박스의 사용성 검토			
		교각 설계변경			
		도로 교차구간 변경			
	정차장 위치 변경				
	용지매수 지연	증용지 확보 미흡			
		본선 부지 확보 미흡			
	지장물 처리지연	지중매설물 처리			
지장전주, 철탑 처리					
분묘 이장					
문화재 발견					
인허가 지연	도로점용 인가				
	하천점용 인가				
	철도통과지역 사용인가				
	가설물 축조에 대한 허가				
동시 책임지연 원인	소음, 진동, 분진			양해는 되나 보상받을 수 없는 지연(Excusable, Non-Compensable)	
	지하수 고갈				
	공단공급자재 지연				
시공사 책임지연	하도급업체 부도			보상받을 수 없는 지연 (Non-Compensable)	
	지분경쟁으로 인한 공사중지				
	시공 불량으로 인한 재시공				
	구조물 안전진단으로 인한 지연				
	기능공 확보 미흡				

주) 해당 공구에 발생한 공기지연원인은 회색명암으로 구분되어 있음.

5. 대형사업의 공기지연 방지를 위한 시사점

5.1 해외 고속철도 건설사업과의 비교분석

일본은 1964년에 도카이도 신칸센(東海道 新幹線)을 시작으로 고속철도건설을 시작해 왔다. 동경에서 대판까지 515km 구간으로 1959년 4월 노반공사를 착공하여 5년 6개월의 공사기간이 소요되었다. 신칸센 건설 중 선로공사에 있어 가장 영향을 준 공기지연 요인은 경부고속철도에서도 나타나는 용지매수 지연으로 인한 착공지연이었다. 신칸센 고속철도 건설 중에 토지수용법이 1961년 제정되어 매수 용지에 대해 처리가 가능해졌으나 그 이전에 발생한 용지매수 지연으로 인해 사업이 영향을 받게 된 것이다. 또한 도로나 철도를 통과하는 장경간(long-span) 교량의 설계능력 미흡으로 인한 설계변경 지연과 노선이 도심지를 통과함으로써 발생한 소음, 진동 등의 민원 등이 주요 공기지연 원인이었던 것으로 진단된바 있다(碓義朗, 1994).

유럽의 고속철도 건설에서의 공기지연 원인은 최근 국내에서 발생하고 있는 환경보존과 관련된 시민단체의 민원과 유사하다. 1992년 하노버와 베를린을 잇는 264km의 제2의 ICE(Inter City Express) 고속철도 신설 건설사업의 경우 선정된 노선의 일부가 철새 도래지를 통과하도록 계획되어 있었다. 발주자인 독일철도는 조류 보호를 위해 건설계획을 전면적으로 수정하여 철길 양쪽 6km 구간에 7m 높이의 보호방벽을 쌓아 새들이 고속전철의 전류에 다치지 않도록 하였으며 이러한 조치 등으로 공사기간이 당초 97년 개통에서 98년 개통으로 1년의 기간만큼 연장되었고 공사비도 증액되었다.

한편, 바롱스에서 바르세이유를 잇는 TGV(Train a Grande Vitesse) 지중해선 건설사업의 경우, 총연장 295km 구간의 건설사업에 대한 논의가 1989년부터 시작되었는데 예정된 노선에 기념물, 유적 등이 분포되어 있었고 특히 뤼베롱(Luberon) 국립공원 지대의 훼손이 우려되면서 사업공시

표 7. 공기지연인자의 외국 사례 비교

구분	공기지연인자
신칸센 (일본)	· 용지 미매수 · 교량설계미흡 · 도심통과구간의 소음, 진동
ICE (독일)	· 조류보호구역 통과에 따른 설계변경 · 조류 보호벽 설치
TGV (프랑스)	· 기념물, 유적 통과구간에 대한 노선변경 · 국립공원 통과구역의 훼손 우려 협의

가 지연되다가 1992년 10월에서야 협의가 이루어 졌고, 이 후에도 공사착수 전까지 30개월 이상, 2000회 이상의 협의 등을 거쳐 마지막으로 1994년 총리의 승인을 거쳐 1995년 9월에야 착공이 이루어졌다. TGV 지중해선의 경우 고속철도 2단계의 천성산, 금정산 통과구간과 유사한 사례인데 공사착공 전에 2000회 이상의 협의회를 통해 노선선정이 이루어진 것은 국내와 비교되는 대조적인 사례라고 할 수 있다. 이러한 점을 종합하면, 유럽의 고속철도 건설은 경부고속철도와 같이 용지매수나 설계 기술상의 문제보다는 환경보전, 역사 유적 보호 등에 대한 요인들이 공기지연 주요 원인으로 나타났음을 알 수 있다. 해외 고속철도 건설사업의 공기지연 원인 비교하면 표 7과 같다.

