

원가지수를 이용한 고속철도 설비의 개략적 투자비 추정기법

A Conceptual Investment Cost Estimation Using by Cost Indices for the Train Control Facility of High-speed Rail Project

이영주[†] · 이용억¹ · 장성용²

Young-Joo Lee · Yong-Eok Lee · Seong-Yong Jang

Abstract Most of Orders of Magnitude estimate are based on historical data. This data is converted to the current price using by the cost index method mainly. This method, however, is rarely utilized or only for one-time use due to the lack of data and the complex escalation calculation method. This paper present a typical process on the conceptual investment cost estimation using by Cost Indexes based on the actual case for the Train Control facility of High-speed rail project. The result is expected to serve as both an easy way for Order of Magnitude estimate and a standard guideline for computerized modeling.

Keywords : Conceptual estimate, Cost index method, Actual cost, Feasibility study

초 록 사업의 상세설계 정보 획득이 어려워 개략적으로 투자비산정 시에 적용하는 개략산정 기법은 주로 과거의 경험자료를 활용하며, 이 과거 자료를 현재가격으로 전환시킬 때 원가지수법을 적용한다. 그러나 현실적으로 데이터 부족, 복잡한 물가조정방법 등으로 1회성으로 활용하거나 거의 적용하지 않는다. 본 논문에서는 물가조정을 복잡하게 계산하고 있는 고속철도 열차제어설비를 적정 물가지수를 활용하여 단순화된 원가지수로 개략적인 투자비를 산정할 수 있는 표준적 과정을 제시한다. 또한 그 결과물은 향후 해당설비의 개략산정에 쉽게 활용할 수 있으며, 유사 설비의 실적자료 DB구축 및 전산모델화 하기 위한 기본적인 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 개략산정, 원가지수법, 실적공사비, 타당성 분석

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

사업의 투자비 규모 결정은 대규모 국가 기반시설의 타당성에 결정적 요소가 되며, 프로젝트에서도 기본계획수립, 입찰 예비견적, 예산편성 등에 중추적 역할을 한다. 그러나 타당성 단계부터 사업 착수 시점 전까지는 상세설계에 대한 정보가 부족하므로 과거자료를 기초로 개략적으로 투자비를 산정하게 된다.

투자비의 개략산정에서는 산정결과에 대한 정확도 또는 허용오차 등의 문제가 제기되는데 이러한 문제를 해결하기 위하여 대부분 조직에서는 해당 사업과 가장 유사한 사업에서 집행한 경험자료를 기준자료로 활용하게 된다. 이 과정에서 현실적으로 부딪치는 문제는 과거자료인 경험자료를 산정시점의 현재가격으로 전환시켜야 하는 점이다.

설비의 개략산정에 쉽게 활용할 수 있으며, 또한 유사 설비의 실적자료 DB구축 및 전산모델화 하기 위한 기본적인

기준을 제공하고자 한다. 여기서 가장 정확도를 높이는 방법은 모든 품목에 대하여 시장가격을 적용시키는 것이나 전문기관에 의한 외부용역 등이 필요하게 되어 많은 예산과 기간이 소요되므로 특수한 경우를 제외하고는 거의 채택을 하고 있지 않다. 다른 대안으로 해당설비의 원가항목에 가장 적합한 원가지수를 적용하여 개략적으로 원가를 산출하는 방법을 활용하고 있다.

국내의 경우는 원가지수를 일부 혼용하는 물가변동조정방법을 적용하고 있으나 그 방법이 원가계산과정을 통하여 물가상승비를 산정할 수밖에 없어 이 역시 전문가 혹은 외부기관의 도움에 의존하고 있는 실정이다. 결과적으로 경험자료를 현재가격화 하는데 많은 시간과 예산이 필요하므로 투자타당성 혹은 기본계획 수립 시 활용이 잘 되지 않고 있다.

본 연구의 사례 대상인 고속철도 열차제어설비(이하 “열차제어설비”)는 설계, 제작, 설치, 시운전 등 턴키베이스 형태로 수행되며, 원가 요소도 재료비, 노무비, 경비 등 결합원가 형태를 갖고 있는 복합공정으로 구성된 전형적인 플랜트 설비이다.

이에 본 연구에서는 복잡한 물가조정방법을 사용하는 열차제어설비를 적정 물가지수를 활용하여 단순화된 원가지수로 개략적인 투자비를 산정할 수 있는 표준적 과정을 제시하여 향후 해당 설비의 개략산정에 쉽게 활용할 수 있으며,

[†]교신저자 : 한국철도시설공단
E-mail : ktx21c@hanmail.net

¹한국전력기술(주)

²서울과학기술대학 산업정보시스템공학과

또한 유사 설비의 실적자료 DB구축 및 전산모델화 하기 위한 기본적인 기준을 제공하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 열차제어설비의 실제 경험자료를 원가지수법을 활용하여 현재가격으로 개략적인 설비 투자비를 추정할 수 있는 표준적 과정을 제시하는 것으로 다음과 같이 연구를 수행 하였다.

- (1) 문헌조사를 통하여 원가지수법 관련 선행연구를 분석하여 이론적 내용을 고찰한다.
- (2) 열차제어설비의 실제 데이터를 획득 및 분석하고, 원가지수법을 활용하여 개략적으로 산정하는 표준적 과정과 그 결과를 제시한다.
- (3) 열차제어설비의 실제 집행내역과 본 연구에서 제시된 표준적 과정을 활용한 산정결과를 비교하여 그 유효성을 검증한다.

2. 예비적 고찰

2.1 원가지수법의 정의

기존 문헌에 따르면 원가지수법은 개략산정기법의 하나로써 목적물의 원가항목별 원가형태를 가장 잘 표현할 수 있는 원가지수를 선정하고, 지수에 대한 원가발생시점 혹은 수행 장소 등에 대한 변동 폭을 이용하여 목적물의 원가를 추정하는 기법으로 정의할 수 있다[1,2].

