경부고속철도 건설사업의 공기지연분석에 관한 연구

A Study on the Delay Analysis Methodologies in Construction of Korea High Speed Railway

윤 성 민* 이 상 현** 채 명 진*** 한 승 헌****
Yun, Sung-Min · Lee, Sang-Hyun · Chae, Myung-Jin · Han Seung-Heon

요 약

경부고속철도는 1990년 기본계획 수립 후 2차례의 기본계획 변경과 함께 사업기간도 1998년에서 2002년으로 조정 후 다시 1단계 2004년, 2단계 2010년으로 변경되었다. 이렇게 잦은 사업계획 변경과 사업기간 연장은 고속철도 건설사업뿐만 아니라 국가에서 수행하고 있는 대형 국책사업에서 일반적으로 발생되고 있다. 이러한 공기지연으로 인하여 발생되는 경제적, 사회적 손실은 그 규모가 상당하다.

경부고속철도 건설사업에 있어서 발생된 공기지연을 분석하기 위한 방법으로써 '거시·미시적 공기지연분석방법(Macro Micro Delay Analysis Method ; MMDAM)'을 적용하였다. 전체 공구를 사업 시행일자가 달랐던 서울~천안 구간, 천안~대전 구간, 대전~대구 구간으로 나누어 각 구간에 대한 해당 구간에 대한 거시적 분석으로써 진척도 곡선을 이용한 분석, 구조물 특징에 따른 분석, 책임사항별 분석을 실시하여 주요 지연공구와 공기지연인자들을 규명하였다. 미시적인 방법으로 일정관리 공정표를 이용한 예정공정표를 이용한 방법, 완료공정표를 이용한 방법, 시간경과에 따른 방법을 통해 주요 공기지연인자 및 공기지연일수, 그에 따른 책임소재를 규명하였다. 이를 통해 분석된 결과를 토대로 세 구간을 상호 비교분석하여 각 구간의 특징에 따른 공기지연인자가 전체 공기에 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하였다. 마지막으로 규명된 공기지연인자에 대해 한국철도시설공단의 담당자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 각 공구에 발생했던 공기지연인자들의 전체공기에 대한 영향정도를 측정하여 정량적으로 도출하였다. 이를 각 구간에 대해 상호 비교 분석함으로써 대형국책사업에서의 공기지연인자에 대한 분석 방법론을 정립하였고 공기지연 분석 방법론의 현실적 적용을 위한 제언과 그에 따른 개선사항에 대해 도출하였다.

키워드: 경부고속철도, 공기지연인자, 공기지연분석, 공기지연일수, 공기지연영향

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

경부고속철도 건설사업은 사업시행 준비단계에서 고속철도 건설을 위해 정작 필요한 기술적인 검토와 준비과정을 거치지 않고 제반 여건이 준비되지 않은 상태에서 사업이 시작되었고 많은 시행착오가 있었다. 이러한 시행착오는 사업비 증가와 개통공기 연장으로 나타났다. 1992년 6월 천안~대전구간의 시험선 구간이 착공된 후 2차례의 사업 기본계획 변경을 거쳤으며, 이에 따라 개통예정일도 최초 1998년에서 2002년, 2004년, 2010년으로 변경을 가져왔다.

본 논문은 사업이 완료된 경부고속철도 1단계 사업의 공기지연을 분석하기 위하여 공정 진척도 곡선, 구조물별 분석, 책임소재별 분석을 통한 거시적 분석과 일정관리 공정표를 이용한 미시적 분석을 통해 공기 지연인자가 무엇인지를 분석하였다. 그리고 이를 각 구간에 대해 상호 비교분석함으로써 대형국책사업에서의 공기지연인자에 대한 분석 방법론을 제시함으로써 공기지연 분석 방법론의 현실적 적용을 위한 제언과 그에 따른 개선사항에 대해 도출하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

고속철도 사업은 노반, 궤도, 건축, 전력, 통신, 신호, 차량으로 구성되는 종합 시스템 사업으로 관련분야가 광대하며, 각 분야간 상호 긴밀히 연결되어있어 상호 인터페이스가 사업추진에 중요한 변수가 된다. 본 논문에서는 고속철도 사업의 여러 분야 중 노반분야에 한정하여 공정지연 요

* 학생회원, 연세대학교 토목공학과, 석사과정
** 일반회원, 한국철도시설공단 사업관리실, 과장
*** 일반회원, 연세대학교 토목공학과, 박사 후 과정
**** 종신회원, 연세대학교 토목공학과, 부교수

인들을 분석하였다.

