연단보고서(표지) 2012.3.20 2:27 PM 페이지1 mac4

R&D/
06기반
구축A03

건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축

Land Transport and Maritime R&D Report

2011

국토해양부
한국건설교통기술평가원

건설교통R&D정책 · 인프라사업 최종보고서

R&D / 06기반구축A03

건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축

2011. 5. 28.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

협동연구기관 / 한국건설기술연구원
(주)평화엔지니어링
(주)도화엔지니어링
(주)한미글로벌건축사사무소

공동연구기관 / (사)건설기술정책연구원
세종대학교 산학협력단
(주)도명이엔씨
중앙대학교 산학협력단
한국해양대학교 산학협력단
경북대학교 산학협력단
연세대학교 산학협력단
인하대학교 산학협력단
서울대학교 산학협력단
서울시립대학교 산학협력단

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 “건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2011. 5. 28

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 이유섭

협동연구기관명 : 한국건설기술연구원
협동연구책임자 : 강태경

공동연구기관명 : 사단법인 건설기술정책연구원
공동연구책임자 : 최민권

공동연구기관명 : 세종대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 김한수

협동연구기관명 : (주) 평화엔지니어링
협동연구책임자 : 김홍래

공동연구기관명 : (주)도명이엔씨
공동연구책임자 : 권석현

공동연구기관명 : 중앙대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 김경주

공동연구기관명 : 한국해양대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 경갑수

공동연구기관명 : 경북대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 김병수

협동연구기관명 : (주)도화엔지니어링
협동연구책임자 : 전무갑

공동연구기관명 : 연세대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 한승헌

공동연구기관명 : 인하대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 우성권

위탁연구기관명 : 충북대학교 산학협력단
위탁연구책임자 : 박형근

협동연구기관명 : (주)한미글로벌건축사사무소
협동연구책임자 : 권오경

공동연구기관명 : 서울시립대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 현창택

공동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단
공동연구책임자 : 이현수

위탁연구기관명 : 단국대학교 산학협력단
위탁연구책임자 : 전재열

위탁연구기관명 : (주)희림종합건축사사무소
위탁연구책임자 : 박상준

위탁연구기관명 : (주)건축사사무소 건원엔지니어링
위탁연구책임자 : 이승훈

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>06기반구축
A03</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td colspan="2">2006. 09. 29
~
2011. 05. 28</td><td>단 계 구 분</td><td>1 / 1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">건설교통RnD정책인프라사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="5">건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">이유섭</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 명
내부 : 명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td colspan="2">정부 : 9,608,000 천원
기업 : 604,000 천원
계 : 10,212,000 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 명
내부 : 명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td colspan="2">정부 : 9,608,000 천원
기업 : 604,000 천원
계 : 10,212,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원 외
17개 기관</td><td>참여기업명</td><td colspan="3">(주)평화엔지니어링 외
8개 기관</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>172</td></tr>
<tr><td colspan="7">● 시스템 인터페이스 통합 및 통합 시스템 개선
- 국도 토공구간 개략공사비 예측 모델
- 국도 구조물구간(교량, 터널) 개략공사비 예측 모델
- 하천공사 개략공사비 예측 모델
- 준설공사 개략공사비 예측 모델
- 건축공사 개략공사비 예측 모델

● 건설코스트 인터넷 포털 구축
- 표준품셈 정보 시스템
- 표준품셈 제·개정 연혁 관리
- 표준품셈 심의자료 및 실사자료 관리
- 기계경비 단가 정보 시스템
- 실적공사비 정보 시스템</td></tr>
</table>

● 건설공사비 관리 실무 매뉴얼 개발 - 시설제원 및 공사특성 기반 모델(CBR 모델, 기획단계) - 대표공종 개략물량 기반 모델 (설계단계) ● 대표공종 단가 및 개략공사비 DB 확충 ● 개략공사비 산정 시스템 TEST BED		
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	공사비예산, 비용편익분석, 개략공사비예측, 상세공사비예측, 사업비관리
	영 어	construction budget, cost benefit analysis, approximate estimation, detailed estimation, project cost management

요 약 문

I. 제 목

건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 필요성

투자평가지침(국토해양부)이나 예비타당성조사지침(KDI) 등에 제시되어 있는 공공 건설공사 초기단계의 개략공사비 산정기준의 적정성을 확보하는 것은 예산의 효율적인 관리를 위해 매우 중요한 과제이다. 그러나 건설사업 초기단계의 개략공사비 예측 시스템은 설계완료시점의 상세공사비 예측 시스템에 비해 낙후되어 개선이 필요하다.

2. 연구의 목적

건설공사 기획 및 설계 초기단계의 개략공사비 산정시스템을 포함하는 적정 공사비 산정 및 관리시스템을 구축하는 것이 본 연구의 목적이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 연구개발의 내용

□ 1차년도

- 기초자료 수집 및 분석
- 단계별 공사비 산정 및 관리시스템 개선 framework 개발

□ 2차년도

- 설계초기단계의 웹기반 개략공사비 산정 시스템 개발

□ 3차년도

- 기획단계의 웹기반 개략공사비 산정 시스템 개발

□ 4차년도

- 작업조 기반 차세대 생산성 정보 prototype 구축
- 시나리오 기반 개략공사비 산정 시스템 구축

□ 5차년도

- 사업비관리 매뉴얼 개발 및 보급
- 건설코스트 인터넷 포털 구축

2. 연구의 범위

본 연구의 범위는 도로(국도), 교량, 터널, 하천, 공공아파트, 공공청사의 적정공사비 산정 및 관리시스템으로 한정한다.

Ⅳ. 연구개발결과

본 연구개발 결과 사례기반추론(CBR)과 유전자알고리즘 등에 기초한 건설공사 사업단계별 개략공사비 산정모델과 웹기반 개략공사비 산정 시스템이 개발되었으며 개략공사비 예측시스템과 공사비 산정기준 정보시스템을 주요 컨텐츠로 하는 인터넷 포털을 구축하였다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용

본 연구개발을 통해 구축된 개략공사비 예측시스템은 예산당국이나 발주청의 기획단계 예산추정에 활용될 수 있으며, 시스템의 활용을 통하여 공사비 예측의 정확성과 투명성이 제고될 수 있을 것으로 기대된다.

SUMMARY

I. Title

Development of Innovative Construction Cost Engineering System for Public Construction Projects in Korea

II. Necessity and Objective of Research Development

1. Necessities

In Korea, approximate construction cost estimating criteria is in the guideline issued by the MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) and KDI(Korean Development Institute). But they have limitations due to the lack of proper data feed-back mechanism. So, a more systematic construction cost engineering system enhancing data feed-back is needed.

2. Objectives

The objective of this research is to develop a innovative construction cost engineering system which includes approximate estimation system for early planning and design phases.

III. Contents and Scope of Research Development

1. Contents

□ 1st year

- Data collection and analysis
- Developing a framework for an approximate construction cost estimation

□ 2nd year

- Developing web-based approximate construction estimation system for a early

design phase

□ 3rd year

- Developing web-based approximate construction estimation system for a planning phase

□ 4th year

- Developing crew and productivity data prototype
- Developing scenario-based cost estimation system.

□ 5th year

- Developing a practical cost management manual
- Developing a internet portal for construction cost engineerng

2. Scopes

The scope of research is to develop innovative cost engineering system for roads, bridges, tunnels, river facilities, public apartment houses, and public office buildings.

IV. Results of Research Development

As the results of this research, the approximate cost estimation system and model based in the Case-Based Reasoning(CBR) methodology and Genetic Algorithm(GA) during the construction project process has developed. Also the internet portal which main content is the approximate cost estimation system and the standard cost estimation information system is main contents was established.

V. Utilization of Research Development Results

The result of this research will be designed as an web-based construction cost estimating system. This system will enable users to estimate construction cost more accurately and conveniently. Moreover, a new construction cost management domain can be developed through this research.

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구개발 목적 ····· 1

제 2 절 연구개발 필요성 ····· 3

제 3 절 연구개발 범위 ····· 5

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 7

제 1 절 국내 기술개발현황 ····· 7

제 2 절 국외 기술개발현황 ····· 16

제 3 절 연구결과가 차지하는 위치 ····· 22

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 23

제1절 과거 공사비 정보 조사·분석 ····· 23

제2절 개략공사비 예측 시스템의 이론적 토대 ····· 25

제3절 웹기반 개략공사비 예측 시스템 ····· 65

제4절 건설코스트 인터넷 포털 구축 ····· 100

제5절 개략공사비 산정 시스템 TEST BED ····· 107

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 ·· 136

제 1 절 연구개발목표 달성도 ····· 136

제 2 절 관련분야에의 기여도 ····· 137

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 138

제 1 절 연구성과 활용의 제도적 근거 마련 ····· 138

제 2 절 산업계 활용계획 ····· 138

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 139

제 7 장 참고문헌 ····· 152

【최종성과물 일람】 ····· 162

< Contents >

Ⅰ. Introduction ····· 1
1. Objective ····· 1
2. Necessity ····· 3
3. Research scope ····· 5

Ⅱ. Technology trend in the domestic and foreign country ····· 7
1. Technology trend in the domestic country ····· 7
2. Technology trend in the foreign country ····· 16
3. Prospect of research result ····· 22

Ⅲ. Results of Research Development ····· 22
1. Construction Cost Information ····· 23
2. Approximate Estimation System ····· 25
3. Web Base Estimation System ····· 65
4. Construction Cost Internet Portal ····· 100
5. Test Bed on Approximate Estimation System ····· 107

Ⅳ. Research achievement and contribution ····· 136
1. Research achievement ····· 136
2. Research contribution ····· 137

Ⅴ. Research application plan ····· 138

Ⅵ. Acquired foreign technology information during research ····· 139

Ⅶ. Reference ····· 152

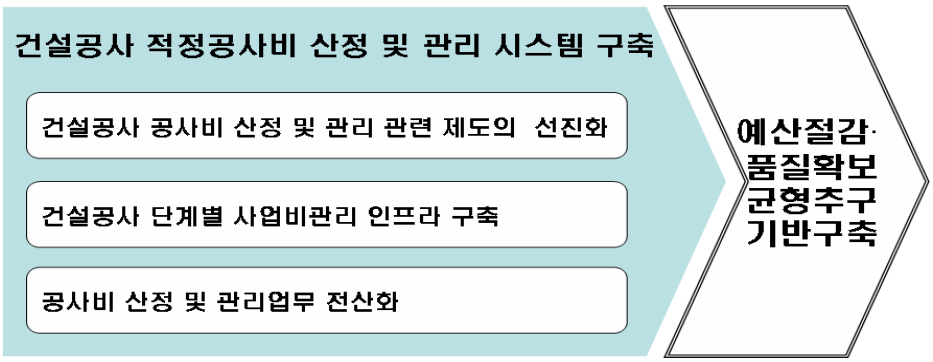
제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발 목적

본 연구의 최종 목표는 공공 건설공사의 공사비 산정 및 관리와 관련되는 제도, 실무기준, 업무시스템 등을 선진화하여 적정한 공사비를 합리적이고 투명하게 계획·집행할 수 있는 기반을 조성하는 것이다.

이를 위하여 실적공사비 제도 등 관련제도의 선진화, 품셈과 실적공사비를 적용할 수 없는 사업 초기단계에 공사비를 합리적으로 추정할 수 있는 인프라 구축(예 : 교량 ㎡당 단가기준 등), 표준품셈·실적공사비 등 공사비 산정기준 관리업무 전산화, 개략공사비 산정 전산시스템 구축, 건설코스트 포탈구축 등 업무전산화 등을 추진하고자 하며, 단순 예산절감 논리가 아니라 예산절감과 품질확보를 균형 있게 추구하고자 한다.