윤기중(1982)은 지수란 화폐의 구매력은 직접 관찰할 수 는 없지만 전 상품가격의 변동을 직접 관찰할 수 있는 간접적 수량변동으로 그의 변화를 측정하고자 할 때 적용되는 척도라고 정의하고 있다[3].

즉 해당설비의 원가항목에 가장 적합한 원가지수를 선택할 수만 있으면 단위원가의 조사, 분석, 검증 및 결정 등 복잡한 원가계산 과정을 거치지 않아도 목적물의 원가를 허용 신뢰수준에서 추정할 수 있다.

Kenneth K. Humphreys(1993)는 원가지수는 크게 시간적 지수(Time indices)와 지역지수(Location indices)로 구분하여 적용하며, 지역지수는 지역 차이를 보정하기 위한 지수로서 해당국가의 사회제도, 재무적 상황, 인프라, 지역요건, 법률, 산업수준, 노동생산성 등 복합적인 요소를 고려해야 한다고 정의하고 있다. 또한 시간적 지수는 목적물의 원가는 완전 경쟁 하에서 인플레이션 혹은 디플레이션에 의하여 변동이 되므로 목적물 원가를 품목별 가격 혹은 물가지수의 변동 폭을 이용하여 특정 시점의 원가로 변환시킬 수 있다고 정의하고 있으며 대표적으로 정부에서 발표하는 국내총생산 디플레이터(Gross Domestic Product: GDP Deflator)나 상품거래의 단계에 따라 작성되는 물가지수 - 도매물가지수, 소매물가지수, 수입물가지수 등 - 을 적용한다고 정의하였다[4].

시간적 지수는 결과적으로 물가상승률을 산정하는 것이 되므로 I_t 를 t 년도의 물가지수로, I_{t+1} 를 $t+1$ 년도의 물가지수로 하면, t 년도의 물가상승률은 J_t 가 되며, $t+1$ 년도의 물가

상승률(%) J_{t+1} 은 식(1)과 같이 산정된다.

$$J_{t+1} = \frac{I_{t+1} - I_t}{I_t} \times (100\%) \quad (1)$$

원가지수법은 대표적 물가지수를 적용하므로 쉽게 적용이 될 수 있으나, 시장가격으로 산정하는 방법보다 정확도가 떨어지므로 다음과 같은 한계를 갖는다[4].

- (1) 원가지수는 정확도에 한계를 갖는다.
- (2) 원가지수는 평균값을 의미하므로 실제에서는 평균치와 많은 괴리가 있을 수 있다.
- (3) 지수는 보통 4-5년 범위를 벗어나면 정확도에 많은 한계를 갖는다.

결과적으로 원가지수법은 목적물의 원가를 단순지수변동 등 시간적으로 갱신하는 경우에만 적용해야 하며, 노동생산성, 효율성, 시장의 경쟁상황, 생산기술의 진보, 사업범위의 변경 등의 근본적 차이에 대한 사항은 별도 보정을 해주어야 한다.

2.2 정부의 국가계약제도

정부는 회계예규에서 물가 변동으로 인한 계약금액 조정 제도를 채택하고 있으며, 품목조정률(제67조) 혹은 지수조정률(제68조)를 적용하도록 규정하고 있다[5]. 또한 실적공사비가 적용된 공종의 경우에는 입찰 당시 (또는 직전조정기준일 당시)의 실적공사비 단가와 물가변동 당시의 실적공사비 단가를 비교하여 등락률을 산출하도록 하고 있다. 열차제어설비의 국내조달장비는 회계예규를 적용하고 있다. 지수조정률 K 는 식(2)와 같이 산출한다.

$$K = \left(a \frac{A_1}{A_0} + b \frac{B_1}{B_0} + c \frac{C_1}{C_0} + d \frac{D_1}{D_0} + e \frac{E_1}{E_0} + f \frac{F_1}{F_0} + g \frac{G_1}{G_0} + h \frac{H_1}{H_0} + \dots + z \frac{Z_1}{Z_0} \right) - 1 \quad (2)$$

여기서,

$$z = 1 - (a + b + c + d + e + f + g + h + \dots)$$

$A, B, C, D, E, F, G, H, \dots, Z$:

각 비목군의 지수 (노임 또는 생산자물가 기본분류지수 [한국은행] 및 수입물지수) $a, b, c, d, e, f, g, h, \dots, z$: $A, B, C, D, E, F, G, H, \dots, Z$ 의 각 비목군이 차지하는 비율(가중치)

A_0, B_0, \dots, Z_0 : 가격기준일의 지수값

A_1, B_1, \dots, Z_1 는 산정(참조) 기준일의 지수값

2.3 해외 조달품목의 물가조정 계약조건

플랜트 및 해외 조달설비는 일반적으로 원가지수법을 적용하고 있으며, 열차제어설비의 해외조달 장비에 대한 물가조정률 $K_{(b)}$ 는 식(3)과 같다[6].

$$K_{(b)} = a + b \frac{S}{S_0} + c \frac{FSD2}{FSD2_0} + d \frac{Mct}{Mct_0} + e \frac{TTM2}{TTM2_0} + f \frac{cf2}{cf2_0} \quad (3)$$

여기서,

$K_{(b)}$ = 장비금액변동지수

S: 기계적, 전기적 노임지수(프랑 USINE NOUVELLEA3 300)
 FSD2: Diverse products and services, Ref USINE NOUVELLE C0601)

Met: 전환스위치장치지수(프랑스 USINE NOUVELLE 001)
 TTM2: Cildynam 0 sheet fev 600-HA, Ref INSEE : 0859 86456

cf2: Clean Copper wire (3mm diameter), Ref INSEE: 085 459020

계예규의 지수조정률을 적용하고 있으며, 비목별 물가조정 방법[7]은 Table 1과 같다.