경부고속철도 건설사업에 있어서 발생된 공기지연을 분석하기 위한 방법으로써 '거시·미시적 공기지연분석방법(Macro Micro Delay Analysis Method ; MMDAM)'을 적용하였다. 거시·미시적 공기지연분석방법을 통해 전체 공구를 사업 시행일자가 달랐던 서울~천안 구간, 천안~대전 구간, 대전~대구 구간으로 나누어 각 구간에 대한 일반사항을 분석하고 그에 따라 크게 해당 구간에 대한 거시적 분석으로써 진척도 곡선을 이용한 분석, 구조물 특징에 따른 분석, 책임사항별 분석을 실시하였고 미시적 분석으로써 일정관리 공정표를 이용하여 예정공정표를 이용한 방법, 완료공정표를 이용한 방법, 시간경과에 따른 분석 방법을 통해 공기지연인자 및 공기지연일수, 그에 따른 책임소재를 규명하였다. 이를 통해 분석된 각 구간별 공기지연 분석을 상호 비교하여 각 구간의 특징에 따른 공기지연이 전체 공기에 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하였다. 또한 전 구간에 대한 공기지연인자에 대해 한국철도시설공단의 담당자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 각 공구에 발생했던 공기지연인자들의 전체공기에 대한 영향정도를 측정하여 통계분석을 실시하였다. 이를 통해 향후 대형 국책사업에서의 공기지연분석 방법 개선사항을 도출하였다. 연구절차 흐름은 그림 1과 같다.

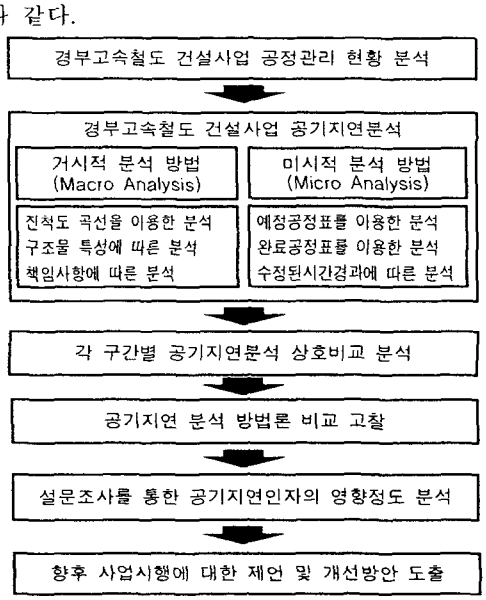

그림 1 연구절차 흐름도

2. 경부고속철도 건설사업의 공기지연 인자분석

2.1 대상사업 현황

1) 구간분류 기준

고속철도 건설사업의 구간분할 기준은 공기지연인자를 분석을 위해 신설구간을 3개 구간으로 나누었는데, 3개 구간으로 나눈 분류기준은 아래 표 1과 같다. 각 구간의 특징을 살펴보면 서울~대구구간은 서울~천안, 천안~대전, 대전~대구구간 나눠 공사 착공 시기가 다르게 이루어 졌으며, 행정구역상 서울~천안구간은 도심권이 인접해 있어 주거지 비율이 높고 천안~대구구간은 농경지와 산악지로 이루어져 있어 구간별로 다른 형태의 환경이 구성되어 있다. 공사여건 및 제도적인 측면에서는 서울~대전구간은 용지매수 및 교량설계 검증이 진행 중에 있었으며, 대전~대구 구간은 선행구간에서 발생되었던 문제점들이 해결된 후 공사착공이 이루어 졌다.