경부고속철도와 외국의 고속철도 건설사업의 주요 공기지연인자를 비교하면 경부고속철도와 일본의 신칸센의 경우, 용지매수의 지연으로 인한 착공지연과 도심통과 구간의 소음, 진동에 의한 민원 등이 주요한 공기지연 원인이었다. 이러한 공기지연 원인들은 경부고속철도 건설사업에서도 나타나는데 주로 고속철도 노선이 위치한 지역의 지가가 높고, 인구밀도가 과밀한 지역을 통과해야 하는 경우에 나타나는 지역적 특징이다. 반면 유럽의 ICE나 TGV의 경우, 일본과 다르게 문화재나 환경보존을 위한 설계변경으로 공기가 지연되었으며 이는 현재 건설 중인 경부고속철도 건설사업 2단계에서 천성산, 금정산 통과 터널 구간의 환경보전 민원과 유사한 형태를 띠고 있다.

5.2 시사점

경부고속철도 사업은 과거 수행된 대형국책사업 중 초기단계 사업관리(pre-construction management)의 중요성을 상기시켜주는 대표적인 사례였다. 특히 경부고속철도 1단계 사업의 공기지연에 가장 큰 영향을 미친 사항은 용지매수 지연과 설계분야의 기술력 부족으로서 검증되지 않는 설계로 인해 공사시행과정에서 잦은 설계변경과 반복적인 재시공을 초래하였다. 공사를 가장 먼저 시작했던 천안~대전구간의 경우 S-curve 분석에서 보는 바와 같이 공사기간 내내 지속적인 공기지연이 발생되었으며, 특히 교량구조물이 많은 구간은 공사착수에서부터 완공까지 구조물의 특성에 따른 지연이 계속적으로 발생하였다. 이러한 문제들은 대형국책사업에서 공통적으로 나타나는 유형들이다.

향후 진행될 유사한 사업들의 공기지연을 분석함에 있어, 경부고속철도 건설사업 사례분석을 통해 도출된 시사점과 이에 기반 한 대형국책사업의 공기지연 최소화 방안에 대해 고찰하면 다음과 같다.

- 1) 경부고속철도 건설사업에서 공기연장과 사업비 증가를

초래한 주요 공기지연 원인들은 사업 초기단계에서 주로 발생하였다. 또한, 26개 공구가 각기 다른 시공자들에게 설계·시공분리발주방식으로 발주되었기 때문에 참여주체간의 역할과 책임이 매우 복잡하게 얽혀있었다. 그러나 발주자의 통합적 조정 능력이 미비하여 참여주체 간의 이해관계에서 비롯한 민감한 문제들에 대한 해결이 미흡하였다. 따라서 이러한 대형건설사업의 경우, 초기 공기지연 관리가 시간과 비용을 최소화하는 관건이 되므로, 다양한 참여주체들의 이해관계를 조율할 정부기관과 발주자의 역할이 무엇보다도 강조되어야 한다.

2) 고속철도 1단계사업의 3차에 걸친 사업계획 변경에 의한 공기연장의 가장 큰 요인은 사업관리가 활성화 되지 않았다는데 그 원인이 있다. 대형국책 사업을 추진할 때에는 해당사업에 대한 규모, 사업비, 상세공정이 사전에 확정되어야 하며, 이를 지속적으로 모니터링 하는 체계가 구축되어 있어야 한다. 그러나 경부고속철도 사업의 경우 초기 사업관리의 부재에 따라 해당사업의 규모, 사업비, 공정에 대한 이해와 구체적인 자료 없이 사업이 착수되었으며, 그로 인해 사업비 증가, 공기 연장, 품질관리 기준의 변동 등 여러 문제점들이 나타났다. 따라서 사업초기 단계에서 사업전체에 대한 로드맵인 업무분류체계(WBS)의 조기구축과 이에 기초한 사업비와 공기가 조기 확정되어야 하고 계획수립 시에도 사업의 범위, 공기, 사업비, 품질관리기준, 리스크 관리방안 등에 대한 구체적인 플랜을 수립하여야 하며, 특히 전체 프로젝트 관점과 개별 공구관점에서 통합적으로 사업을 관리함으로써 개통일정에 지연을 초래할 수 있는 핵심공구들을 집중적으로 관리해 나갈 필요가 있다.