열차제어설비 사례에서 물가조정은 다음과 같이 물가상승비를 일시에 지급하지 않고 물가조정 이후 발생하는 기성금액에 따라 배분 및 집행되는 등 일반적인 형태와 다르게 집행되었다. 따라서 Table 1과 같이 지수조정 등을 이용하여 현재가격화를 하기 위해서는 매회 자료를 조사하여 아래와 같은 과정을 거쳐 계산을 해야 한다.

- (1) 1회차 물가조정(2007년 4월, 기준지수=2006년5월)
 - 물가변동 적용대가(BASE1) = 당초계약금액·물가조정대상제외금액
 - 물가변동 조정 적용금액(ESC1)= BASE1 × 지수조정률 K(3.52%)

3. 고속철도 설비의 원가지수 기반 개략산정

3.1 열차제어설비의 경험자료 분석

열차제어설비 계약서의 국내 조달에 대한 물가조정은 회

Table 1. Escalation method for local portion of High-Speed Rail facility

비목		대상금액	가중치1	계약 내용
노무비	직접노무비[ENG 직종]	A_1	s_1	엔지니어링기술자노임(한국엔지니어링진흥협회)
	직접노무비[감리 직종]	A_2	s_2	감리 기술자노임(한국건설관리협회)
	직접노무비[제조 직종]	A_3	s_3	제조부문 기술자노임(중소기업중앙회)
	간접노무비	A_4	s_4	엔지니어링기술자노임(한국엔지니어링진흥협회)
	소계	A	s_0	
경비	국산기계경비	B_1	t_1	품셈의 건설장비가격의 산술평균(대한건설협회)
	외산기계경비	B_2	t_2	품셈의 외산장비 평균가격(대미환율 적용)
	기타비목군	B_3	t_3	각 비목군의 가중평균
	소계	B	t_0	
재료비	광산품	C_1	x_1	생산자물가지수/광산품 지수(한국은행)
	공산품	C_2	x_2	생산자물가지수/공산품 지수(한국은행)
	전력, 수도 및 가스	C_3	x_3	생산자물가지수/전력, 수도, 도시가스 지수(한국은행)
	농림수산물	C_4	x_4	생산자물가지수/농림수산물 지수(한국은행)
	소계	C	x_0	
실적공사비	토목 실적공사비	D_1	y_1	공정별 실적공사비 단가 평균(중앙관서 발표)
	건축 실적공사비	D_2	y_2	공정별 실적공사비 단가 평균(중앙관서 발표)
	기계설비 실적공사비	D_3	y_3	공정별 실적공사비 단가 평균(중앙관서 발표)
	소계	D	y_0	
제경비	산재보험료	E_1	z_1	노무비 X 노동부장관 고시 산재보험료율
	산업안전보건관리비	E_2	z_2	(직접노무비+재료비+실적공사비)X산업안전보건비율
	고용보험료	E_3	z_3	(직접노무비+간접노무비) X고용보험료율
	퇴직공제부금비	E_4	z_4	직접노무비 X 퇴직공제부금비율
	건강보험료	E_5	z_5	직접노무비 X 건강보험료율
	연금보험료	E_6	z_6	직접노무비 X 연금보험료율
	기타경비	E_7	z_7	각 비목군 지수별 해당 가중치 기준
	소계	E	z_0	
순공사원가		FF	f_0	$A+B+C+D+E$
일반관리비		Q	q_0	순공사원가(TT) X q
이윤		R	r_0	순공사원가(TT) X r
공급가액		GG	$f_0+q_0+r_0$	$TT+F+G$

※주1) 가중치 = 대상금액/순공사원가 대상금액 및 가중치의 기호는 모델화 위하여 임의로 부여

- ESC1은 2007년 4월에 지급하지 않으며, 2007년 5월 이후 기성금액에 따라 배분
- (2) 2회차 물가조정(2007년 12월, 기준지수=2007년4월)
 - 물가변동 적용대가(BASE2)= (BASE1+ESC1)-('07년 4월 까지 기성금액(물가포함))
 - 물가변동 물가변동 적용대가의 비목별 가중치는 기성금액을 고려하여 재조정
 - 물가변동 조정 적용금액(ESC2)= BASE2 × 지수조정률 K(3.52%)
- ESC2는 '07년 12월에 지급하지 않으며, '07년 12월 이후 기성금액에 따라 배분
- (3) 3회차 물가조정 지수조정률(2008년 6월, 기준지수=2007년12월)
 - 2회차 물가조정방식과 동일하며 적용금액은 아래와 같음
 - 물가변동 조정 적용금액(ESC3)= BASE3 × 지수조정률 K(11.78%)
- (4) 4회차 물가조정 지수조정률(2008년 12월, 기준지수=2008년6월)
 - 2회차 물가조정방식과 동일하며 적용금액은 아래와 같음
 - 물가변동 조정 적용금액(ESC4)= BASE4 × 지수조정률 K(-4.07%)
- (5) 5회차 물가조정 지수조정률(2009년 9월, 기준지수=2008년12월)
 - 2회차 물가조정방식과 동일하며 적용금액은 아래와 같음
 - 물가변동 조정 적용금액(ESC5)= BASE5 × 지수조정률 K(3.17%)

Table 1에 제시된 열차제어설비의 내역에 대하여 물가조정방식을 이용할 경우 3.1항의 사례분석과 같이 수 차례에 걸친 자료조사와 원가계산 과정을 수행해야 하므로 경험자료를 특정 사업비산정시점(예: 2010년 12월)으로 가격전환시에는 다음과 같은 어려움이 발생하게 된다.