표 1 구간별 분류 기준

구 분		서울~천안 구간	천안~대전 구간	대전~대구 구간
공사착공시기		1992. 6	1994. 12	1996.
행정구역		도심지역	농촌지역	농촌지역
착공시 용지매수		미매수	미매수	매수
고속철도 건설특별법		법시행 전 인허가에 장기간 소요	공사 시행 중 법적용	법적용으로 인허가 간소화
교량	상부공 설계검증	공사 중 설계검증	공사 중 설계검증	착공 전 설계검증 (일부 착공 후 설계검증)
	동적거동	착공 후 재설계	공사 중 구조물 보강	영향 없음

2) 분석대상과 범위

경부고속철도 건설사업의 공기지연에 대한 연구에 있어서 가장 우선적으로 고려한 것은 분석대상의 선정과 분석범위의 한정이다. 노반, 궤도, 전차선, 신호, 통신 등의 공사가 복합적으로 이루어지는 대형프로젝트에서 공기에 영향을 미치는 요소들을 전부 규명하는 것은 한계가 있다. 더군다나 여러 개의 요소들이 복합적으로 작용하여 영향을 미치는 경우 각각의 요소들을 규명하고 그 영향정도를 파악하는 일은 많은 시간과 노력이 필요하기 때문이다. 따라서 본 논문은 고속철도 건설사업을 이루고 있는 주요공정 중 노반공사에 한정하여 분석하고자 한다.

노반공사는 고속철도건설사업에 있어서 반복적이며 외부적 영향이 적은 궤도나, 건축, 차량, 전차선, 신호, 통신과 같이 시스템화 된 공사와 달리 토공, 터널, 교량 같이 복잡하고 외부적인 영향이 많은 공정들로 이루어져 있어서 공기지연가 공정에 미치는 영향이 큰 공사로 판단되었다. 그리고 이에 대한 분석의 범위를 공정표를 이용한 분석, 구조물 특성에 기인한 분석, 그리고 공기지연에 대한 책임소재에 따른 분석의 세 가지 분석틀을 통해 각기 다른 관점에서 비교분석함으로써 공기지연인자 파악과 공기지연일수의 산정, 공기지연의 책임소재에 관해 접근하고자 하였으며 공사착공이 이루어지지 않은 대전, 대구 등 도심통과구간과 기본계획 변경으로 사업이 변경된 서울도심 통과구간은 분석에서 제외하였으며, 공기지연에 대한 분석은 시공자와 공사계약이 이루어진 이후부터 분석을 하고자 한다.

2.2 공정표를 이용한 분석

우선적으로 공기지연인자의 규명 및 지연일수 산정을 위해 거시적인 분석으로는 총체 진도율로 산정된 진척도 곡선 (S-curve)을 사용하였고 미시적인 분석으로는 일정관리 프로그램으로 사용된 P3 (Primavera 3)로 작성된 공정표를 이용하였다.

1) 진척도 곡선을 이용한 거시적 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 공사의 경우, 공기나 기타 여건 상 구간을 나누어 사업을 수행하는 것이 일반적이다. 고속철도 공사가 개통까지는 설계, 노반, 궤도, 전차선, 신호, 통신 등 공사가 순차적으로 완성되어야 하며, 노반의 일부 공구가 완료 되었어도, 도로 공사와 같이 부분적인 개통이 불가능하고 노반공사 상호 간에는 공사 진행에 따른 직접적인 연관관계는 없으며, 후속공정인 궤도와 공동관로(통신)와의 연관관계가 존재한다. 그러므로 서울~천안 5개 공구 중 4개 공구가 공사가 완료 되었고 1개 공구가 공사 진행이 부진하였을 경우 서울~천안 구간의 후속공종인 궤도 시공은 지연된 1개 공구에 의해 영향을 받게 되고 지연된 공구는 주공정이 되어 후속공종인 궤도 전차선, 신호등에 순차적인 영향을 미친다.