본 연구의 최종목표를 도시하면 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구개발의 최종목적

이와 관련, 세부적인 연도별 연구개발 목표, 역할분담, 기대효과 등에 관한 연구개발 로드맵은 <그림 1-2>와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 1차년도에는 시설별·단계별 현안분석 결과를 토대로 공사비 산정 시스템 개선 framework을 설정하였고, 2~3차년도에는 설계단계 및 기획단계의 개략공사비 산정 시스템을 구축하였으며, 4차년도에는 사용자편의를 보강하였으며, 5차년도에는 인터넷 포털을 구축하였다.

본 연구를 통해 사업기본계획 및 예비타당성, 기본설계단계 등 사업 초기단계의 개략공사비 예측의 정확도·투명성 제고를 도모하고자 하며, 턴키사업, 민자사업, 설계공모 등에 있어 공사비의 적정성 검증을 위한 가이드라인 마련의 토대를 제공하고자 한다.



<그림 1-2> 연차별 연구개발 목표

본 연구의 최종 성과물인 건설코스트 인터넷 포털의 개념을 도시하면 다음 그림과 같다.



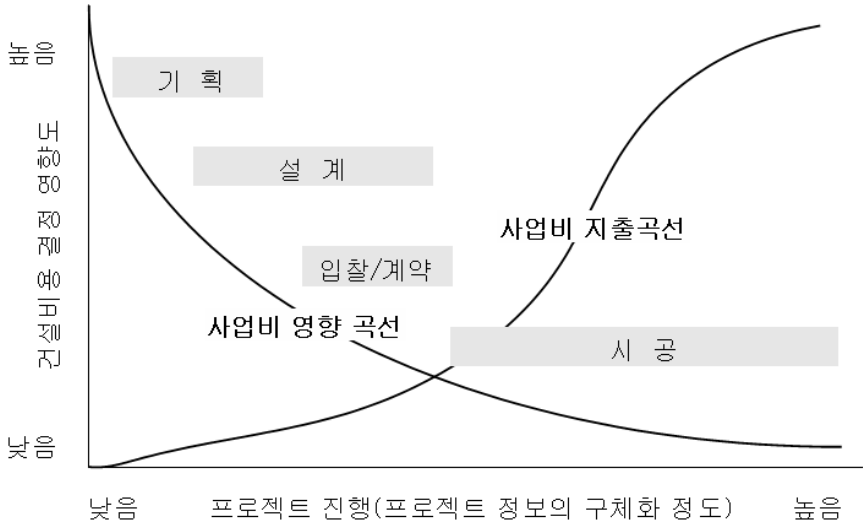
<그림 1-3> 건설코스트 인터넷 포털의 개념 및 주요 컨텐츠

제 2 절 연구개발 필요성

1. 기술적 측면

대규모 재원이 투입되는 건설공사의 공사비를 합리적인 방법으로 적정하게 예측하는 것은 효율적인 투자를 위하여 필수적으로 전제되어야 할 사항이지만, 건설공사는 물품의 제조·구매와 달리 단위사업의 규모가 크고 작업내용과 비용구조가 복잡하여 정확한 공사비의 예측은 사실상 매우 어려운 과제이다.

건설공사비의 예측이란 통상적으로 건설공사에 투입되는 자원(resources; 재료, 노동력, 장비 등)의 구체적인 내용과 작업 프로세스 등 기술적인 사항을 금액 단위로 환산하는 과정을 의미하지만, 구체적인 공사 정보가 확정되지 않은 초기단계에서는 보다 개략적인 공사의 내용 및 특성 정보를 토대로 개략적으로 공사비를 예측해야 한다. 이중 사업초기단계(기획 및 설계 진행과정)는 공사비 결정에 미치는 영향력이 높기 때문에 보다 진보된 공사비 산정기준과 시스템을 구축하는 것이 무엇보다 중요하다.



<그림 1-4> 건설 프로젝트 진행단계별 사업비 지출 및 영향 곡선

또한 건설비용은 대부분 시공단계에서 지출규모가 가장 큰 반면 사업비 절감 여지는 오히려 사업 초기단계가 더 크므로 사업 초기단계의 사업비 관리 노력이 중요하다. 그러나, 그간 국내 공공 건설공사에서 공사비 예측 기술은 설계도면과 시방서 등이 완성된 이후 입찰·계약을 준비하는 단계에서 완성된 설계서를 기초로 하는 상세한 모델을

중심으로 발전해 왔으나, 실시설계 완료 및 입찰·계약 준비단계의 상세적산에 대한 부분 최적화 만으로는 효율적인 예산 투자관리 측면에서 한계가 있다.

국내 건설환경에 적합한 건설공사의 제단계별 공사비 예측모델을 제시하고 기초자료를 체계적으로 축적·공유하는 한편, 종합적인 사업비관리 시스템을 구축하는 것은 건설기술 전반의 발전토대를 마련하는 중요한 과제이다.

2. 경제·산업적 측면

국가가 시행하는 건설사업은 공공의 안전과 복지향상을 목표로 사회기반시설을 제공하는 한편, 고용창출과 경제활동의 활성화에도 기여하고 있다. 공공 건설사업의 효과는 납세자이면서 이용자인 국민의 만족도에 의해 평가되지만, 사업집행 과정에서 적정한 품질수준과 비용 및 사업기간을 면밀히 계획하여 양질의 시설물을 제공할 수 있는 적정한 절차와 기술인프라를 구축하는 것이 요구된다. 특히 공공 건설사업과 같이 대규모 재원이 소요되는 사업에서 적정 공사비는 투자 효율성과 사업성과에 커다란 영향을 미칠 뿐만 아니라 정부와 건설업계 모두에게 중요한 과제가 된다.

공공 건설공사는 국가재원이 투입되므로 국가예산의 효율적인 집행 차원에서 적정 공사비의 예측·관리를 위한 기술기준과 체계를 마련해야 한다. 또한 건설산업은 수주산업이라는 특성을 감안할 때 수주는 사업을 영위하기 위한 가장 기본적인 기능이며, 수익을 창출할 수 있는 수주를 위해서는 공사의 내용과 방법에 대한 기술적인 이해를 바탕으로 적정 공사비를 산정할 수 있는 실무기반을 마련해야 한다.

3. 사회·문화적 측면

정부의 예산절감방침과 지속적으로 제기되고 있는 건설공사비 거품론 등 건설공사비의 적정성 문제에 대한 사회적 관심이 점점 높아지고 있다. 그러나, 단순히 예산절감 논리로만 접근할 경우 자칫 덤핑으로 인한 부실 등 또다른 사회적 낭비를 초래할 우려가 있고, 현재 건설시장은 수급문제를 안고 있어 비정상적인 저가투찰 관행이 만연해 있는 것도 사실이다.

이와 같은 사회·문화적 배경을 종합적으로 고려하여 예산절감과 품질확보의 두 마리 토끼를 잡을 수 있는 철학과 논리를 체계적으로 정립하려는 노력이 필요한 시점이다.

제 3 절 연구개발 범위

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	▪공사비 산정기준 현안분석 및 개선 framework 설정	▪현행 공사비 산정 및 관리시스템 평가 ▪공사비 산정기준 혁신 로드맵 개발 ▪공공 건설사업 사업비관리 프로세스 개발 ▪LCC제도 현황분석
		▪실적공사비 제도 지속가능 발전모델 제시
	▪공사비자료 수집 및 기초 자료분석	▪개략공사비 내역서, 설계예산서 등 수집 ▪시설물별 공사내용 및 비중 등 특성분석 ▪공사비 영향변수 분석
		▪공사비 보정방향 설정
	▪표준품셈 서비스 체계 개선	▪web 기반 표준품셈 DB 구축 ▪표준품셈 제·개정 효과 평가모델 개발 ▪표준품셈 상시관리 지원 시스템 개발
2차년도	▪개략공사비 산정제도 선진화	▪개략공사비 산정제도 모니터링 ▪관련 제도 선진화 방안 마련 ▪LCC제도 개선방안 제시
	▪표준 공사비 분석 서식 개발	▪국도(토공부, 교량, 터널등) 표준 공사비 분석서식 개발 ▪하천 표준 공사비 분석서식 개발 ▪APT 표준 공사비 분석서식 개발 ▪청사 표준 공사비 분석서식 개발
	▪공사비자료 분석·가공	▪시설물별 major items 설정 ▪minor items 금액비율, 경비율 등 분석 ▪부위(functional element)별 공사비 분석
	▪설계단계 개략공사비 예측모델 개발	▪대표공종의 개략물량, 부위별 공사비 등에 의한 개략공사비 예측모델 개발 ▪설계단계 개략공사비 예측모델의 타당성, 예측력 검증
	▪설계단계 개략공사비 산정 지원 시스템 개발	▪설계단계 개략공사비 DB 구축 ▪설계단계 개략공사비 산정지원시스템 구축
	▪ 제도개선 연구	▪ 공사비 산정 및 관리 관련 제도 상호 관련성 및 개선방향 제시
3차년도	▪설계단계 개략공사비 산정시스템 검증 및 대상시설물, DB 등 확대	▪DB 확충 및 시스템 검증 ▪PC Box교량, Steel Plate교량 등 대상시설물 확대 (연차평가 의견 반영)
	▪공사비자료 분석·가공	▪시설물별 대표단위(km, ㎡/평 등) 설정 ▪대표단위당 단가 및 parameter 분석
	▪기획단계 개략공사비 예측모델 개발	▪대표단위당 단가에 기초한 개략공사비 예측모델 개발 ▪기획단계 개략공사비 예측모델의 타당성, 예측력 검증
	▪기획단계 개략공사비 산정 전산 시스템 개발	▪기획단계 개략공사비 DB 구축 ▪기획단계 개략공사비 전산시스템 구축
	▪물량산출, 개략공사비 산정 연계방향 검토	▪RD2000/2005 등 기존 시스템 분석 ▪물량산출 및 공사비 산정 연계방향 검토

4차년도	▪실적공사비 관리시스템 개선	▪발주청별 실적공사비 축적 및 관리시스템 개발 ▪발주청별 실적공사비 DB 구축
	▪차세대 cost data prototype 개발	▪한국형 생산성 측정기법 개발 ▪작업조 및 생산성 분석(현장조사) ▪작업조 기반 차세대 cost data prototype 제시
	▪개략공사비 산정 지원 시스템 보완, 발주청별 실적공사비 DB 구축	▪설계단계 개략공사비 DB 확충·보완 ▪기획단계 개략공사비 DB 확충·보완 ▪발주청별 실적공사비 DB 구축
	▪물량산출, 개략공사비 산정 연계 모듈 개발	▪물량산출/공사비 산정 연계 모듈 개발 ▪시스템 Test 및 검증
5차년도	▪시스템 인터페이스 통합	▪단계별 공사비 산정지원 시스템, DB 등의 인터페이스 통합 ▪기존 시스템과 데이터 호환 protocol제시 ▪시스템 유지관리 전략 제시
	▪개략공사비 산정 시스템 TEST BED	▪개략공사비 산정 시스템 TEST BED 운영 ▪개략공사비 산정 시스템 사용자 요구 분석 및 feed-back
	▪공공 건설사업 사업비관리 실무매뉴얼 개발	▪공통사항에 관한 일반매뉴얼 개발 ▪시설물별 공사비 관리 매뉴얼 개발 ▪교육 및 홍보
	▪인터넷 커뮤니티 구축	▪공사비 정보 수집, 축적, 공유 인터넷포털 구축 ▪포털 시범운영 및 확산

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발현황

1. 도로부문

국내에서 도로공사 개략공사비 산정을 위해 실무에서 사용하고 있는 모델은 건설교통부에서 제시하고 건설교통부와 한국도로공사에서 사용하고 있는 “도로업무편람 2006”에 의한 모델과 한국개발연구원(2004)에서 제시하고 한국개발연구원와 기획예산처에서 사용하고 있는 “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구”의한 모델로 구분된다.