- (1) 기계경비는 품셈의 건설장비가격을 매회 조사하여 산술평균을 추출하는 작업이 항상 수반되어야 한다
- (2) 실적공사비(토목, 건축 등)는 결합원가(재료비, 노무비, 경비)이고, 여러 공사의 평균값으로서 해당 설비의 대표공정으로 보기에는 기술적(예 터널공사도 포함)으로 어렵다.
- (3) 산재보험료, 산업안전보건관리비, 기타경비 등은 재료비, 노무비 등 기준금액에 해당 요율(%)을 곱하여 계산되는 원가계산 방식을 취하고 있어서 별도의 원가계산 과정이 있어야만 한다. 즉 수작업에 기대할 수밖에 없다.
- (4) 물가변동조정 금액이 확정되어도 그 금액을 일시에 지불하는 것이 아니라 공정률에 따라 배부하므로 물가상승비금액을 정확히 알 수가 없다. 더구나 물가변동대가가 해당 시점 이전 지급액을 공제하고 남은 물가상승 잔액과 신규 물가조정금액을 고려하여 산정되므로 Table 1에 표기된 21개 해당비목의 가중치가 매회 변경되어 표준적 비목별 가중치를 계산할 수 가 없다.

따라서 Table 1과 같은 기존 방식의 물가조정작업은 자료수집 및 분석을 위한 시간과 비용이 많이 소요되며, 해당 전문가 혹은 별도의 용역[7]을 통하여만 객관성을 확보할 수 있는 상황으로서 특정시점의 가격으로 전환시키는 방법으로는 적절하지 않다.

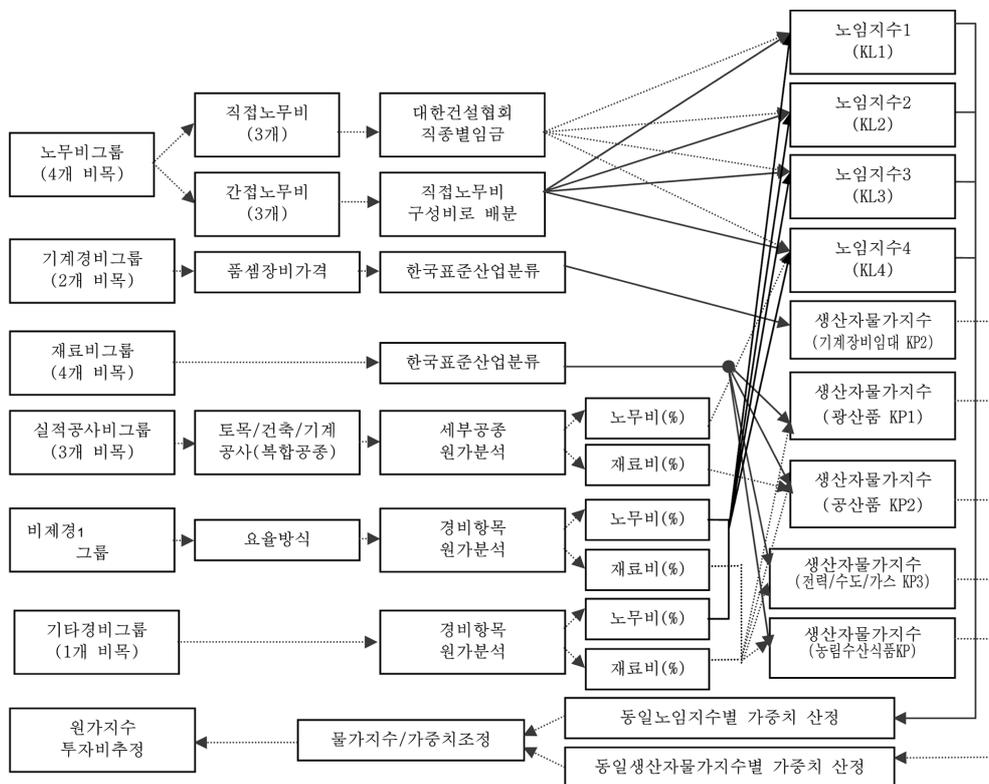


Fig. 1 Work flow for conceptual investment cost estimation

3.2 원가지수 기반 개략산정 표준과정 개발

본 논문에서는 열차제어설비의 경험자료를 기초로 원가지수만을 이용하는 개략 투자비산정의 표준적 과정을 제시하고자 한다. 원가요소는 원가지수법에서 지향하는 재료비 그룹과 노무비 그룹 등 2개 그룹으로 재 구성한 후 각 비목별로 적정한 원가지수를 선택하는 방식으로 개발하며, 개발 흐름은 Fig. 1과 같다.

3.2.1 기존 물가조정방법의 원가지수화

열차제어설비의 Table 1을 표준형 원가지수 기법을 적용하여 재료비, 노무비 그룹으로 Table 2와 같이 재조정하였으며 그 기준은 다음과 같다.

(1) 정부 혹은 관련기관에서 발표하는 노임지수 및 생산

자물가지수[8-10]를 적용한 비목은 가능한 계약적으로 선택한 지수를 선택한 것으로 한다.

(2) 재료비 항목은 생산단위가 주로 수행하는 산업활동을 그 유사성에 따라 체계적으로 유형화 한국표준산업분류[11]를 기준으로 적정한 생산자물가지수를 선택한다.

(3) 실적공사비 등 결합원가로 구성되어 있거나, 산재보험료 등 비율 방식으로 산정되는 비목은 다음과 같은 기준으로 상세분석을 통하여 재료비 및 노무비로 재구성하고, 적정한 해당 물가지수를 선택한다.

원가지수기법의 표준형은 (지수별 가중치) × (해당 지수)이므로 Table 2에 의한 결과를 다시 재료비 및 노무비로 구성하고 향후 표준화 하기 위하여 Table 3과 같이 모든 지수를 코드화 하였다.