따라서 본 논문에서는 그림 2와 같이 서울~천안 구간, 천안~대전, 대전~대구 구간 각각에 대해 연차별로 작성된 예정 진척도 곡선(As-planned S-curve)과 완료 진척도 곡선(As-built S-curve)을 상호 비교하여 그 중 가장 진척도가 낮은 공구를 선정하여 공기지연인자와 전체 공기지연일수를 산정하는 분석틀을 이용하였다. 또한 진척도 곡선(S-Curve)의 기울기 분석을 통해 공기지연의 발생시점과 공사 진척 순서에 따른 지연인자 특징을 분석하였다.

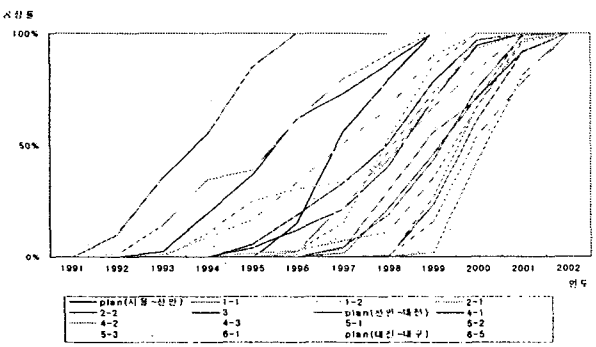

그림 2 전 구간 공정진척도 곡선 (S-curve)

진척도 곡선을 이용한 방법은 진척도 곡선의 기울기와 예정공정에 대한 이격정도를 통해 공기가 지연된 구간을 용이하게 판단할 수 있다. 이 중 가장 기울기가 완만하고 예정공정에 대해 이격정도가 큰 공구가 주요 공기지연 공구 (Critical Delay Section)이다. 이러한 방법을 통해 각 구간 별로 진척도 곡선을 이용한 거시적 분석에서 도출된 지연 공구는 표 2와 같다.

표 2 각 구간별 공기지연 공구

구 간	서울~천안구간	천안~대전 구간	대전~대구 구간
공 구	제 2-1 공구	제 5-1 공구	제 8-2 공구

2) 일정관리 공정표를 이용한 미시적 분석

고속철도 건설사업의 일정관리는 일정관리 상용 프로그램인 P3 (Primavera 3)를 이용하여 관리되었다. 서울~부산 간 1단계 사업을 5,611개의 단위공종(Activities)과 시험공정 1,672개로 세분화하고 단위공정을 P3프로그램을 활용하여 착수 및 완료일자로 주 공정을 관리하였으며, 이러한 일정관리는 프로젝트 시작에서 완료까지 분야별로 연관관계를 가지고 있다.

공기지연인자 분석 및 일정 산정에 대한 일정관리 공정표를 이용한 미시적 분석은 공기지연에 대한 진척도 곡선을 이용한 거시적 분석에서 규명한 공기지연인자들과 그 특성들로 인하여 공기가 가장 많이 지연된 주요 공구의 주공정(Critical Path)의 공사 시행 전 예정 공정표와 완공 후 완료공정표를 이용하는 접근방법을 통하여 분석하고 있다. 이를 위하여 예정공정표를 이용하는 방법 (As Planned Method), 완료공정표를 이용하는 방법 (As Built Method)과 시간경과에 따른 평가방법 (Time Impact Analysis)을 이용하여 각각의 분석들을 상호 비교함으로써 공기지연 일수의 산정 및 공기지연의 책임소재를 분석하는 방법론을 제시하였다. 각 공지지연 분석방법의 과정은 표 3과 같다.

표 3 공지지연분석 방법 과정

분석 방법	분 석 과 정
예정공정표를 이용한 방법	① 지연 발생 전의 계획공정표 작성 ② 1차 수정된 계획공정표의 작성 분석 ③ 2차 수정된 계획공정표의 작성 분석
완료공정표를 이용한 방법	① 초기 계획공정표의 작성 ② 작업이 완료된 후 완료공정표의 검증 ③ 지연의 책임분석
시간경과에 따른 평가방법	① 최초에 계획된 공정표의 작성 ② 순차적으로 '부분공정표'를 반영한 수정공정표의 작성 ③ 완료공정표를 통한 검증 ④ 예정공정표와 완료공정표의 비교분석

이러한 분석을 방법을 통하여 각 구간의 주요공구의 주공정의 변화추이를 분석하고 해당 공구의 공기지연인자를 도출하고 공기지연일수를 산정하면 다음과 표 4, 5와 같다.