“도로업무편람”에 의한 공사비 산정모델에 의해 공사비를 산정하기 위해서는 적절한 축척의 지형도와 현황조사 결과를 토대로 설계기준을 만족할 수 있는 적정 노선을 결정한 후, 각 공종별 물량 및 단위 공사비를 산출하고 이를 이용하여 공사비를 산출해야 한다. 한편 도로 공사비를 간단하게 산정하기 위하여 단위길이 당 공사비를 사용한 모델을 제시하고 있는데, 이 모델에서는 2002 ~ 2003년에 완료한 같은 등급의 유사 도로 실시설계 2건 이상의 단위공사비 평균치를 사용함으로써 단위공사비를 산정하였다. 이때, 도로 공사비는 고속국도와 일반국도를 대상으로 구분되며, 각각의 공사비 산정모델은 다시 확장공사와 신설공사로 구분되어 각각의 경우에 대한 토공 및 기타 구간, 교량구간, 터널구간에 대한 단위길이 당 공사비를 제공하고 있다.

[표 2-1] 한국도로공사 개략공사비 산정모델

구 분		차로수	토공 및 기타	교 량	터 널
고속국도	확장	4차로 확장 (4→8, 6→10)	111억원/㎞	484억원/㎞	263억원/㎞
	신설	4차로	134억원/㎞	444억원/㎞	263억원/㎞
일반국도	지방부 (국도, 확장)	2→4	93억원/㎞	421억원/㎞	238억원/㎞
	도시부 (국대도, 신설)	4	98억원/㎞	438억원/㎞	247억원/㎞

이와 같은 공사비 산정모델은 고로의 공사비가 단순히 도로의 연장에 비례한다고 가정한 선형적인 예측모델이기 때문에 도로의 등급, 지형 및 지역 여건, 성능기준 등에 대한 다양한 도로의 특성을 반영하지 못할 뿐만 아니라 예측의 정확성에 한계가 있다.

뿐만 아니라 2002 ~ 2003에 시행된 공사비를 단순 평균함으로써 현금의 시간 가치를 반영하지 못하고 있어 공사비 예측 모델로써 많은 제한이 따르고 있다.

“도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구”에 의한 공사비 예측방법에도 단위길이당 공사비를 활용한 공사비 예측모델을 제시하고 있다. 이 모델에서는 고속도로를 대상으로 하여 1/50,000 ~ 1/5,000의 지형도를 통해 작성된 평면 및 종단면도를 이용하여 최근 몇 년간 시행한 유사시설물의 실시설계 시 적용했던 평균공사비를 활용하여 단위길이당 공사비를 제시하였다. 이때 각 도로공사는 구조물 비율에 따른 토공 공사 구간 비율에 의해 차등적인 공사비가 적용되고 있으며, 1999년 단가를 기준으로 건설 산업 Deflater를 사용하여 보정되어 사용되고 있다. 또한 이 모델에서는 신설 6차로와 확장 2차로로 구분하여 각각의 경우에 대한 공사비를 제시하고 있다.

[표 2-2] 한국개발연구원 개략공사비 산정모델

토공구간비율 (구조물구간비율) (%)	신설 (6차로) (억원)		확장 (4→6차로) (억원)	
	도시지역	지방지역	도시지역	지방지역
85~90(10~15)	131.6	100.5	44.4	40.5
80~85(15~20)	149.7	114.3	50.5	46.1
75~80(20~25)	169.0	129.0	57.0	52.0
70~75(25~30)	189.6	144.7	63.9	58.3
65~70(30~35)	211.7	161.6	71.4	65.1
60~65(35~40)	235.5	179.7	79.4	72.5
55~60(40~45)	261.1	199.3	88.1	80.4
50~55(45~50)	289.3	220.8	97.6	89.0

한국개발연구원의 모델은 토공구간의 비율과 건설 산업 Deflater를 활용하여 공사비를 보정하고 있을 뿐, 단위길이당 공사비를 활용한 선형적인 예측 모델이라는 제한사항을 가지고 있다. 따라서 다양한 도로공사의 특성을 반영하기 힘들 뿐만 아니라 예측의 정확성에서도 한계를 보이고 있다. 그리고 고속국도를 대상으로 하기 때문에 다양한 도로에 적용가능하기 힘들 뿐 아니라 적용대상을 신설 6차로, 확장 2차로에 제한하고 있어서 그 활용성에 많은 제한사항이 따란다.

한편 도로 구조물(교량 및 터널)에 관하여 다음과 같은 단가기준이 제시되어 있다.

[표 2-3] 도로의 교량구간 공사비 기준단가

구 분		평균단가									
교량 (24.8m)	교량 형식	Slab		PSC Beam	PC-Box				Steel Box	Steel Plate	R.C 라멘
		RC	PC		ILM	FCM	MSS	FSM			
	m2당	1,661	-	1,482	1,555	1,971	2,609	2,893	2,358	2,120	2,063
터널 (NATM)	2차로 (11.6 m)	12,640 / m당									
	3차로 (15.1 m)	17,881 / m당									

주) 교량 및 터널단가는 폭, 연장을 고려하여 산정해야함('03-'05년 고속도로 설계자료)
자료) 건설교통부, 2006 도로업무편람, 2006

[표 2-4] 교량형식에 따른 교량구간 표준 공사비

(단위 : 천원)

구분		왕복2차로		왕복4차로		왕복6차로		왕복8차로	
Slab	RC	10,051	1,546	33,955	1,750	47,466	1,505	61,028	1,576
	PC	20,680	1,466	35,081	1,378	47,957	1,522	62,151	1,605
PSC-Beam		18,802	1,275	26,839	1,080	42,396	1,227	48,708	1,041
PSC Box	ILM	28,706	2,036	38,704	1,574	66,916	2,124	86,098	2,224
	FCM	44,500	3,156	68,552	3,105	104,032	3,302	134,947	3,486
	MSS	28,210	1,999	47,844	1,968	56,842	1,804	86,098	2,224
	PSM	26,430	1,873	43,941	1,807	61,560	1,954	79,073	2,041
ST. Box		20,421	1,723	41,271	1,681	54,456	1,729	61,196	1,533
ST. Plate		31,527	2,236	52,405	2,052	73,610	2,337	94,352	2,437
R.C Rahmen		34,822	1,850	44,199	1,689	50,841	1,578	55,501	1,330

주 : 상기값은 고속도로를 기준으로 한 금액으로 국도적용시는 폭원에 비례하여 적용(고속도로 표준횡단폭원 : 4차로 23.4m, 6차로 30.6m, 8차로 37.8m).
자료 : 한국도로공사 내부자료, 2003년 고속도로 건설 평균단가

[표 2-5] 고속도로 터널구간 표준 공사비

(단위 : 천원)

공법	차로수	표준공사비	비고
NATM	2차로	10,182/m당	
	3차로	17,715/m당	

주 : 1) 공법 터널연장 및 부속시설들의 필요여부에 따라 표준공사비를 기준으로 가감하여 적용하며 편도 4차로 이상의 터널의 경우에는 별도로 산정하여 적용함
2) 장대터널 및 일반화 되지 않은 공법 적용시 별도로 산정하여 적용함
3) 상기값은 고속도로를 기준으로 한 금액으로 국도적용시 굴착량 및 폭원이 다소 축소되므로 고속도로 기준에 90% 적용함
자료 : 한국도로공사 내부자료, 2003 고속도로 건설 평균단가

[표 2-6] 교량 및 터널 평균단가

(단위 : 천원, 제잡비 포함, 괄호안 06년 단가)

구 분		평균단가									
교량 (4차로 24.8m)	교량 형식	Slab		PSC Beam	PC-Box				Steel Box	Steel Plate	R.C 라멘
		RC	PC		ILM	FCM	MSS	FSM			
	m2당	1,731	-	1,547	1,622	2,059	2,725	3,023	2,461	2,206	2,152
터널 (NATM)	2차로 (11.6m)	13,940 / m당									
	3차로 (15.1m)	18,686 / m당									

2. 하천부문

하천공사의 경우 도로공사처럼 국도 및 고속국도의 차선 수, 신설 및 확장 등의 특징으로 명확한 분류가 불가능하며, 지형의 다양성, 지역적 특성의 표준화 및 정형화가 어렵기 때문에 다른 토목시설물 공사와 달리 표준화된 공사비 산정 기준이 부재하다.

예비타당성 조사는 총사업비 500억원 이상인 사업을 대상으로 예비타당성 조사를 실시하는데 하천공사는 사업규모가 작아 예비타당성 조사를 실시하는 기준에 미치지 못하는 경우가 대부분이다. 하천공사는 일반적인 공사의 공사비 산정체계와 같이 기획 및 타당성 조사와 이루어 진 다음에 기본 및 실시 설계가 진행 되는 것이 아니라 “하천정비기본계획”을 실시하여 유역의 강우, 하천의 유량, 하도특성, 환경, 수자원 개발 및 이용 현황 등 하천의 홍수관리, 용수공급, 환경보전 등에 관한 제반사항을 조사 분석하여 하천에 관한 종합적인 정비 계획을 수립하고 있다.

기존 하천공사비의 개략적인 산정 방법은 유사 형태의 공사 내역서 와의 비교를 통한 개략적인 공사비를 산출하거나, 아니면 하천제방의 대표 단면의 물량을 산출하여 대표단면의 공사비를 선정 후 연장에 곱하는 방법을 사용하고 있다. 개략공사비 산정에 관한 매뉴얼 및 그 부분에 관한 선행 연구 및 공사비 산정 모델 분석을 실시한 사례가 부족하며, 하천공사에 영향을 미치는 다양한 특성을 모두 고려한 공사비 산정이 모델이 개발되지 않아 엔지니어링 업체의 견적을 검토할 Data가 부재한 것으로 파악되었다.

3. 건축부문

건축공사비를 산정하는 방법으로는 단위기준에 의한 건축공사비 산정방법, 회귀식 모델에 의한 건축공사비 산정방법, 몬테카를로 시뮬레이션(Monte-Carlo Simulation)에 의한 건축공사비 산정방법, 인공신경망에 의한 건축공사비 산정방법, 사례기반추론에 의한 건축공사비 산정방법, 표준 데이터베이스에 의한 건축공사비 산정방법 등으로 정리할 수 있었다.

최근의 선행연구를 분석한 결과, 기획 및 계획설계단계에서 공사비 예측은 인공신경망, 다중회귀분석, 수량기반 데이터 분석에 의한 공사비 산정방법 등으로 정리할 수 있다. 최근의 선행연구를 분석한 결과는 다음과 같다.