Table 2. Re-arrangement of escalation formula for train control facility

비목		계약 내용	물가지수 형태로 재 구성 (도매물가지수 및 노임지수)
노무비	직접노무비[ENG]	엔지니어링 기술자노임	계약서기준
	직접노무비[감리]	감리 기술자노임	계약서기준
	직접노무비[제조]	제조부문 기술자노임	계약서기준
	간접노무비	엔지니어링 기술자노임	직접노무비의 비율이므로 직접노무비별 가중치로 재 배분
경비	국산기계경비	품셈 장비가격의 산술평균	생산자물가지수/기계, 장비임대 지수(한국은행)로 대체
	외산기계경비	품셈 외산장비 평균가격	상 동
	기타비목군	품셈 장비가격의 산술평균	상 동
재료비	광산품	생산자물가지수/광산품 지수	계약서기준
	공산품	생산자물가지수/공산품 지수	계약서기준
	전력/수도/가스	생산자물가지수/전력, 수도 지수	계약서기준
	농림수산물	생산자물가지수/농림수산물 지수	계약서기준
실적공사비	토목 실적공사비	공정별 실적공사비 단가 평균	재료비, 노무비, 경비 등으로 구성되어 있는 종합원가이므로 재료비 및 노무비 2개의 비목 군으로 재 분류함. 세부공종 232개를 분석하여 토목공사의 60%를 노무비로, 40%를 재료비로 가정함. 노무비= 공사노임단가평균(대한건설협회) 재료비= 생산자물가지수/공산품 지수
	건축 실적공사비	공정별 실적공사비 단가 평균	세부공종 129개 분석: 노무비율=67%, 재료비 비율=33% 적용
	기계 실적공사비	공정별 실적공사비 단가 평균	세부공종 174개 분석: 노무비율= 40%, 재료비 비율=60% 적용
경비	산재보험료	노무비 × 산재보험료율	직접노무비 구성에 따라 각각에 배분
	산업안전 보건관리비	(직접노무비+재료비+실적공사비) × 산업안전보건비율	직접노무비: 직접노무비 구성에 따라 각각에 배분 재료비: 재료비 구성에 따라 각각에 배분 실적공사비: 재료비, 노무비 각각에 배분
	고용보험료	(직접노무비+간접노무비) × 고용보험료율	직접노무비 구성에 따라 각각에 배분
	퇴직공제부금비	직접노무비 × 퇴직공제부금비율	직접노무비 구성에 따라 각각에 배분
	건강보험료	직접노무비 × 건강보험료율	직접노무비 구성에 따라 각각에 배분
	연금보험료	직접노무비 × 연금보험료율	직접노무비 구성에 따라 각각에 배분
	기타경비	각 비목군 지수별 해당 가중치기준	각 비목별 노무비 가중치 기준 배분 각 비목별 재료비 가중치 기준 배분

3.2.2 사례설비의 원가지수 기반 개략산정 과정개발

Table 3에서 동일 지수별로 정리한 후 해당 지수별 가중치를 합산하면 원가지수를 기반으로 하여 공사비를 산정할 수 있는 모델(이하 “원가지수 모델”)을 구성할 수 있다. 예를 들어 KLI(직접노무비[ENG])의 비중을 수식화하는 과정은 다음과 같다.

(1) 순공사원가 중 직접노무비[ENG]이 차지하는 비율 s_1 은 $\frac{A_1(=직접노무비, ENG \text{ 직종})}{FF(=순공사비)}$ 이다.

(2) 간접노무비는 직접노무비에 비율을 곱하여 산정하므로, 간접노무비 중 KLI에 차지하는 비율은

$$\frac{\text{간접노무비}}{\text{순공사원가}} \times \frac{\text{직접노무비[ENG]}}{\text{직접노무비합계}} = s_4 \times \frac{s_1}{s_0} \text{이다}$$

(3) 제경비 중 산재보험료는 Table 1에서 보는 바와 같이 노무비에 노동부장관 고시 산재보험료율을 곱하여 산정하므로 산재보험료 중 KLI에 차지하는 비율은

$$\frac{\text{산재보험료}}{\text{순공사원가}} \times \frac{\text{직접노무 [ENG]}}{\text{직접노무비합계}} = z_1 \times \frac{s_1}{s_0} \text{이다.}$$

(4) 고용보험료, 퇴직공제부금비, 건강보험료, 연금보험료의 비율은 각각

$$z_3 \times \frac{s_1}{s_0}, z_4 \times \frac{s_1}{s_0}, z_5 \times \frac{s_1}{s_0}, z_6 \times \frac{s_1}{s_0} \text{이다.}$$

(5) 제경비 중 산업안전보건관리비는 Table 1에서 보는 바와 같이 직접노무비, 재료비, 실적공사비의 합계에 산업안전보건비율을 곱하여 산정하므로 산재보험료 중 KLI에 차지하는 비율은

$$\frac{\text{산업안전보건관리비}}{\text{순공사원가}} \times \frac{\text{직접노무비합계}}{\text{직접노무비합계+재료비합계+실적공사비합계}} \times \text{직접노무비 [ENG]} = z_2 \times \frac{s_0}{s_0+x_0+y_0} \times \frac{s_1}{s_0} \text{이다.}$$

(6) 기타경비의 비율은

$$z_7 \times \frac{s_0}{s_0+x_0+y_0} \times \frac{s_1}{s_0} \text{이다.}$$

(7) KLI의 순공사원가 중 차지하는 비중은

$$s_1 + \frac{s_1}{s_0} \times \left\{ s_4 + z_1 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + (z_2 + z_7) \times \left(\frac{s_0}{s_0+x_0+y_0} \right) \right\}$$

모든 비목을 상기와 같은 단계로 지수 및 가중치를 조정하고, 물가상승률을 K 로 가정하면 열차제어설비의 원가지수 모델은 식(4)와 같이 정의된다.