표 4 고속철도 1단계 사업 전 구간 공기지연인자 비교

구 간		서울 ~ 천안 구간	천안 ~ 대전 구간	대전 ~ 대구 구간
주요 공기 지연 인자	공통 공기 지연 인자	종단 변경, 용지 미매수, 사토장 미확보 지장물 처리, 협력업체 부도, 공사용 가도로 하천, 도로, 저수지 통과구간에 대한 인허가 파일 항타에 따른 소음, 진동, 터널발파로 인한 소음, 진동, 가옥균열 막장 붕락	종단 변경, 용지 미매수, 사토장 미확보 지장물 처리, 협력업체 부도, 공사용 가도로 하천, 도로, 저수지 통과구간에 대한 인허가 파일 항타에 따른 소음, 진동, 터널발파로 인한 소음, 진동, 가옥균열 막장 붕락	종단 변경, 용지 미매수, 사토장 미확보 지장물 처리, 협력업체 부도, 공사용 가도로 하천, 도로, 저수지 통과구간에 대한 인허가 파일 항타에 따른 소음, 진동, 터널발파로 인한 소음, 진동, 가옥균열 막장 붕락
	구간별 공기 지연 인자	연약지반 처리, 토취장 미확보, 문화재 보호 터널 굴착 지하수고갈, 업체간 지분경쟁 교량 동적거동으로 인한 상부공 재설계 폐광산 발견, 개착 박스 설계	연약지반처리, 토취장 미확보, 문화재 보호 도시계획 미결정, MSS 기능공 미확보 교량동적거동에 따른 상부공 재설계 WJE 안전진단, 터널 연장조정	사면구배조정, 이주민원, 기습폭우 철도통과구간 인허가, 교각 모형 변경 상부공 설계변경에 따른 방음벽 위치 미확정, 도로 통과구간 공법변경, 레미콘 파업

표 5 각 구간별 지연공구 공기지연일수 산정

분석방법 \ 구간		서울~천안 제2-1공구	천안~대전 제5-1공구	대전~대구 제8-2공구
예정공정표를 이용한 분석 (As Planned Method)	공기지연일수	1,423일	409일	0
	착공지연일수	112일	641일	0
	총지연일수	1,535일	1,050일	0
완료공정표를 이용한 분석 (As-Built Method)	공기지연일수	1,339일	345일	195
	착공지연일수	112일	641일	0
	총지연일수	1,451일	986일	195
수정된 시간경과에 따른 분석 (Time Impact Analysis)	공기지연일수	1,339일	345일	195
	착공지연일수	112일	641일	0
	총지연일수	1,451일	956일	195
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

2.3 구조물 특성에 기인한 분석

고속철도 구조물의 토공, 터널, 교량 구조물의 이루어져 있다. 각 구조물에 대한 공기지연인자는 다양하게 발생하였는데 공통적인 사항도 있고 구조물간에 특징지어지는 요인들도 있다. 터널구조물은 작업여건상 터널입출구부의 작업만 지상에서 이루어지고 터널굴착이 진행 되면 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 공사초기에 발생되는 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 이루어지며 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 공기 지연 요인들을 지니고 있으므로 표 6과 같이 구조물에 따른 공기지연요인을 분석하였다.

표 6 구조물 특성에 기인한 분류

구 분	토 공	교 량	터 널
구조물 위치	평 지	하천, 도로, 계곡 등 지장물이 많은 곳	산악지형, 도심지하
작업의 형태	흙쌓기, 흙깎기	콘크리트 공사	암반굴착공사
작 업 공 간	지상, 개방적	지상, 부분 개방적	지하, 폐쇄적
공정의 복잡성	단 순	복 잡	보통, 반복적

각 구간 별 주요 구조물 특징에 따른 공기지연인자의 규명을 표 7과 같다.