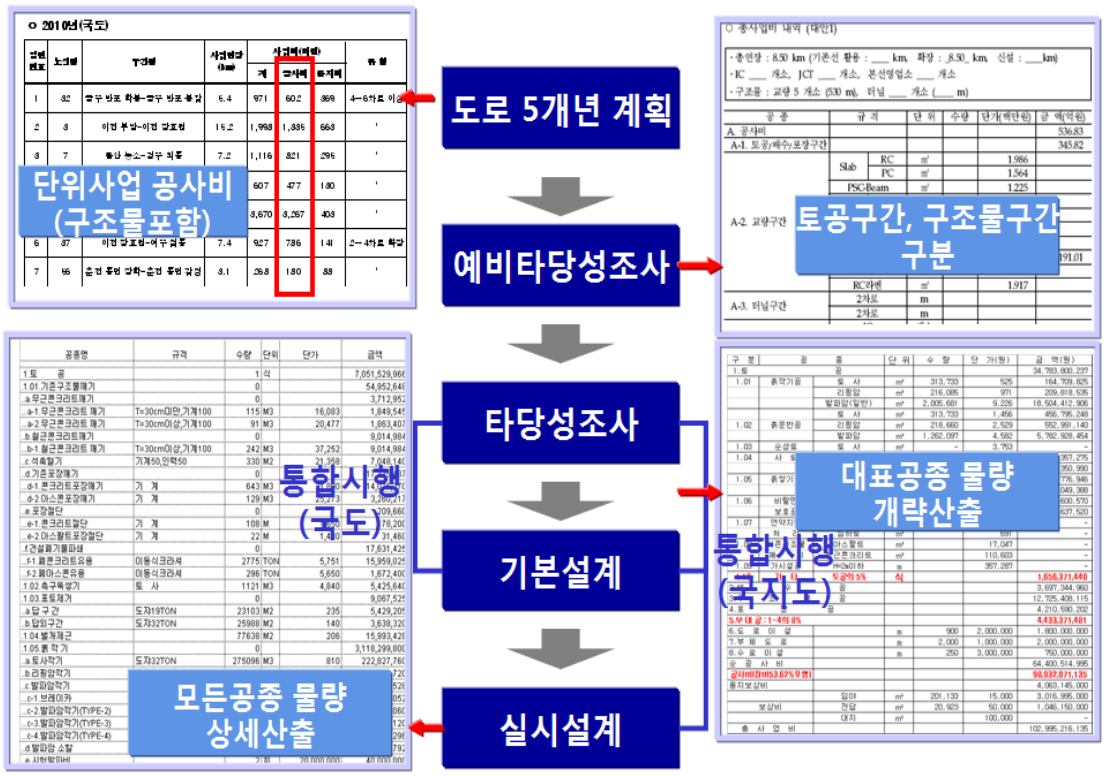
[표 2-7] 연구자별 공동주택 건축공사비 산정방법 분석

no	저자	건축공사비 산정방법	예측 시점
1	안성훈 외 1인[1] (2005)	· 사례기반추론	기본설계단계
2	이만희, 이학기[2] (2006)	· EVM 기반 회귀분석	기획 및 설계단계
3	탁승원 외 2인[3] (2007)	· 사례기반추론	계획설계단계
4	권호성 외 5인[4] (2008)	· 다중회귀분석	계획설계단계
5	손재호 외 2인[5] (2008)	· 회귀분석/인공신경망	기획 및 설계단계
6	이현수 외 4인[6] (2008)	· 수량기반 데이터분석(CUBE)	기본설계단계
7	이현수 외 3명[7] (2008)	· Q-BASE모델	기본설계단계
8	윤우성 외 3인[8] (2009)	· 사례분석	계획 및 설계단계

1) 안성훈, 강경인, 2005, “전문가 지식을 활용한 공동주택 초기단계 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 21(6), pp.81~88
2) 이만희, 이학기, 2006, “EVM을 활용한 공동주택 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 22(3), pp.147~154
3) 탁승원, 이재석, 전재열, 2007, “계획설계단계에서의 골조공사비 예측방법에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 대한건축학회, pp.741~744
4) 권호석, 문현석, 이성균, 홍태훈, 구교진, 현창택, 2007, “공공아파트 계획설계단계에서의 공사비 예측모델”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 9(3), pp.65~74
5) 손재호, 김성겸, 김재온, 2008, “신경망을 이용한 교육시설 BTL 사업의 공사비 분석 및 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 24(6), pp.135~142
6) 지세현, 박문서, 이현수, 성기훈, 윤유상, 2008, “공사비 예측을 위한 수량기반 데이터 분석방법”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 9(6), pp.235~243
7) 손보식, 박문서, 이현수, 임대희, 2008, “사례연구를 통한 수량변화분석 기반 건축공사비 개산견적 모델분석”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 24(6), pp.109~118
8) 윤우성, 이현철, 이한민, 고성식, 2007, “실적공사비 분석을 통한 공공주택 공사비 추정에 관한 연

4. 건설공사 단계별 개략공사비 산정 모델 현황

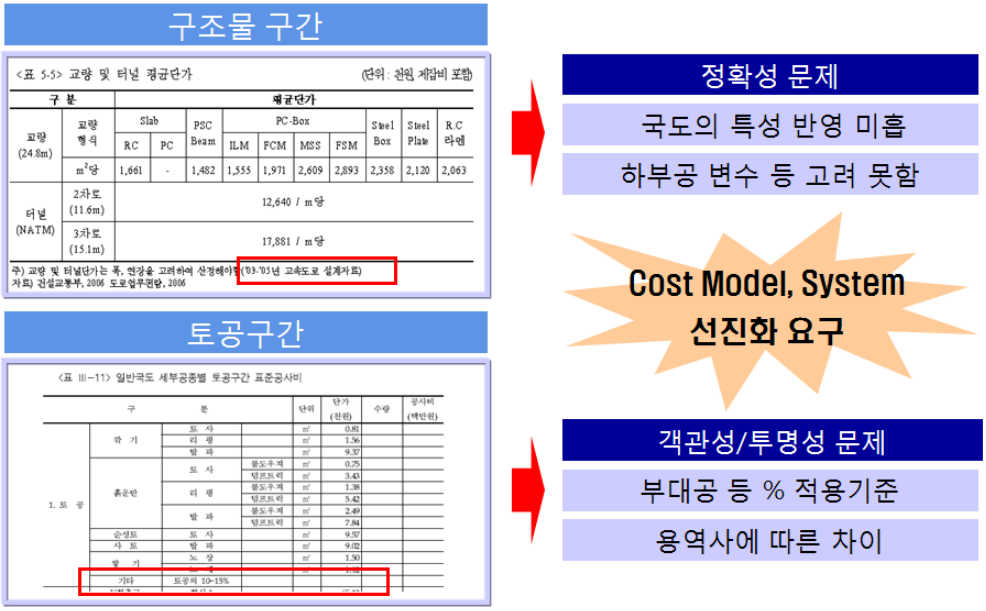
시설물의 유형별로 건설공사의 단계정의는 달라질 수 있다. 여기서는 국도사업을 기준으로 단계별 개략공사비 산정모델 현황과 기획단계 개략공사비 산정모델을 살펴보았다. 국도의 경우 다음과 같이 시설물별 중·장기 계획 수립을 위한 타당성평가 등에 있어 대표단위단가에 의한 방법과 대표공종 물량모델이 단계별로 활용되고 있다.



<그림 2-1> 국도사업 단계별 개략공사비 산정 모델 현황

그림에서 보는 바와 같이 국도의 경우 기획단계는 도로 5개년 계획 등 상위계획이나 예비타당성조사시 투자평가지침이나 예비타당성조사 지침 등에 규정된 개략공사비 산정방법을 기초로 하고 있지만, 개략공사비 산정을 위한 대표단위당 단가기준은 다음과 같은 문제점을 노출하고 있다.

구", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 10(2), pp.132~144



<그림 2-2> 기획단계 대표단위당 단가의 문제점

5. 국내 상업용 소프트웨어 동향

국내 공사비 예측 관련 소프트웨어는 대부분 설계완료 시점에서 세부공종별 물량 및 단가를 기초로 하는 상세 공사비 예측(detailed estimation)을 지원하는 소프트웨어이다. 각각 소프트웨어의 특징을 다음 표에 정리하였다. 표에서 보는 바와 같이 상세 공사비 예측 시스템은 시설물별로 모두 Desk-top 버전으로 도로, 철도 등에 주로 활용되는 EBS, 항만공사에 주로 활용되는 EST, 건축공사에 주로 활용되는 EMS와 COST 등이 대표적이다. 그 외에 최근 공정관리나 BIM 등과 연계를 위한 다양한 시도들이 이루어지고 있지만 개략공사비 예측 기능 자체에 관한 개선 노력이 가시화되어 있는 결과물은 아직 보고된 바 없다.

이와같이 본 연구에서 개발하고자 하는 상세 설계 완료 이전 시점의 개략공사비 예측 시스템을 웹기반 시스템 형태로 보급하고자 하는 연구는 본 연구가 국내에서 최초의 시도라 할 수 있겠다.

[표 2-8] 국내 관련 소프트웨어 현황

기 관	적산시스템	특 징
명진 소프트 컨설팅	EBS	-EST/EMS/COST와 유사한 기능 수행 -도로, 철도 등의 상세 공사비 산정에 폭넓게 활용 -주요기능 ◦발주처의 조사가격, 예정가격 작성 ◦발주처의 공사설계/실행자료 DB화 ◦설계사의 공사비 예산서 및 일위대가, 단가산출서 작성 ◦설계사의 공법별 공사비 예산자료 DB화 ◦시공사의 공사비 예산서, 실행가격 작성 ◦시공사의 공사견적자료 DB화 ◦현장의 물가연동제, 설계변경, 기성처리 ◦시공감리의 사정작업(물가연동제, 설계변경, 기성 등)
다산소프트	EST	-EBS/EMS/COST와 유사한 기능 수행 -항만공사 상세 공사비 산정에 주로 활용
고려전산	EMS	-EBS/EST/COST와 유사한 기능 수행 -건축공사의 상세 공사비 산정에 주로 활용
아성정보	COST	-EBS/EST/EMS와 유사한 기능 수행 -건축공사 상세 공사비 산정에 주로 활용
경남정보기술(주)	PlanMate	-공정표(가트, 바차트)와 내역서의 연결 -간트 차트에 자원을 입력하는 것만으로 내역서의 자동산출 -CPM과 EVMS 분석데이터의 제공 -여러가지 링크 방법과 공정 분할, 마일스톤 등의 방법을 이용한 프로젝트 관리 -기성 대비 실투입의 비교 분석을 통해 전문적인 프로젝트 관리 가능 -건설, 플랜트, 공장의 공정관리, 프로젝트의 일정계획 등에 사용가능 -엑셀로의 호환 및 전환 가능

6. 국내 연구동향

1980년대부터 코스트모델 연구가 본격적으로 시작되어 회귀분석방법, 신경망방법, 사례기반추론기법 등에 관한 연구[9]가 진행되어 왔다. 그간 국내에서 이루어진 공사비 산정모델 관련 주요 연구동향을 요약하면 다음 표와 같다. 표에 언급되지 않은 연구들에 후속연구 중 방법론 측면에서 아래 표에 제시된 특징을 벗어나지 않으므로 아래 표의 선행연구들이 기존 연구의 패턴을 대부분 설명하고 있다고 할 수 있다.

[표 2-9] 국내 코스트모델 관련 연구동향

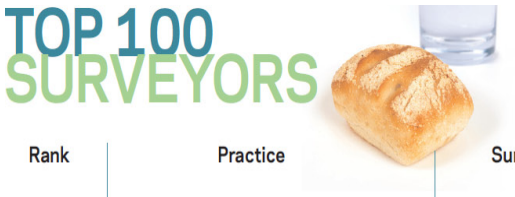
저자	년도	적용대상	특징
김기동 외 2인	1990	공동주택 공사비	초기단계 공사비 산출을 위한 코스트 모델
김기동	1991	공동주택 공사비	회귀분석기법과 표준공종지수를 이용한 초기단계 공사비 산출을 위한 코스트 모델
김선국	1992	공동주택 공사비	통계적 방법과 원가계산방법을 복합적으로 이용한 코스트 모델링 방법론 제안
김선국, 김문환	1993	공동주택 공사비	코스트 모델링 방법론을 제안
최인성 외 3인	1999	SRC조 고층 오피스 빌딩	회귀분석기법에 의한 산정과 단위면적당 공사비의 비교
김선군, 구인완	2000	상업용 건물의 코스트 모델	회귀모델과 신경망 모델의 비교
박우열 외 2인	2002	공동주택 초기 공사비	회귀분석에 의한 예측과 신경망 모델에 의한 예측의 비교
김광희, 강경인	2003	공동주택 초기 공사비	신경망의 학습에 유전자 알고리즘 적용
김광희, 강경인	2004	공동주택 초기 공사비	신경망 구조의 최적화에 유전자 알고리즘을 적용한 모델과 회귀분석 모델의 비교
김광희, 강경인	2004	공동주택 초기 공사비	사례기반추론을 적용하여 공동주택의 초기 공사비 예측

9) 김광희 (2004), 국내 공동주택 기획단계 코스트 예측 시스템에 관한 연구, 고려대학교 박사학위 논문

제 2 절 국외 기술개발현황

1. 공사비 예측 관련 산업계 동향

국외의 경우 공사비 예측은 quantity surveyor에 의해 주로 이루어지고 있다. 2010년도 top 100 surveyors 자료를 살펴보면 EC Harris가 1위를 고수하고 있으며, 수년간 상위권에 랭크되었던 Davis Langdon, King Surge, Atkins, Turner & Townsend 등이 여전히 강세를 보이고 있다. top 5는 Surveying staff을 1,000명 이상 보유하고 글로벌 직원이 10,000명 이상 보유한 거대기업이며, Surveying staff를 500명 이상 보유한 기업도 10개 이상인 것으로 알려져 있다. Top 100 surveyors 자료는 다음과 같다.