Table 3. Coding for cost indexes model

구분	가중치 ¹⁾	관련지수의 코드화	
		코드	지수명
노무비 그룹	직접노무비[ENG]	s_1	KL1 엔지니어링기술자노임(한국엔지니어링협회)
	직접노무비[감리]	s_2	KL2 감리 기술자노임(한국건설관리협회)
	직접노무비[제조]	s_3	KL3 제조부문 기술자노임(중소기업중앙회)
	간접노무비	s_4	KL1,2,3 직접노무비 비목별 가중치별로 배분
	토목실적 (노무비)	$0.60y_1$	KL4 공사노임단가평균(대한건설협회) 노무비율(0.6)
	건축실적 (노무비)	$0.67y_2$	KL4 공사노임단가평균(대한건설협회) 노무비율(0.67)
	기계실적 (노무비)	$0.40y_3$	KL4 공사노임단가평균(대한건설협회) 노무비율(0.4)
	제경비(노무비)	$LC/z_0^{2)}$	KL1,2,3 각 비목별 노무비 가중치 기준 배분
재료비 그룹	광산품	x_1	KP1 생산자물가지수/광산품 지수(한국은행)
	공산품	x_2	KP2 생산자물가지수/공산품 지수(한국은행)
	전력, 수도 및 가스	x_3	KP3 생산자물가지수/전력,수도,가스지수(한국은행)
	농림수산물	x_4	KP4 생산자물가지수/농림수산물 지수(한국은행)
	토목실적 (재료비)	$0.40y_1$	KL4 생산자물가지수/공산품 지수(한국은행) 재료비율(0.4)
	기계실적 (재료비)	$0.33y_2$	KL4 생산자물가지수/공산품 지수(한국은행) 재료비율(0.33)
	기계설비 (재료비)	$0.60y_3$	KL4 생산자물가지수/공산품 지수(한국은행) 재료비율(0.6)
	제경비 (재료비)	$MC/z_0^{3)}$	KP2 각 비목별 재료비 가중치 기준 배분
기계 경비	t_0	KE1 생산자물가지수/기계, 장비임대 지수(한국은행)	
일반관리비	q_0		순공사원가(TT) X q
이윤	r_0		순공사원가(TT) X r

주1) 가중치 = 비목별 최초 계약금액/최초 계약 순공사원가

주2) 제경비 중 노무비에 의해 산정된 금액

주3) 제경비 중 재료비에 의해 산정된 금액

$$\begin{aligned}
 K = & \left[s_1 + \frac{s_1}{s_0} \times \left\{ s_4 + z_1 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{s_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KL1_p}{KL1_b} \\
 & + \left[s_2 + \frac{s_2}{s_0} \times \left\{ s_4 + z_1 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{s_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KL2_p}{KL2_b} \\
 & + \left[s_3 + \frac{s_3}{s_0} \times \left\{ s_4 + z_1 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{s_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KL3_p}{KL3_b} \\
 & + \left[(0.60y_1 + 0.67y_2 + 0.40y_3) + \left\{ (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{y_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \times \left(\frac{0.60y_1 + 0.67y_2 + 0.40y_3}{y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KL4_p}{KL4_b} \\
 & + \left[x_1 + \frac{x_1}{x_0} \times \left\{ (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{x_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KP1_p}{KP1_b} \\
 & + \left[x_2 + \frac{x_2}{x_0} \times \left\{ (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{x_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KP2_p}{KP2_b} \\
 & + \left[x_3 + \frac{x_3}{x_0} \times \left\{ (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{x_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KP3_p}{KP3_b} \\
 & + \left[x_4 + \frac{x_4}{x_0} \times \left\{ (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{x_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KP4_p}{KP4_b} \\
 & + \left[(0.40y_1 + 0.33y_2 + 0.60y_3) + \left\{ (t_3 + z_2 + z_7) \times \left(\frac{y_0}{s_0 + x_0 + y_0} \right) \times \left(\frac{0.40y_1 + 0.33y_2 + 0.60y_3}{y_0} \right) \right\} \right] \times \frac{KP2_p}{KP2_b} \\
 & + (t_1 + t_2) \times \frac{KE1_p}{KE2_b}
 \end{aligned} \tag{4}$$

여기서,

$s_1, s_2, s_3, x_1, x_2, x_3, x_4, t_0$, 각 비목군의 가중치(Table 2참조)

KLx : 노임지수

KPx : 생산자물가지수 (한국은행)

따라서, 물가상승조정금액 P 는 식(5)와 같이 산정할 수 있다.

$$P = GG_b \times (K-1) \tag{5}$$

여기서,

P : 물가상승조정금액

GG_b : 최초계약공급가액

Table 1의 각 변수의 실제 값을 식(4)에 대입하면 특정기간(2006년05월~2009년9월) 동안의 원가지수 모델은 식(6)과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 K_{(s)} = & \left(0.1474 \frac{KL1}{KL1_0} + 0.0331 \frac{KL2}{KL2_0} + 0.0808 \frac{KL3}{KL3_0} \right. \\
 & \left. + 0.7338 \frac{KP2}{KP2_0} + 0.0050 \frac{KP3}{KP3_0} \right)
 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서,

$K_{(s)}$: S 설비의 변동지수

$KL1, KL2, KL3$: 노임지수 (Table 2 노임지수참조)

$KP2, KP3$: 자체지수 (Table 2 생산자 물가지수 참조)

지수별 가중치는 최초(1회) 기준으로 가정하여 산정

식(4)의 표준형에서는 물가지수가 9개($KL1 \sim KL4, KP1 \sim KP4, KE1$)를 적용하였으나 실 집행과정에서 $KL4, KP1, KE1$ 에 대한 가중치를 적용하지 않아 제외하였기 때문에 식(6)에서 물가지수가 5개로 축소되었다.

결과적으로 Table 1의 21개 비목 군이 Table 3과 같이 5개의 원가지수로 단순화 되었으며, 차수 별로 순차적으로 복잡하게 계산되던 기존방식은 한 개의 원가지수모델로 표현할 수 있게 되었다.