표 7 각 구간 구조물 특징에 따른 공기지연인자

구간 \ 구분	서울 ~ 천안 구간	천안 ~ 대전 구간	대전 ~ 대구 구간
공통사항	종단변경 용지미매수 사토장 지연 지장물처리 문화재 협력업체부도 업체간 지분경쟁 공사용 가도로	종단변경 용지미매수 사토장 미정 지장물 처리 문화재 보호 협력업체부도 공사용가도로 도시계획미결정	종단변경 용지미매수 사토장 미정 지장물 처리 문화재 보호 협력업체부도 공사용가도로 이주민원 폭우
토 공	토취장확보 불가 연약지반 처리	토취장 미정 연약지반처리	사면구배조정
교량공	상부공 재설계 인허가 지연 파일박기 소음, 진동	상부공 재설계 인허가 지연 파일박기 소음, 진동 MSS 기능공 미확보 WJE 안전진단	상부공재설계 인허가 지연 파일박기 소음진동 교각모형변경 상부공 가설재 유용 레미콘 파업
터널공	폐광발견으로 인한 노선변경 및 재설계	터널굴착지하수고갈 터널발파 소음, 진동, 가옥균열	터널굴착지하수고갈 터널발파 소음, 진동, 가옥균열, 막장붕락 터널연장조정 터널바닥높이 조정

2.3 참여 주체의 책임 소재별 지연인자 분석

고속철도 1단계 노반공사는 설계시공 분리입찰방식으로 계약되어 시공자는 계약서와 도면, 시방서, 현장설명서 및 관련법규에 따라 공사토록 되어 있으므로 공사시행에 있어서의 자율권은 턴키(Design-Build), 대안입찰에 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 공사지연에 따른 책임사항도 발주자에게 보다 큰 책임이 따른다.

본 논문은 고속철도 공기지연 요인들이 이러한 발주방식 및 계약조항 그리고 관련 시방서에 규정에 의한 인과 관계가 성립된다고 판단되므로 공사계약조항 및 관련시방기준의 정립을 통해 공사지연에 책임소재에 대한 분석기준과 방법을 제시하였다. 이에 따라 각 공구별 공기지연인자들에 책임 주체간의 공기지연인자와 책임소재를 분석하면 표 8과 같다.

3. 공기지연인자 영향정도 분석

3.1 설문조사를 통한 공기지연인자의 영향정도 측정

1) 공기지연인자의 영향정도 측정을 위한 설문구성

설문의 구성은 각 구간의 공기지연이 각각 독립적으로 이루어졌음을 감안하여 독립적인 설문문항을 구성하였다. 독립된 설문문항에는 '거시-미시적 공기지연분석방법'을 통해 도출된 공기지연인자들을 분야별로 범주화시켜 설계변경, 용지미매수, 지장물처리, 인허가 문제, 환경문제, 시공자 문제, 민원발생의 7개의 공기지연유형에 대해 구간마다 다른 세부 공기지연요소를 도출하여 세 구간에 각각의 독립

표 8 각 공구별 책임사항에 따른 지연인자 분류

구분			1-1	1-2	2-1	2-2	3	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2	5-3	6-1	6-5	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	9-1	9-2	9-3	공기연장
발주자	설계	교량동적거동																						
		교량설계검증																						
		사토장·토취장																						
		지질조사																						
		종단변경																						
		공사용 가도																						
		설계도 보완																						
		개착박스 사용성 검토																						
		교각모형변경																						
		방음벽 위치결정																						
		도로교차구간 설계변경																						
		터널 위치 변경																						
		도시계획미결정																						
		정차장설계																						
	용지매수	증용지																						수용가능
		본 선																						
	지장물	지중매설물																						
		지장전주·철탑																						
		분묘이장																						
		문화재보호																						
		지장가옥, 수목 등																						
	인허가	도로점용																						
		하천점용																						
		철도통과																						
		산림훼손																						
		농지점용																						
		가설물축조																						
발주자 시공자		소음·진동·분진																						수용가능
		지하수고갈																						수용가능
		공단지급자재(MSS)																						
시공자		업체 부도																						수용가능
		지분경쟁으로 공사중지																						
		시공 물량																						수용불가
		구조물안전진단																						
		MSS 기능공 확보																						
민 원		시공자 사유																						수용불가
		발주자 사유																						수용가능