3) 고속철도 1단계 구간의 공기지연 요인은 분석에서 나타난 바와 같이 설계능력 부족에 크게 기인한다. 고속철도는 기존의 철도공사와는 비교할 수 없는 높은 설계기술과 품질기준을 만족할 수 있는 기술수준을 확보하여야 하는데, 검증되지 않은 설계로 인해 잦은 설계변경과 재시공을 초래하고 결과적으로 후속공정에 지속적인 공기지연을 야기하였다. 기술력 부족에 따른 교량 설계의 오류가 공기지연으로 나타난 것이다. 따라서 설계에 대한 기술력이 중요하고 과거 실적이 없는 공사의 경우에는 설계·시공일괄입찰방식(Design Build) 등 이에 적합한 다른 발주방식을 활용하는 방안도 검토될 필요가 있다.

4) 대형건설사업의 착공지연을 최소화하기 위해서는 공사를 수행할 용지를 신속히 확보하는 것이 전제되어야 한다. 경부고속철도는 특히, 노선 중 문화재와 역사적 유물이 매장된 지역의 용지확보가 어려워 많은 공구에서 착공지연이 발생하였다. 일반적으로 건설공사는 실시설계 완료 후 용지매수와 문화재 조사가 실시된다. 실시설계가 완료되어야 매수해야 할 용지 폭이 결정되고 용지매수가 이루어져야 문화재 조사도 이루어질 수 있기 때문이다. 따라서 문제가 많이 발생하는 도심통과지역이나 문화재보호구역과 같은 지역을 통과하는 구간은 전체 프로젝트 차원에서 우선적으로 설계를 완료하여 순차적인 용지매수계획을 수립하는 전략적인 사업 추진이 필요하며, 프로젝트 각 공구별로도 공정계획을 수립할 때 이러한 문화재 조사와 용지매수의 지역적 특성을 고려하여 예비일정을 반영하는 등 현실적으로 일정을 조정할

필요가 있다.

5) 고속철도 1단계 공사의 공기지연은 대부분의 귀책사유가 발주자에게 있기 때문에 변경 가능한 공기지연(excusable delay)으로 인정되어 지체상금이 부가되지 않았다. 그러나 공기지연 요인이 동시 다발적으로 발생될 경우 지연요인에 대해 분쟁의 소지가 있으며 담당자에 따라 자의적인 해석이 가능하다. 따라서 대형국책사업에서는 공기관리에 대한 책임을 명확히 하기 위해 공정표의 종류와 시기, 기성고 관리, 공기연장의 분석기준 및 절차에 대한 내용이 포함된 공정시방서의 도입을 검토할 필요가 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 대규모의 선형적인 건설사업에서의 공기지연 분석방법으로써 다층적인 공기지연분석체계를 제시하고 이를 경부고속철도 건설사업에 적용하여 사례분석을 실시하였다. 경부고속철도 건설사업은 각기 다른 특성을 가진 세 구간으로 나뉘어 공사가 진행되었으며 각 구간에서 발생한 공기지연의 유형과 원인은 서로 달랐다. 특히 서울~천안구간의 “2-1공구”의 경우, 전체 약 5년의 공기지연 중 4년여의 공기지연이 이 공구에서 발생하였으며, 주요 공기지연 원인으로서는 고속철도 교량의 동적거동에 대한 고려를 하지 못해 재설계와 재시공으로 공기가 지연되었으며 무엇보다 불충분한 지질조사로 시공 중에 폐광이 발견되면서 노선변경과 재시공을 해야 했던 것에 크게 기인하였다.

경부고속철도 건설사업과 같은 대형 국책사업은 복합적으로 다양한 공종들이 동시에 수행된다. 따라서 사업관리자는 성공적인 사업 수행을 위해서 다양한 변화 가능한 인자들 중 핵심 공기지연 원인들을 집중 관리하여야 한다. 일반적인 프로젝트의 시간관리는 주공정선 상의 공종관리로 초점이 모아지지만, 경부고속철도와 같은 선형적인 건설사업의 경우는 공구별로 분산된 주공정선 관리가 성공적이지 못할 가능성이 높다. 개통일자에 영향을 줄 수 있는 핵심공구 및 이들 공구에서의 지연 공종들을 중심으로 공기지연 인자에 초점을 둔 일정관리를 하지 않을 경우, 다른 구간의 공구들은 일정에 맞춰 완공되었음에도 불구하고 전체 개통일정은 늦어질 수밖에 없기 때문이다. 따라서 무엇보다 지연영향을 최소화하기 위해서는 거시적·미시적 관점에서 전체 프로젝트와 개별공구를 동시에 통제하고 개통일자에 영향을 주는 지연을 예방하기 위한 통합관리시스템(totally integrated monitoring system)을 구축하여야 한다.