따라서 향후 열차제어설비의 실제 물가상승 보정이 2009년 09월 이후에도 5개 지수에 가중치만 적용하는 것으로 가정을 하면, 설정된 사업비산정기준일(예: 2010년 12월)의 열차제어설비에 대한 개략사업비는 5개 물가지수를 이용하여 쉽게 산정할 수 있다.

또한 외부기관 및 전문가의 지원 없이 자체적으로 쉽게 활용이 가능하므로 사업비산정비용 및 기간이 대폭 줄어들 수 있을 것이다.

3.2.3 원가지수 모델의 가격기준일의 선정

원가지수모델은 가격기준일의 가격을 물가지수의 변동폭을 이용하여 참조기준일의 가격으로 전환시키는 모델이므로 과거자료에 대한 가격기준일을 먼저 설정해야 한다.

특히 열차제어설비 경우와 같이 물가조정이 공정률에 따라 연속적으로 발생하고, 해당 회차 물가상승금액이 복합적인 단계를 거쳐 이루어지는 경우 특정 가격기준일을 정할 수 없다. 이러한 경우 Kenneth K. Humphreys(1993)가 제시하는 무게중심법을 적용하여 중심일을 찾아내고, 당초 가격기준일을 중심일로 변경한다[4].

이 방법은 기간별 집행형태를 정형화하여(예-전반부하, 후반부하 등) 집행 비중이 가장 큰 일자가 중심일이 되며, 집행형태를 정형화하기 쉽지 않은 경우에는 특정기간 동안 집행이 균등하게 일어나는 것으로 가정하여 물가조정기간의 중심일을 가격기준일로 설정하는 것이 일반적이다. 예를 들면 열차제어설비의 특정기간이 2006년 05월~2009년 9월의 경우 가격기준일은 2007년 12월이 된다.

3.3 원가지수 기반 개략산정 결과의 검증

3.3.1 유효성 검증방법

본 논문에서 개발된 원가지수 모델은 대상 품목의 기준가격을 특정기간 동안의 물가변동을 보정하는 것이므로 열차제어설비가 특정기간 동안에 실제 집행한 물가조정금액과 본 모델로 계산된 물가조정금액과의 차이 폭을 분석하면 모델의 유효성을 검증할 수 있다.

오차 = (열차제어설비의 물가상승실적) - (모델의 추정 물가상승비)

오차율(%) = (오차/열차제어설비의 물가상승실적) × 100

계산된 오차율의 검증은 미국 AACE의 4등급의 권고치인 -15%~+30% 범위[11]에 있으면 유효한 것으로 한다.

물가조정 대상기간은 물가지수 조정기간을 5년 이상으로 하는 것이 합리적이거나 본 연구에서는 객관성을 최대한 확보하기 위하여 최근 연구기관의 물가 조정보고서[7]에서 적용한 계약일로부터 2009년 9월까지로 한다.

3.3.2 유효성 검증

열차제어설비 원가지수 모델(식 6)에 입력할 물가집행기준일별 해당 물가지수는 Table 4와 같다.

차수별 물가상승 유효성 검증을 위해 열차제어설비의 원가지수 모델에 Table 4의 물가상승 차수 별 지수값을 입력하면 추정 물가상승비가 계산되며, 이 값과 열차제어설비의 물가상승 실제 집행금액과 비교하여 그 오차를 계산하면 Table 5와 같다. 오차율이 -0.3%~-2.2% 범위에 있으므로 본 모델은 현재가격으로 전환시키는 물가상승공식으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5와 같이 원가지수 모델과 실제 적용 물가상승률의 오차율은 크게 2가지 원인으로 분석할 수 있다.

첫째, 실제 물가상승률(a)의 경우 차수별 물가조정대상금액의 비목별 가중치의 변경으로 인한 지수별 물가상승률 비중의 차이와

둘째, 실제 적용에서 비율에 의한 물가상승을 해당 지수로 분할에 따른 내부 상승률 오차다.

원가지수법은 일반적으로 과거 특정시점의 가격을 산정시점의 가격으로 전환시킬 때 적용하므로 열차제어설비의 특정기간의 일괄 물가상승조정에 대한 유효성 검증을 위해 원가지수 모델도 특정기간의 물가상승비를 일괄 계산한 값과 열차제어설비의 실제 물가상승 누계집행금액과 비교하여 모델의 유효성을 검증하였다. 특정기간의 열차제어설비 일괄 물가상승비는 기간별 집행기간 동안 균등하게 발생하는 것으로 가정하여 가격기준일은 2007년 12월(2006년 05월~2009년 9월의 중간점)로 개략사업비산정 기준일 2009년 9월로 정하고 산정한 결과 및 오차율은 Table 6과 같다.

Table 4. Price indexes for escalation

비목	코드	가중치	물가지수						
			가격기준	1차조정	2차조정 (중간점)	3차조정	4차조정	산정기준	
			2006.06	2007.04	2007.12	2008.06	2008.12	2009.09	
노 무 비	직접노무비[ENG]	KL1	0.1474	141,646	148,044	148,044	155,931	155,931	168,795
	직접노무비[갑리]	KL2	0.0331	194,237	204,899	204,899	213,704	213,704	220,167
	직접노무비[제조]	KL3	0.0808	38,077	42,532	42,532	48,566	48,566	52,388
재 료 비	공산품 지수	KP2	0.7338	99.80	100.40	103.20	116.80	110.40	112.10
	전력/수도/가스 지수	KP3	0.0050	105.70	108.50	115.40	114.80	121.60	126.90
물가상승률			1.0000	1.1545	1.1282	1.1056	0.9905	1.0310	1.0000

Table 5. Measurement validity of the model on the actual period

구분	1차	2차	3차	4차	5차	평균
실제 물가상승률 (a) ¹	+3.52%	+3.52%	+11.78%	-4.07%	+3.17%	+3.58%
모델의 물가상승률(b) ²	+3.52%	+3.45%	+11.74%	-3.99%	+3.10%	+3.56%
오차 (c=b-a)	+0.00%	-0.07%	-0.04%	+0.08%	-0.07%	-0.02%
오차율(c/a)	+0.00%	-2.0%	-0.3%	-2.0%	-2.2%	-0.6%