Rank		Practice	Surveying staff				Total UK chartered staff		Total UK staff		Offices	
2009	2010		Total	Quantity	Building	Other	2009	2010	2009	2010	UK	Worldwide
1	1	EC Harris	1,070	832	226	12	1,638	1,682	2,295	2,193	15	44
4	2	King Sturge	728	0	98	630	725	786	1,252	1,348	22	65
-	3	GVA Grimley	694	9	85	600	660	733	1,170	1,254	12	12
2	4	Davis Langdon	634	553	30	51	966	910	1,505	1,329	19	112
3	5	Atkins	603	486	105	12	4,013	3,625	11,950	10,620	126	238
6	6	Turner & Townsend	513	452	51	10	1,139	1,127	1432	1,419	13	52
5	7	Faithful + Gould (part of Atkins)	474	369	69	36	772	661	1180	959	23	49
10	8	Capita Symonds	431	146	96	189	1,662	1,826	4,029	4,611	64	69
7	9	Drivers Jonas Deloitte	416	1	90	325	450	416	697	630	8	10
11	10	Gleeds	301	220	24	57	427	392	851	623	17	45
8	11	Mott MacDonald	270	250	10	10	2,800	2,555	6,100	5,950	34	137
14	12	Cyril Sweett	225	214	11	0	341	318	592	545	18	44
13	13	Franklin & Andrews	221	203	3	15	469	388	732	657	16	21
15	14	Systech International	212	212	0	0	223	216	328	297	7	22
18	15	NPS Property Consultants	174	40	83	51	314	344	1,253	1,239	28	28
17	16	UKBS	161	22	124	15	238	257	537	549	34	34
23	17	Mace	159	159	0	0	821	939	2,054	2,178	11	25
-	18	Cluttons	126	3	27	96	143	131	403	364	20	71
21	19	WT Partnership	120	109	11	0	145	141	209	199	13	46
20	20	Currie & Brown Group	117	96	6	15	196	169	315	302	10	34

<그림 2-3> 해외 공사비 예측관련 기업순위 및 현황

한편, U.S department of labor 자료에 의하면 약 62%의 cost estimator들이 건설산업에 종사하고 있으며 나머지 15%는 제조업에 종사하고 있는 것으로 나타났다. 또한 이들의 고용을 위해서는 전문 자격증이 요구되기도 한다. 미국 내에서 건설업과 제조업에서는 관련분야에 학위를 가지고 있으며 관련 산업에 경험이 있는 사람들에게 권장되는 직업이다.

미래에 발생할 프로젝트의 범위, 비용, 기간을 정확하게 예측하는 일은 어떤 산업영역에서나 생존을 위한 필수적인 요소로 인식되고 있다. 그 중에서도 cost estimator는 사업의 오너나 관리자들이 계약을 위한 입찰을 하거나 제안된 새로운 프로젝트의 수익성을 결정하는데 있어서 중요한 가격정보를 도출해낸다. 특히 건설 프로젝트에서는 입찰을 결정하는 것과 동시에 견적이 시작된다. 다양한 설계도와 기준을 반영해서 estimator는 제안된 프로젝트의 현장을 직접 방문해서 현장과 관련 전기, 물, 기타 다른 서비스의 사용가능성에 대해서 정보를 수집하고 표면지형도나 배수에 관해서도 조사를 하여 cost estimator가 제출하는 최종 프로젝트 견적보고서에 이러한 정보들이 포함된다.

현장방문을 통한 정보조사 후 cost estimator는 자재와 인력이 얼마나 필요한지에 대한 결정을 하고 견적서에 요구되는 자재와 다른 정보들을 채워 넣음으로써 견적서를 완성하게 된다. 예를 들어 시공사에서 일하는 cost estimator의 경우 시공사가 공급해야하는 모든 자재에 대한 비용을 예측하게 된다. 이러한 비용예측은 협력업체가 입찰과정에서 산출한 비용이 적정한지를 판단하기 위한 기준이 되기도 한다. 견적 과정에서 cost estimator는 필요한 장비수요, 운영순서, 요구되는 인력 수, 현장의 제약조건들을 고려하여 견적을 수행하게 되며 폐기물에 대한 허가수준, 날씨의 변화, 운송 지연 등의 요소들은 비용을 증가시키는 원인으로 작용하므로 이 또한 견적 과정에 포함되고 있다.

시공사 이외에 cost estimator는 설계사나 발주자에게 고용되어 비용을 예측하고 입찰과 관련된 실제 비용을 추적하는 역할을 한다. 이들은 주로 대형건설사에서 각자의 전문영역을 구축하고 있는데 각종 정보의 처리를 맡아서 컴퓨터 작업만하는 사람이 있는가 하면, 굴착이나 콘크리트작업, 거푸집 작업만 전문적으로 다루는 estimator도 있다.

미국 건설 산업에서는 고용주들이 건설경영이나, 건설시공, 건물 시공과 관련된 학위를 가진 사람들을 점차 선호하고 있는 추세이며 대부분의 estimator들은 건설 자재, 비용, 공정에 대한 철저한 이해를 통해 전자기기, 배관, 조적 등의 분야에서 상당한 경험을 축적한 사람들이 대부분이다.

현재 미국에서는 많은 대학들이 cost estimating을 토목공학 및 산업공학과에서 학부과정에 포함시키고 있으며 cost estimating은 시공학이나 건설경영학에서는 석사학위과정에 포함되어 있다. 미국의 cost estimator를 대표하는 조직은 Association for Advancement of Cost Engineering(AACE International)과 Society of Cost Estimating and Analysis(SCEA)가 있으며 학생, 초급 estimator, 전문 estimaor를 위한 다양한 교육 프로그램을 운영하고 있다. 미국의 cost estimator의 교용현황 및 전망은 다음과 같다.

[표 2-10] Cost Estimator 고용현황 및 전망

Occupational title	Employment 2006	Projected employment 2016	Change, 2006-16	
			Number	Percent
Cost estimators	221,000	262,000	41,000	16

U.S Department of Labor, Bureau of Labor Statistics

2. 공사비 예측의 정확성

견적의 오차범위는 정밀도(accuracy)로 표현될 수 있는데, 프로젝트가 진행될수록 정밀도는 높아지고 오차는 줄어들게 된다. 이는 공사비에 영향을 미치는 정보(주로 설계정보)의 양이 설계가 진행됨에 따라 늘어나게 되고 공사비 견적의 불확정 요소들이 점차 확정되어 가기 때문이다[10].

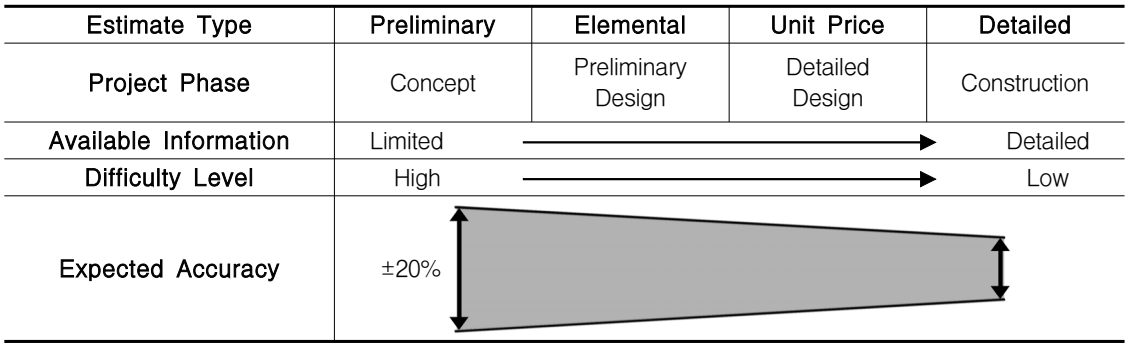
프로젝트의 초기단계에서는 오차범위가 크고 정밀도가 낮기 때문에 이 시점에서 이루어진 견적에 의해 공사비 의사결정을 하게 되면 공사비 초과리스크는 클 수밖에 없다. 따라서 의사결정 시점이 실시설계 이후에서 기본설계단계로 옮겨지는 사업방식에서는 이 시점의 개략견적의 중요성이 더 크다.

그러나 현실적으로 각 단계에서의 여러 가지 어려움들로 인해, 공사비 예측 시 많은 실수와 오류가 발생한다. 개략견적 단계에서는 프로젝트 정보가 부족하고 프로젝트 초기단계에서의 높은 불확실성으로 인해 가장 정확도가 떨어진다[11]. 또한 프로젝트의 특

10) 손보식, 2005, “영향변수에 따른 수량변화 분석 기반의 건축공사비 개략견적 모델”, 서울대학교박사학위논문

11) Ayed, A. S., 1997, Parametric Cost Estimating of Highway Projects using Neural Networks, St. John's, Newfoundland

성 외에 정치적인 상황, 현장조건, 환경 및 기술 수준은 공사비 예측의 정확도를 떨어지게 하는 주요 요인으로 작용할 수 있다. 프로젝트의 진행에 따른 예측정확도를 도식화하면 다음과 같다.



<그림 2-4> 프로젝트의 진행에 따른 예측정확도

한편, 미국의 AACE에서 적용되고 있는 견적의 유형과 CII에서 적용하고 있는 견적의 유형을 살펴본 결과, 일반적으로 설계단계에서의 정확도는 대략 -10%~15% 정도가 요구되는 것을 볼 수 있었다[12]. AACE의 견적유형 및 정확도를 요약하면 다음과 같다.

[표 2-11] AACE의 견적유형 및 정확도

Estimate Class	Level of Product Definition (%)	End Usage (Typical Purpose of Estimate)	Expected Accuracy Range (%)
Class 5	0 to 2	Concept Screening	-50 to +100
Class 4	1 to 5	Study or Feasibility	-30 to +50
Class 3	10 to 40	Budget, Authorization, or Control	-20 to +30
Class 2	30 to 70	Control or Bid/Tender	-15 to +20
Class 1	50 to 100	Check Estimate or Bid/Tender	-10 to +15

3. 건설비용예측 소프트웨어 동향

해외의 경우 건설비용예측 프로그램이 다양하게 개발되어 있으며 이들 프로그램은 각 목적별로 세분화되어 사용되고 있다. 목공, 개념견적, 전자, 일반건설, 중공업, 보험,

12) Construction Industry Institute, 1998, Improving Early Estimates: Best Practices Guide, The University of Texas at Austin, Texas

공조, 배관, 하수관거, 수리 및 리모델링, 주거건설 등 분야에 맞는 프로그램들이 다양하게 개발되어 있다. 용도에 적합한 세분화된 프로그램은 각 분야의 특성을 반영하여 공사비예측의 정확도를 보장해줄 수 있다는 점에서 활용가치가 있다. 건설 비용예측 프로그램 리스트는 다음과 같다.