국내에서는 경부고속철도 2단계 사업을 포함한 다수의 대형 국책사업이 추진되고 있으며, 사업추진 상에 공통된 문제점들이 나타나고 있다. 대형국책사업의 공기지연을 최소화하기 위해서는 발주자의 통합적 조정능력 강화, 설계와 시공에 대한 책임을 강화하는 발주시스템의 적용, 문화제 및 용지매수 시기의 조정, 인허가 업무의 신속하고 투명한 처리, 공기

지연책임을 분명히 한 공정관리 시방서의 도입 등이 이루어져야 한다. 특히, 환경과 관련된 이해 당사자들 간의 분쟁은 사업추진에 심각한 장애 요인으로 작용하고 있다. 유럽의 고속철도 공사의 사례에서 살펴본 것과 같이 환경 분야에 대한 보다 세심한 검토와 함께 갈등요인에 대한 합의를 도출하기 위한 지속적인 노력이 사업초기단계인 타당성과 기본 설계단계부터 뒷받침되어야 만 이러한 공기지연 요인들을 미연에 방지할 수 있다.

참고문헌

강기동(2004) 경부고속철도 사업관리의 성과. 대한토목학회지, 대한토목학회, 제52권 제4호, pp. 18-22.

이재섭(1999) 건설공사의 공기연장분석기준 : CPM 공정표에 의한 공기지연 분석을 중심으로, 연구보고서, 한국건설산업연구원.

한국고속철도건설공단(2000) 경부 고속철도 건설사 : 태동기에서 시험운영 개시까지.

碓義朗(1994) 고속철도로 가는 길: 일본신칸센의 경험(원제: 고속철에 도전한다), 한국고속철도건설공단.

Arditi, D., Akan, G. T., and Gurdamar, S. (1985). Reasons for delays in public projects in Turkey. *J. Constr. Mgmt. and Econ., U.K.*, Vol. 3, No. 2, pp. 171-181.

Assaf, S. A., Al-Khalil, M., and Al-Hazmi, M. (1995). Causes of delay in large building construction projects. *J. Mgmt. in Engrg. ASCE.*, Vol. 11, pp. 45-50.

Bubshait, A. A., and Cunningham, M. J. (1998). "Comparison of delay analysis Methodologies, *J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE.*, Vol. 124, No. 4, pp. 315-322.

Chan, D. W. M., and Kumaraswamy, M. M. (1997). A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects, *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 15, No. 1, pp. 55-63.

Chan, D. W. M., and Kumaraswamy, M. M. (1995). A study of the factors affecting construction durations in Hong Kong, *J. Constr. Mgmt. and Econ., U.K.*, Vol. 13, pp. 319-333.

Elinwa, A. U., and Joshua, M. (2001). Time-overrun factors in Nigerian construction industry, *J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE.*, Vol. 127, No. 5, pp. 419-425.

Kumaraswamy, M. M. and Chart, D. W. M. (1995). Determinants of construction duration. *J. Constr. Mgmt. and Econ., U.K.*, Vol. 13, pp. 209-217.

Li, S., (1996). New approach for optimization of overall construction schedule, *J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE.*, Vol. 122, No. 1, pp. 7-13.

Majid, M. Z., and McCaffer, R. (1998). Factors of non-excusable delays that influence contractors' performance. *J. Mgmt. in Engrg., ASCE.*, Vol. 14, No. 3, pp. 42-49.

Okpala, D. C., and Aniekwu, A. N. (1998). Causes of high costs of construction in Nigeria. *J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE.*, Vol. 114, No. 2, pp. 233-244.

Shi, J. J., Cheung, S. O., and Arditi, D. (2001). Construction delay computation method. *J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE.*, Vol. 127, No. 1, pp. 60-65.

Williams, T. (2003). Assessing extension of time delays on major projects. *Int. J. Proj. Mgmt.*, Vol. 21, No. 1, pp. 19-26

(접수일: 2006.3.23/심사일: 2006.5.29/심사완료일: 2006.7.26)