주1) 열차제어설비의 실제 적용 물가상승률

주2) 원가지수 모델을 활용하여 각 차수 구간별 산정된 물가상승률

Table 6. Measurement validity of the model for specific period

최 초 계약금액	누 계 물가상승비 (A)	모델의 추정 물가상승비(M)	오차 (M-A)	오차율
100	10.47%	10.56%	+0.09%	0.9%

4. 결 론

개략산정기법은 사업타당성분석, 기본계획수립, 입찰 예비 견적 등에 가장 보편적으로 모든 산업에서 적용을 하고 있는 기법으로서 사업범위, 기술적 기준의 상세설계 정보 없이 빠른 시일에 적은 예산으로 수행할 수 있는 장점이 있다. 그러나 특수한 경우를 제외하고는 거의 유사 프로젝트의 경험자료를 기반으로 하고 있기 때문에 자료의 확보와 과거자료를 산정시점의 가격으로 전환시켜줘야 하는 기법이 필요하다.

이러한 상황에서 가장 적절하게 이용하는 기법이 원가지수법이다. 그러나 현실적으로 국내 산정기준은 원가지수를 일부 혼용한 물가조정기법을 이용하고 있어 경험 자료가 있어도 단순 데이터로 원가속성이 부족하고, 매회 기성실적에 따라 계산되는 복잡한 물가조정방법은 통계조사 및 분석 등에 상당한 기간과 전문가 지원이 필요하여 경험자료의 전환을 포기하거나 1회성으로 끝나버리는 실정이다. 결과적으로 경험자료가 사장되거나 활용되더라도 회사 고유의 지적 자산으로 전환되지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 열차제어설비의 과거 경험자료를 원가지수를 활용하여 현재가격으로 전환시키는 개략산정의 표준적 과정 및 산정결과를 제시하여 21개 비목 군에서 수행하던 것을 5개의 물가지수만 가지고 빠른 기간 내에 현재 가격으로 전환함으로써 프로젝트 경험자료의 활용도를 향상시키고, 표준적 개략산정 과정을 제시하여 향후 수행과정의 전산화에 기초적인 기준을 제공하였다.

개략산정 결과의 유효성 검증을 위하여 열차제어설비의 실제 물가상승집행과 모델에 의한 추정 물가상승비와 비교하여 검증하였으며, 그 오차율은 -0.3%~-2.2%로 실제 물가집행 상황과 거의 유사한 것으로 나타났다.

원가지수기반 개략적 투자비 추정은 본 연구에서 살펴 본 바와 같이 매뉴얼로 하기에는 너무 많은 작업이 필요하고, 보조적 데이터(물가지수, 공식, 가정 등)의 갱신, 결과설명 등에 상당한 노력이 필요하므로 논리적 데이터베이스 및 전산 모델 구축이 필수 불가결하다.

본 논문은 특정설비인 열차제어설비를 대상으로 하였으나 과거 경험자료와 그 경험자료의 제조 혹은 공사원가에 맞는 적정 원가지수를 선택할 수만 있다면 모든 설비 및 공사에

활용이 가능하다. 특히 주문 제작품목의 견적은 제조원가계산방식 혹은 업체견적 방식 등 외부기관의 도움이 없이는 견적하기가 쉽지가 않으나 해당품목의 경험자료와 제조원가를 가장 잘 구성하고 표현할 수 있는 물가지수를 선택하면 외부기관 도움 없이 자체적으로 개략적으로 투자비를 추정할 수 있다.

향후 과제는 고속철도의 다른 설비 혹은 공사에 대하여 거래실례가격의 수집 및 데이터베이스 구축과 해당 물가지수 선택방법의 상세규격에 대한 연구와 물가조정방법이 없는 경우 신규 물가지수 개발방법론 연구가 더 필요하다. 현실적으로 개략산정의 근본자료는 경험자료 밖에 없기 때문에 더욱 절실한 상황이다.

참고문헌

- [1] AACE international (2002) Skill & Knowledge of Cost Engineering (4th ed.), AACE international, chapter 2.
- [2] Phillip F.Ostwald (1974) Cost Estimating for Engineering and Management, Prentice-Hall, Inc., N.J, pp. 148-15.
- [3] Yoon, Gijung (1982) Statistics, Bubmunsu Publishing Co., Seoul, pp. 386-387.
- [4] Kenneth K Humphreys, Lloyd M.English (1993) Project and Cost Engineer's Handbook (3rd ed.), Marcel Dekker, Inc., N.Y, pp. 175-190.
- [5] Ministry of Strategy and Finance (2007) Rule of Cost Accounting for government in Korea, Article 12.
- [6] Korea Rail Network Authority (2006) Purchase Contract for the Train Control System Phase 2 for the Seoul-Busan High Speed Rail Project.
- [7] Construction Cost Research Institute (2010) Report (5rev.) on contract change amount based on the price escalation for the Train Control facility of the Seoul-Busan High-speed rail Phase 2.
- [8] Ministry of Labor, Monthly Labor Statistics, <http://www.molab.go.kr>
- [9] Statistics Korea Homepage <http://www.kostat.go.kr/>
- [10] The Bank of Korea Monthly Bulletin <http://www.bok.or.kr>
- [11] Statistics Korea (2004) Statistics Administration Handbook.
- [12] AACE international (2002) Skill & Knowledge of Cost Engineering (4th ed.), Appendix F, Characteristics of the Estimate Classes.
- [13] K.T.Kim, S.M. Rhee, Y.S Kwon (2008) A Deterministic Transit Assignment Model for Intercity Rail Network, *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(6), pp. 550-561.

접수일(2011년 3월 11일), 수정일(2011년 4월 4일), 게재확정일(2011년 4월 13일)