[표 2-12] Cost Estimating 프로그램

유형	프로그램
Carpentry Estimating	Craftsman Residential Steeel Framing
	Renaissance Software Master Carpenter
Conceptual Estimating	Craftsman Building Cost Calculator
	Design Cost Data D4 Cost 2000
Concrete Estimating	Craftsman National Concrete & Masonry Estimator
	Rock Street Concrete Takeoff
Electrical Estimating	Accubid BidWinner Electrical
	Craftsman National Electrical Estimator
	East Bid Commercial Estimator
	Estimating Solutions Australia
	McCormick CadEstimating
General Construction	Bid4Build Construction Estimating
	CPR GeneralCOST Estimator
	Craftsman National Construction Estimator
	DCMS Consulting IntelliQuote
	Estimating Systems Inc. Oulsar
	EAH Estimating Systems Builder's Calculator(Australia)
	EAH Estimating Systems EstiMaster(Australia)
	Est다 Fast Estimate Easy
	LiteningQuick Estimating
	Nomitech CostOS
	Priosoft Estimating and Construction Management
	Simplified Office Estimating
	Taskmaster Estimating and Scheduling
	WinEstimator, Inc. WinEstimator
mHeavy Construction	Building Ststems Design CostLink
	Craftsman CD Estimator Heavy
	Craftsmand Earthwork & Heavy Equipment Estimator
	RocT다 WinEx Pro Excavation Takeoff
	SiteWorx Cut and Fill Calculator
Insurance Claims Estimating	CPR RepairCost Estimator
	Craftsman National Renovation & Insurance Repair Estimator
Job Costing	CPR JobCost Controller
	Craftsman Job Cost Wizard
Plumbing, Piping, HVAC	Accubid BidWinner Mechanical
	Craftsman National Plumbing & HVAC Estimator
Repair and Modeling	Clear Estimates
	CPR RemodelCOST Estimator

4. 국외 연구동향

국외에서는 실무적 차원에서의 공사비 산정모델 이외에도 공사비 예측의 정확도를 향상시키기 위하여 많은 노력이 수행되어왔다.

Chou(2005)외는 도로공사의 공사비 산정업무의 정확성 향상을 위하여 확률적 시뮬레이션 기법을 사용한 모델을 제시하였다. 이 연구에서 Texas DOT에서 시행된 기존 공사비 데이터를 수집함으로써 공사의 대표 공종을 정의하고 각 공정에 대하여 Box plot을 활용하여 통계적 분석을 실행하였다. 그리고 몬테카를로 시뮬레이션을 활용하여 공사비를 예측할 수 있는 모델을 제시하였다.

Doğan(2006)외는 공사비 예측 모델 구축을 위한 연구에서 사례기반추론을 활용한 예측방법을 제시하였다. 그리고 공사비에 주요한 영향을 미치는 8개의 공사비 영향인자를 지표(Index)로 하는 사례기반추론 모델을 구축하여 공사비를 예측하고자 하였다. 이때 공사비 예측의 정확도를 향상시키고자 유전자 알고리즘을 활용한 지표의 가중치 설정 방법을 제시하고 기존의 경사하강법에 의한 방법과 비교하였다.

Shaheen(2007)외는 공사비의 분포를 분석하는 연구에서 퍼지이론을 활용한 공사비 범위 산정방안을 제시하였다. 이 연구에서 기존에 많이 사용되고 있는 몬테 카를로 시뮬레이션을 활용한 공사비 범위 결점의 약점을 지적하고 이러한 한계를 극복하기 전문가 자문과 단계별 정보를 활용하여 퍼지 수(fuzzy numbers)를 결정하고 공사비를 산출할 수 있는 모델을 제시하였다.

Wilmot(2005)는 기존의 통계적인 방법에 의한 공사비 예측의 한계를 극복하고자 인공산경망(artificial neural network)을 활용한 공사비 예측 모델을 제시하였다. 이를 위하여 고속도로 공사비 지수, 자재비, 인건비, 장비비, 계약의 성격 등의 공사비에 영향을 미치는 다양한 공사비 영향인자를 규명하고 기존 공사비 자료로 인공신경망을 훈련시킴으로써 공사비를 예측할 수 있는 모델을 제시하였다.

한편 Liu(2007)외는 기존 공사비 예측 연구가 단계별로 획득 가능한 데이터를 무시한 테 단순히 공사비를 예측하는 것을 지적하고 사업 단계별 획득 가능한 정보를 바탕으로 공사비를 예측하고자 하였다. 이를 위하여 건설생산을 개념설계, 실시설계, 입찰, 착공전의 4단계로 구분하고 각 단계에서 획득 공사비 영향인자를 제시하였다. 그리고 상관관계 분석을 통하여 각 단계의 주요 영향인자를 압축하였다.

제 3 절 연구결과가 차지하는 위치

1. 기술동향 분석

국내·외 기술동향 분석결과를 종합해 보면, 상세공사비 예측분야의 인프라가 상대적으로 양호한 편이나 선진국 대비 동등하거나 다소 부족한 것으로 판단된다.

[표 2-13] 국내 기술인프라 수준

기술분야	구분	선진국 대비 기술수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
사업비관리	전문인력 수준		○			
	표준화 기반	○				
	정보화 기반		○			
상세공사비 예측	전문인력 수준			○		
	표준화 기반		○			
	정보화 기반			○		
개략공사비 예측	전문인력 수준		○			
	표준화 기반	○				
	정보화 기반		○			

2. 연구결과의 전망

본 연구개발 결과가 보급될 경우 선진국 대비 기술수준은 대략 90~95% 수준으로 제고될 수 있을 것으로 판단된다.

[표 2-14] 국내 기술수준

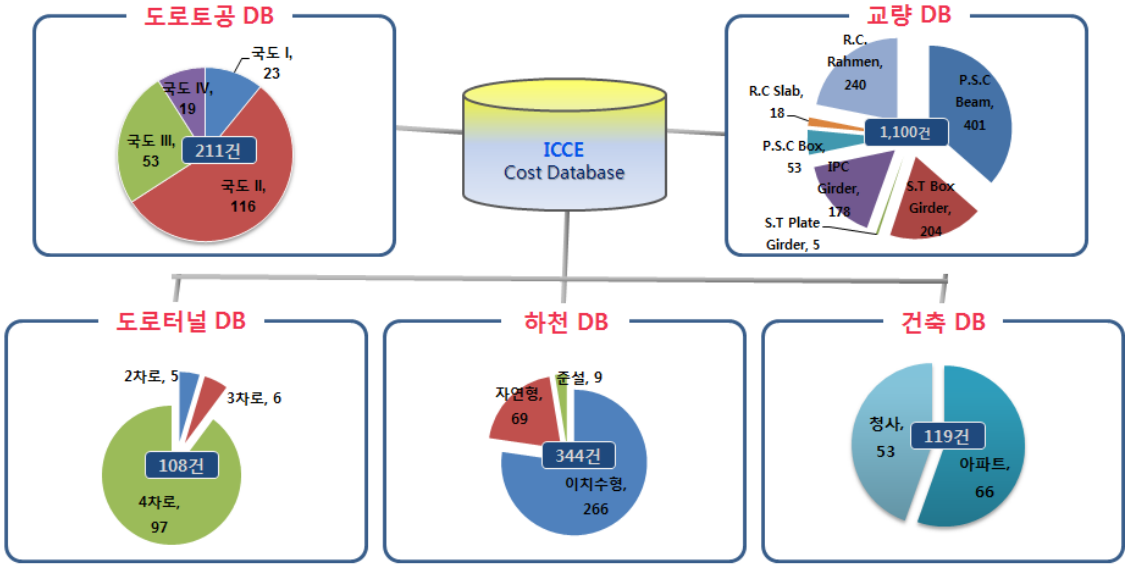
세부산업 또는 기술내용	현재 기술수준			과제 완료시 국내 기술수준		
	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고	기술 수준 (%)	기술 격차 (년)	비고
사업비 관리	70	5	도입단계	90	2	성숙단계
상세공사비 예측	90	2	경쟁단계	95	1	경쟁단계
개략공사비 예측	70	5	도입단계	90	2	성숙단계

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 과거 공사비 정보 조사·분석

본 연구의 목적을 다시 요약해 보면, “국도(교량 및 터널 포함), 하천, 공공청사, 공동주택을 대상으로 설계가 완료되기 이전단계의 개략공사비 예측시스템을 개발하고, 이를 주요 컨텐츠로 하는 인터넷 포털을 구축하여 건설공사비에 관한 다양한 정보를 공유할 수 있는 기반을 제공하는 것” 이라 할 수 있다. 이를 달성하기 위하여 과거 공사비 정보에 대한 조사가 선행되었다. 과거 공사비 정보는 크게 설계가격과 계약금액의 두가지 형태로 존재하는데, 본 연구의 조사대상은 설계가격이다. 본 연구에서 추구하는 초기단계 개략공사비 산정의 정확도 향상에서 예측값의 정확도를 따지는 비교대상은 설계가격이지 계약금액이 아니기 때문이다. 즉, 설계가 완성되고 난 이후 산출하는 설계가격과 그 이전단계의 개략공사비 예측결과간의 차이를 줄여서 예산계획 및 집행의 효율을 제고하고자 하는 것이 목적이므로 설계가격을 조사한 것이다. 또한 계약금액에는 시장의 수급상황이나 경쟁도, 입·낙찰 시스템 등 국내 공공 건설이 직면하고 있는 기술외적인 변수의 개입이 크다는 이유도 작용했다.

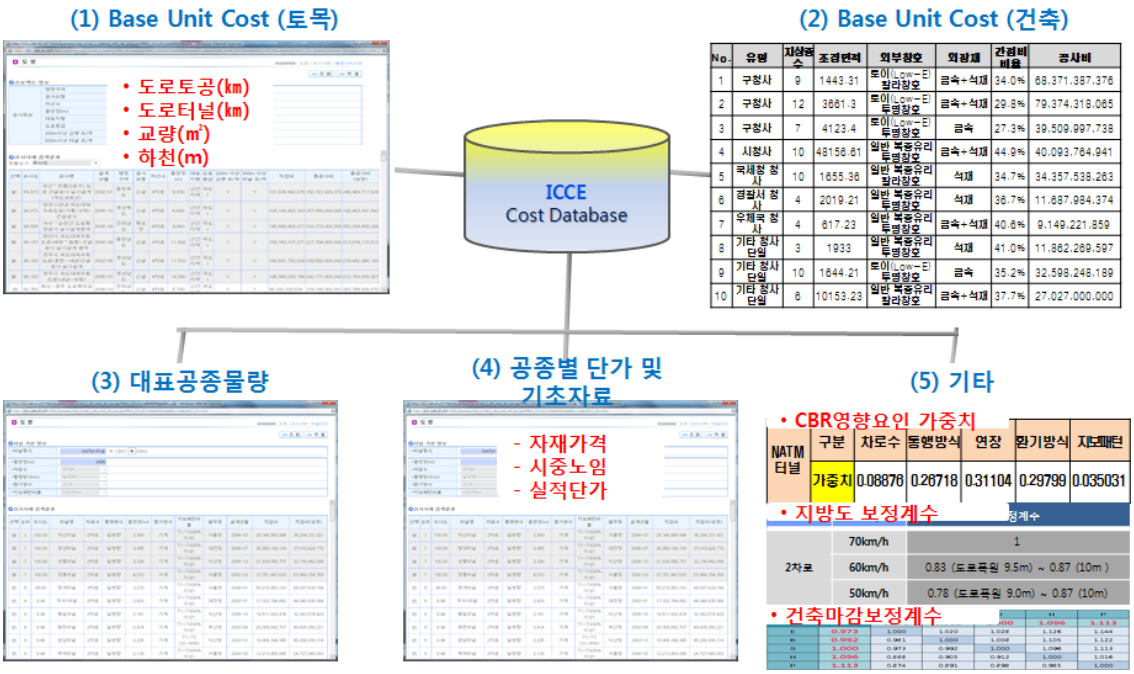
본 연구를 위하여 조사한 시설물별 설계가격 공사비 정보 조사 건수를 다음 그림에 요약하였다.