적인 설문을 구성하였다. 설문은 해당 공기지연인자의 영향정도를 측정하기 위하여 '아주적다', '적다', '보통이다', '크다', '아주 크다'의 5점 척도를 이용하여 설문하였다. 설문배포 및 회수결과는 표 9와 같다.

표 9 설문배포 및 회수결과

구 분	내 용
설문배포 및 회수기간	2004년 6월 1일 ~ 2004년 6월 15일 (총 15일간)
설문 배포 방법	현장방문, 전자메일발송
설문 배포 부수	100부
설문 회수 부수	60부
설문회수율	60%

2) 공기지연인자의 영향정도 분석

설문조사를 통해 각 구간의 공기지연인자의 영향정도 5점 척도로 측정하여 이를 분석하였다. 서울 ~ 천안 구간의 공기지연인자에 대한 전체 영향정도를 평가하면 그림 4-36과 같다. 공기지연인자는 설계변경, 용지미매수, 지장물 처리, 인허가 문제, 환경문제, 시공자 문제, 민원발생의 7개의 공기지연유형에 대하여 세부 공기지연요소로 교량 동적거동, 교량설계검증 등 37개의 공기지연요소에 대해 영향정도를 평가하였다. 각각의 영향정도는 평균과 표준편차를 고려한 가중평균으로 산정하였다. 표준편차의 값이 작으면 그만큼 평균값에 대해 응답분포가 집중되어 있다는 것이기 때문에 평균이 높지만 표준편차가 큰 경우보다 공기지연영향이 클 수 있기 때문이다. 이로써 측정된 영향정도의 평균의 크기뿐만 아니라 전체 응답자 평가의 분포를 반영하여 상대적인 비교를 할 수 있다. 설계변경의 교량동적거동의 경우 평균은 3.143이지만 표준편차는 1.195로 평균을 표준편차로 나눈 가중평균값을 구하면 2.630이 산정된다. 이에 반해 용지미매수의 증용지의 경우 평균값은 3.000으로 교량동적거동보다는 낮지만 표준편차가 0.775로 가중평균을 구해보면 3.873으로 교량동적거동보다 상대적으로 커서 상위 공지지연요소로 파악되었다. 이러한 기준을 통하여 분석된 공기지연인자를 각 구간별로 상위 5순위 내에 드는 인자들과 각 구간의 공기지연인자들의 영향정도를 분석하면 표 10과 그림 3과 같다.

4. 결론

본 연구에서는 고속철도 건설사업의 공기지연인자를 규명하고, 공기지연을 예방하기 위해서는 제도적인 측면에서 공정관련 시방서 도입, 턴키 및 대안설계 활성화, 문화재 및 용지매수 시기조정, 인허가 업무의 투명성, 소음·진동에 대한 예방기법 도입, 사업관리 활성화, 설계비 현실화 및 설계능력 향상이 필요함을 도출할 수 있었다.

위 와 같이 본 연구는 기존의 건축이나 단순, 국부적인 공정에서의 공기지연에 대한 분석기법에 대한 연구와는 달리 고속철도와 같은 대형국책사업에서의 공기지연 요인에 대해 S-Curve분석, As-Plan, As-built, Time Impact analysis, 구조물별 분석, 책임소재별 분석을 수행함으로써 다양한 관점과 기법으로 공기지연에 대한 분석을 수행하였다. 또한 고속철도와 같은 대형국책사업의 공기지연 원인이 무엇인지를 공정분석, 자료 조사, 설문을 통해 도출하였고 공기지연에 대한 해결방안을 제시함으로써 향후 대형국책사업을 추진 시 사전 준비해야 할 사항들을 도출할 수 있

었다.