<그림 3-1> 시설물별 과거 공사비 정보 조사 건수

그림에서 보는 바와 같이 200개 이상 국도노선 및 노선에 포함된 구조물(교량, 터널)의 설계가격 정보, 300건 이상의 하천공사 설계가격 정보, 100건 이상의 건축공사(공공청사 및 공동주택) 설계가격 정보가 조사되었다.

분석대상은 시설제원 등 사업 속성정보, 내역서 상 공종별 물량, 단가, 금액 등 정보, 이를 토대로 가공된 개략공사비 등으로, 본 연구를 통해 구축한 Data Base의 컨텐츠를 도시하면 다음 그림과 같다.



<그림 3-2> Data Base 컨텐츠

그림의 DB 컨텐츠 중 공사 속성(도로 연장, 건축물 면적 등) 정보는 단위당 공사비(Base Unit Cost; km당 단가, ㎡당 단가 등) 정보와 함께 사례기반추론에 의한 개략공사비 예측의 기초자료로 활용된다. 또한 공사 속성 정보는 대표공종의 물량 예측에도 활용되며, 기타 사례기반추론을 위한 변수 및 가중치, 조건별 보정계수 등은 과거 설계가격 정보를 분석하여 제시된 것이다.

다만, 대표공종의 물량에 적용되는 공종별 단가 및 그 기초자료(국가계약법시행령 제9조에 의거한 실적공사비, 자재단가, 노임단가, 품셈정보 등)는 과거 설계가격에 적용된 정보가 아니라 최신의 자료를 기초로 하고 있다. 즉, 본 연구에서 제시하고 있는 개략공사비 예측 모델 중 사례기반추론 모델은 전적으로 과거 설계가격 정보를 기초로 하

고 있는 반면, 대표물량 모델은 과거 설계가격 정보로부터 대표공종의 물량을 예측하고 대표공종의 물량에 적용되는 단가는 현재시점의 최근 정보를 활용할 수 있도록 하고 있다. 따라서 사례기반추론 모델에서는 과거 설계가격을 건설공사비지수의 등락율에 따라 시점에 따른 차이를 보정하는 과정을 거치게 되지만, 대표물량 모델은 단가 자체가 최근의 정보에 기초하므로 시점에 따른 보정은 필요치 않게 된다.

제2절 개략공사비 예측 모델 개발

1. 개략공사비 예측 시스템의 이론적 토대

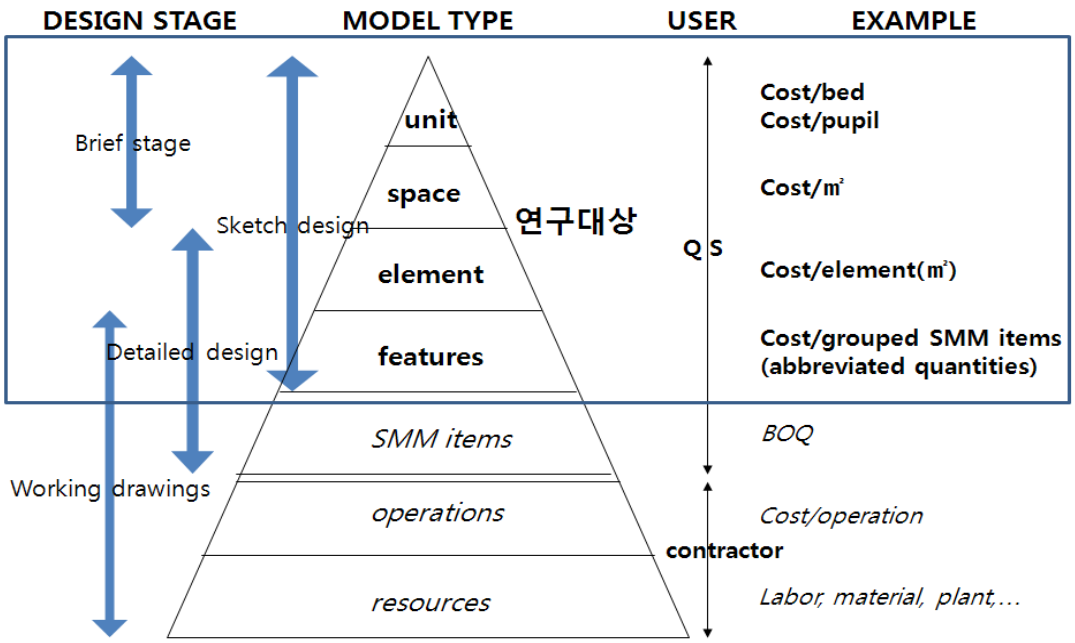
본 연구개발을 통해 제시한 개략공사비 예측 시스템은 국도(교량, 터털 포함), 하천, 청사, 공동주택 등 시설물별 특성을 반영할 수 있도록 개발되었으며, 사례기반추론(Case Based Reasoning; 이하 'CBR')과 파레토 법칙(Paleto′s raw) 등을 이론적 토대로 삼고 있다. 이하에 개략공사비 예측시스템의 이론적 배경을 소개하였다.

가. 건설공사 단계별 가용 정보수준에 따른 모델 차별화

건설공사는 기획, 설계, 시공 등 단계를 거치면서 장기간에 걸쳐 계획·집행되며, 단계별로 공사비 예측에 활용할 수 있는 정보의 수준에 차이가 있다. 단계별 공사비 예측에 활용되는 보편적인 모델과 주 사용자, 공사비 예측모델에서 활용하는 공사비 정보의 유형을 아래 그림에 제시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 본 연구의 대상은 내역서를 구성하는 공종별 상세물량과 단가에 기초하는 상세 공사비 예측 모델을 활용하기 어려운 초기단계의 모델들이다.

그림에서 대표단위(unit), 공간(space), 부위(element) 등에 기초한 개략공사비 예측모델들은 모두 시설제원과 공사특성 기반 모델이라 할 수 있으며 형식적으로도 유사한 측면이 있다. 따라서 초기단계의 개략공사비 예측모델은 크게 시설제원이나 공사특성 기반 모델과 대표공종의 개략물량(approximate quantities) 기반 모델로 구분할 수 있다. 다만, 시설별로 대표단위(국도는 ㎞, 건축은 ㎡ 등), 대표공종의 구성내역 등은 시설의 특성을 고려하여 차별화하였다.



*SMM(Standard Method of Measurement) : 영국 내역서 작성기준

<그림 3-3> 건설공사 단계별 공사비 예측 모델

나. 사례기반추론

축적된 과거 사례를 신규 사례의 문제해결과 검증에 활용하는 CBR 개념은 본 연구에서 제안하고 있는 개략공사비 예측모델 전체를 관통하는 근간이다.



<그림 3-4> 사례기반 추론 개념 예시(교량 및 터널 등 도로 구조물)

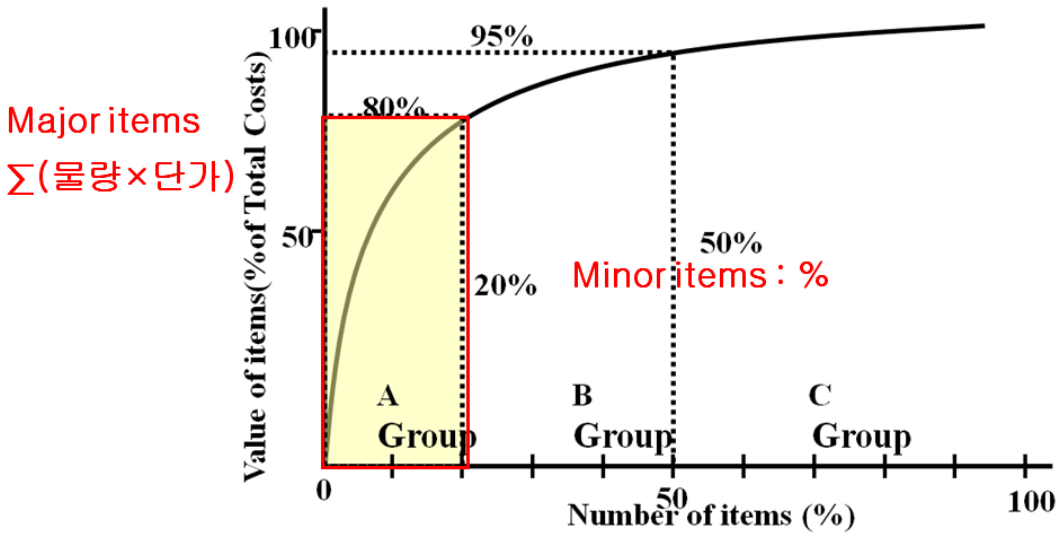
개략공사비 예측모델이 채택하고 있는 사례기반추론 과정은 특성변수별 가중치를 부여하고 과거 사례의 유사도 점수를 산정하고 유사도가 높은 사례의 공사비 정보를 참고하는 절차를 따른다. 위 그림은 사례기반추론 개념을 활용한 국도의 개략공사비 예측 절차를 예시하고 있으며, 시설물의 종류에 따라 고려되는 변수와 절차상 차이는 있다. 한편, 과거 사례의 유사도 점수 산정에 있어서 가중치 결정이 중요한 이슈가 되는데 본 연구에서는 유전자알고리즘(Genetic Algorithm; GA) 방법론을 적용하여 가중치를 제시하였다.

다. 파레토의 법칙

이탈리아의 경제학자 파레토의 이름을 딴 “파레토의 법칙”을 요약하면 “소수의 20%가 나머지 80%를 지배한다”라 할 수 있겠다.

물론 비율은 분야에 따라 20:80일 수도 있고 10:90일 수도 있겠지만 소수가 다수를 지배한다는 이론은 건설공사비를 분석해 보아도 유효함을 알 수 있다. 몇몇 대표공종의 비용이 공사비의 대부분을 차지한다는 의미이다.

이와 같은 관점에서 대표공종 개략물량 기반의 개략공사비 예측모델은 파레토의 법칙 개념을 공사비 예측에 적용한 산물이라 할 수 있는데, 비중이 큰 공종은 물량과 공사비 예측시점의 최신 단가를 활용하여 상대적으로 정밀하게 공사비를 예측하고 비중이 낮은 항목은 하나로 묶어서 비율로 약산하는 개념이다.



<그림 3-5> 대표공종 물량기반 모델의 원리(파레토의 법칙)

또한 대표공종의 공종별 단가 산출시에도 파레토의 법칙을 응용하였다. 단가를 구성하는 여러 세부 항목 중 비중이 낮은 항목의 소요비용은 비율로 계상하는 방법을 채택하고 있는 것이다. 아래 그림에서 개략공사비 예측 시스템에서 채택하고 있는 단가산출의 예를 보여주고 있는데, “철근가공・조립” 공종의 단가 구성을 살펴보면 단가를 구성하는 대부분의 비용은 가공・조립 인력의 인건비임을 알 수 있다. 결속선의 재료비는 전체에서 1% 미만임에도 불구하고 단가를 조사하여 적용하는 것은 개략공사비 예측의 기본취지에 부합되지 않으므로 개략공사비 예측 시스템에서 결속선 비용은 가공・조립 인건비 대비 비율로 계상하는 방법을 채택하고 있다.