표 10 경부고속철도 1단계구간 공기지연인자 영향정도 비교 (상위 5개인자)

순위	서울 ~ 천안 구간			천안 ~ 대전 구간			대전 ~ 대구 구간		
	지연유형	공기지연요소	평균/표준편차	지연유형	공기지연요소	평균/표준편차	지연유형	공기지연요소	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	종단변경	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

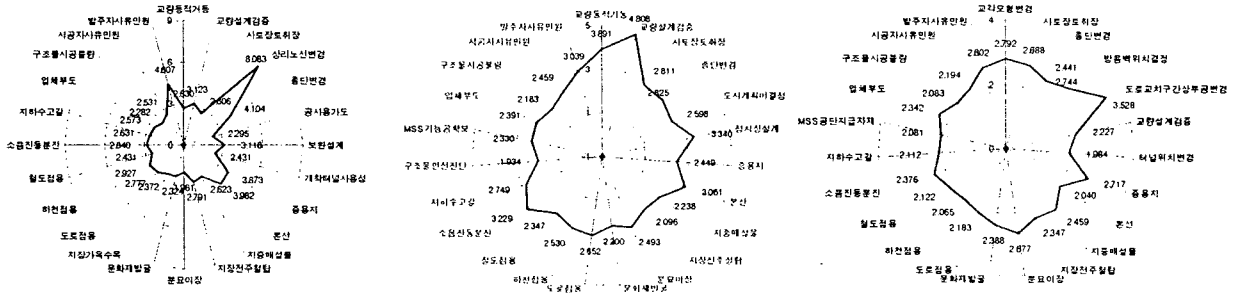

그림 3 각 구간 별 공기지연인자 영향정도

참고문헌

1. 이재섭, 건설공사의 공기연장분석기준 - CPM 공정표에 의한 공기지연 분석을 중심으로-, 한국건설산업연구원, 1999

2. Bubshait, A.A., Cunningham, M.J. "Comparison of delay analysis Methodologies",Journal of construction engineering and management., Vol. 124 No. 4, 1998

3. Chan, D.W.M., Kumaraswamy, M.M., "A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects", International journal of project management Vol. 15, No. 1, 1997

4. Elinwa, A.U, Joshua, M., "Time-overrun factors in Nigerian construction industry", Journal of construction engineering and management.,Vol. 127 No. 5, 2001

5. Majid, M.Z., McCaffer, R., "Factors of non-excusable dealys that influence contractors' performance", Journal of management in engineering, Vol. 14 No. 3, 1998

6. Shi, J.J., Cheung, S.O., Arditi, D., "Construction delay computation method", Journal of construction engineering and management., Vol. 127 No. 1, 2001

7. Williams, T., "Assessing extension of time delay on major projects", International journal of project management Vol. 21, 2003

Abstract

To analyze delay, Seoul - Daegu line of Korea High Speed Railway was divided into three sections and analyzed independently by the business characteristics. The analysis on the project delay reasons was performed on macro and micro scales. This analytic method was named as 'Macro-Micro Delay Analysis Method (MMDAM)'. The macro scale analysis has three approaches, which are (1) scheduling, (3) structural characteristic, (3) and responsibility of project administrative works. Micro analysis also has three, methodologies which are (1) As Planned Method, (2) As Built method, (3) Modified Time Impact Analysis for analyzing the most influential section which the largest delay occurred. Using elicited project delay reasons from above analysis, the questionnaire was carried out for analyzing the influence of project delay reason. The reasons of the delay were driven from two different aspects (1) structural characteristic and (2) responsibility of the people involved in the project. The reasons that were identified from aforementioned three sections are the factors of the delay of the large-scale government driven projects. Finally, the author suggested the methodology of identifying the project delaying factors. The author also analyzed delay reasons in both the overseas and domestic cases of high rapid railway construction and has elicited some benchmarks for the future projects.

Keywords : Delay Analysis, Delay Factor, As-Planned Method, As-Built Method, Time Impact Analysis