철근가공 및 조립 (간단) 예시

산출근거	재	노	경	합계	원가DB관리 대상
1. 결속선					
5 kg × 572 원 =	2,860			2,860	결속선 수량, 단가
2. 철근공					
2.76 인 × 100,835 원 =		278,304.6		278,304.6	철근공량, 철근공 단가
3. 보통인부					
1.04 인 × 60,547 원 =		62,968.9		62,968.9	인부공량, 인부단가
4. 기계기구손료					
341,273.5 원 × 2 % =			6,825	6,825	-
합계				350,959	

산출근거	재	노	경	합계	원가DB관리 대상
1. 결속선					
341,273.5 원 × 0.84 % =	2,867			2,867	-
2. 철근공					
2.76 인 × 100,835 원 =		278,304.6		278,304.6	철근공량, 철근공 단가
3. 보통인부					
1.04 인 × 60,547 원 =		62,968.9		62,968.9	인부공량, 인부단가
4. 기계기구손료					
341,273.5 원 × 2 % =			6,825	6,825	-
합계				350,966	

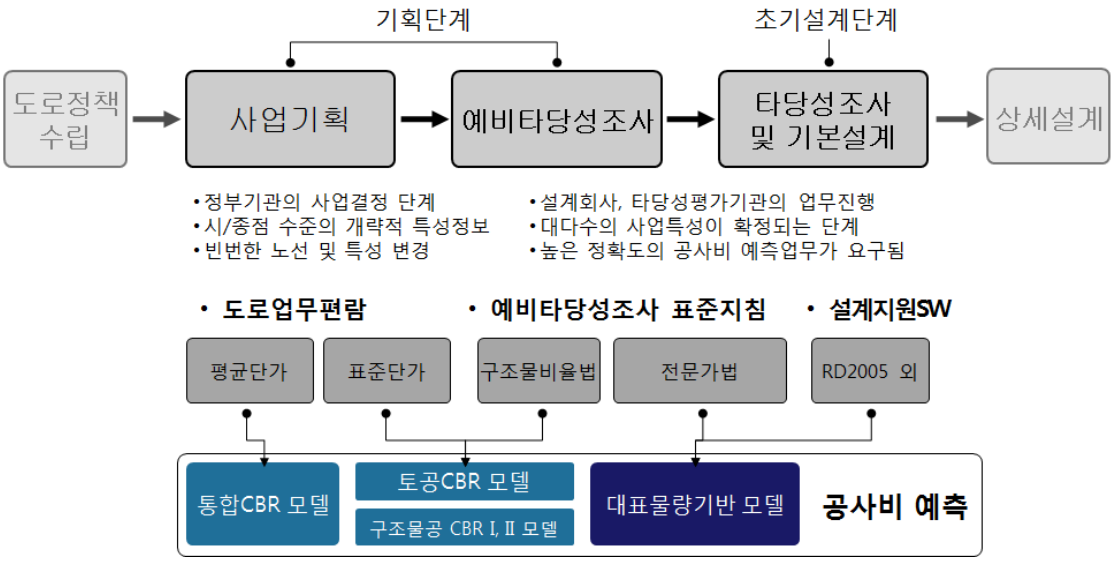
<그림 3-6> 산출근거에 파레토의 법칙 응용 개념

2. 시설물별 개략공사비 예측 모델

가. 국도 토공구간 개략공사비 예측 모델

(1) 국도 건설공사 개략공사비 예측 모델 faramwork

본 연구에서는 국도사업의 기획에서 부터 노선대안을 검토하는 초기 설계단계까지 활용할 수 있는 개략공사비 예측 모델을 제시하고 있으며, 이는 시설공사비 예산을 체계적으로 책정하고 설계 대안의 경제성 평가를 통해 설계가 예산 범위 내에서 이루어질 수 있도록 관리하는 공사비 관리 업무를 선진화하기 위한 것이다.



<그림 3-7> 국도 개략공사비 예측 모델 framework

기존 도로업무편람(국토해양부)이나 예비타당성조사지침(KDI) 등에서 제시된 개략공사비 예측 모델에 비해 국도사업의 속성을 보다 면밀하게 고려한 과학적인 모델을 제공하므로써 공사비 예측의 정확도 향상을 기대할 수 있고, 엔지니어링회사 등 공사비 예측 수행주체의 주관적 판단이 개입되던 부분(부대공 비율 등)에 대한 명확한 기준을 제공하므로써 객관성과 일관성 확보에 기여할 수 있을 것이다.

(2) CBR 기반 국도 개략공사비 및 토공구간 개략공사비 예측 모델

기획단계용 CBR 모델은 노선전체를 대상으로 하는 통합 CBR모델과 노선을 구성하는 구간 중 토공구간 공사비를 예측하기 위한 CBR 모델로 구분된다. 통합 모델의 CBR 변수는 행정구역, 공사유형, 차로수, 총연장, 지형,도로등급, 대형하천존재(200m 이상 교량 포함 여부), 대형산맥존재(500m 이상 터널 포함 여부) 등 8개이며, 토공구간의 CBR 변수는 행정구역, 공사유형, 차로수, 토공구간 연장, 대표지형, 도로등급 등 6개로 설정되어 있다. 두 CBR 모델에 의해 과거 사례의 유사도 점수 산정시 적용하는 변수별 가중치는 유전자알고리즘 방법론에 따라 다음 표와 같이 결정하였다.

[표 3-1] 모델별 입력변수 가중치

토공 및 구조물공 통합 모델		토공 공사비산정 모델	
입력변수	가중치	입력변수	가중치
행정구역	0.0266	행정구역	0.1199
공사유형	0.1330	공사유형	0.2540
차로수	0.1808	차로수	0.2320
총 연장	0.1145	토공구간 연장	0.1226
지형	0.1174	지형	0.1202
도로등급	0.1716	도로등급	0.1514
대형하천존재	0.1508		
대형산맥존재	0.1055		

CBR 모델 구축을 위한 변수 설정은 도로전문가 심층면접 및 직접공사비와 각 후보변수들을 각각 독립변수와 종속변수로 하는 회귀분석 등의 방법으로 설정하였다. 변수별 유사도 점수 판정 기준은 다음과 같다.

[표 3-2] 유사도 점수부여 예시

	행정구역		공사유형		차로수		총 연장	
신규 사업	충북		확포장		4차선 왕복		9180m	
사례1	충남	0점	확포장	100점	4차선	100점	12010	60점
사례2	경기	0점	신설	0점	2차선	0점	8500	100점
사례3	충북	100점	신설	0점	6차선	0점	4530	0점

CBR 모데에서 유사도 점수 산정은 각 사례별로 판정한 변수별 유사도 점수에 각 특성변수별 가중치를 곱하여 유사도 지수를 산정하며 이는 아래 식으로 계산된다.

$$SS_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \times SSC_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \times 100$$

여기서, SS_n = n번째 기존사례의 유사도 지수

SSC_i = i번째 특성변수의 유사도 점수

W_i = I번째 특성변수의 가중치

이후 유사도 지수가 가장 높은 5개 기존사례를 선택한 후 다음에 따라 유사도 지수에 따른 가중평균을 하여 총연장에 따른 공사비를 예측한다.

$$SS_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \times SSC_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \times 100$$

여기서, PC_n = n번째 예측사례의 공사비 예측값

C_n = n번째 검색된 사례의 공사비

위의 과정에서 파악된 유사한 규모의 사업들을 대상으로 단위길이당 공사비 개념을 적용하여, 도로 총 연장의 차이에 따른 공사비 차이를 보정한다.

$$PUC_n = PC_n \times \frac{TL}{TL_n}$$

여기서, PUC_n = n번째 예측사례의 단위길이보정 공사비 예측값

TL = 신규 사업의 총 연장

TL_n = n번째 예측사례의 총 연장

또한 과거 사례의 공사비를 건설공사비지수의 등락율에 따라 현재 시점의 공사비로 환산하여 적용한다.

$$PUTC_n = PUC_n \times \frac{CCI_{현재시점}}{CCI_n}$$

여기서, $PUTC_n$ = n번째 예측사례의 시간보정 공사비 예측값

$CCI_{현재시점}$ = 한국건설기술연구원에서 제시하는 현재시점의 건설공사비지수

CCI_n = n번째 예측사례의 기준 건설공사비지수

[표 3-3] 건설공사비 지수 예시

기준 시점	건설공사비지수	기준 시점	건설공사비지수
2009년 1월	133.4	2010년 1월	132.8
2009년 2월	133.1	2010년 2월	132.7
2009년 3월	132.6	2010년 3월	134.6
2009년 4월	132.3	2010년 4월	137.5
2009년 5월	130.5	2010년 5월	140.3
2009년 6월	130.5	2010년 6월	140.3
2009년 7월	130.8	2010년 7월	140.3
2009년 8월	131.3	2010년 8월	140.3
2009년 9월	131.3	2010년 9월	141.7
2009년 10월	131.2	2010년 10월	141.6
2009년 11월	131.5	2010년 11월	141.7
2009년 12월	131.2	2010년 12월	142.8

마지막으로 유사도 지수가 높은 5개 유사사례의 평균 공사비를 산정하여 최종 공사비를 예측한다.

$$COST = \frac{\sum_{n=1}^{5} PUTC_n}{5}$$

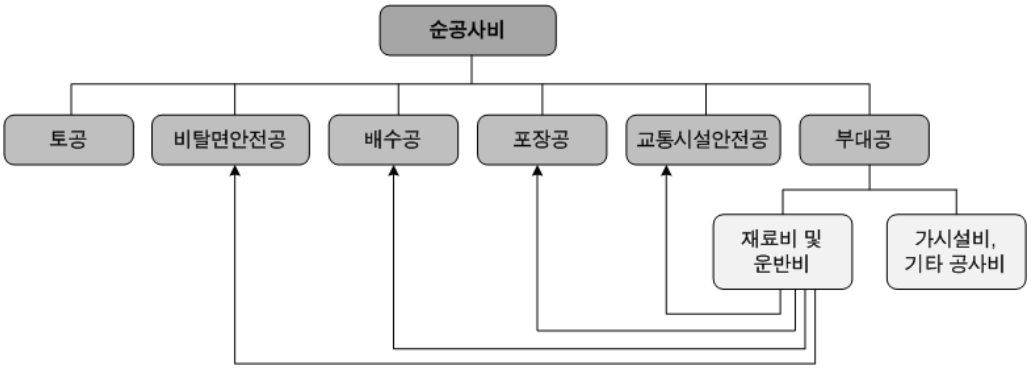
여기서, $COST$ = 최종 예측 개략공사비

(3) 대표물량 기반 국도 토공구간 개략공사비 예측 모델

국도에서 교량 및 터널구간을 제외한 토공구간의 공사비는 토공, 비탈면안전공, 배수공, 포장공, 교통안전시설공, 부대공 등으로 구성된다. 대표물량 모델은 공사비를 구성하는 요소 중 파레토법칙 개념에 의해 비중이 큰 주요 공종을 발췌하여 주요 공종은 물량추정 및 최신의 공종별 단가 적용을 통해 공사비를 추정하고 나머지는 비율로 약산한다는 개념을 토대로 한다.

그런데, 국도의 설계관행을 보면 각 공종별로 소요되는 자재비와 자재 운반비를 부대공에 관행적으로 일괄계상하고 있어 그대로 분석할 경우 공종별 소요 비용의 현실감이 저하될 수 있고 자칫 비용 배분의 일관성이 낮은 내역서들을 획일적인 잣대로 분석할 경우 공사비 예측 알고리즘의 정확성을 저하시킬 수 있는 원인이 될 수 있다.

이에 본 연구에서는 우선 국도 토공구간의 내역체계에서 자재비와 자재 운반비를 해당공종으로 일관성 있게 할당하는 과정을 먼저 거쳤다.



<그림 3-8> 부대공의 자재비 및 자재운반비 분개 방안

수집된 내역서 정보를 분석하여 대표공종을 도출하는 과정은 항목수 기준으로 10~20% 정도의 소수 항목이 공사비의 80~90%를 차지할 것이라는 파레토 법칙에 입각하여 공사비 구성비율을 분석하고 비중이 큰 항목을 발췌하는 과정이다. 토공구간의 대표공종(major items)으로 선정된 항목수와 공사비 비중(coverage)은 다음과 같다.

[표 3-4] 메이저 아이템의 평균 커버리지

	Major	Minor	공종수	비고
토 공	77.3%	22.7%	14개	
배수공	74.3%	25.7%	16개	
포장공	77.2%	22.8%	14개	아스팔트
			13개	콘크리트

아스팔트 포장공을 대상으로 대표공종 도출과정을 아래표에 예시하였다.

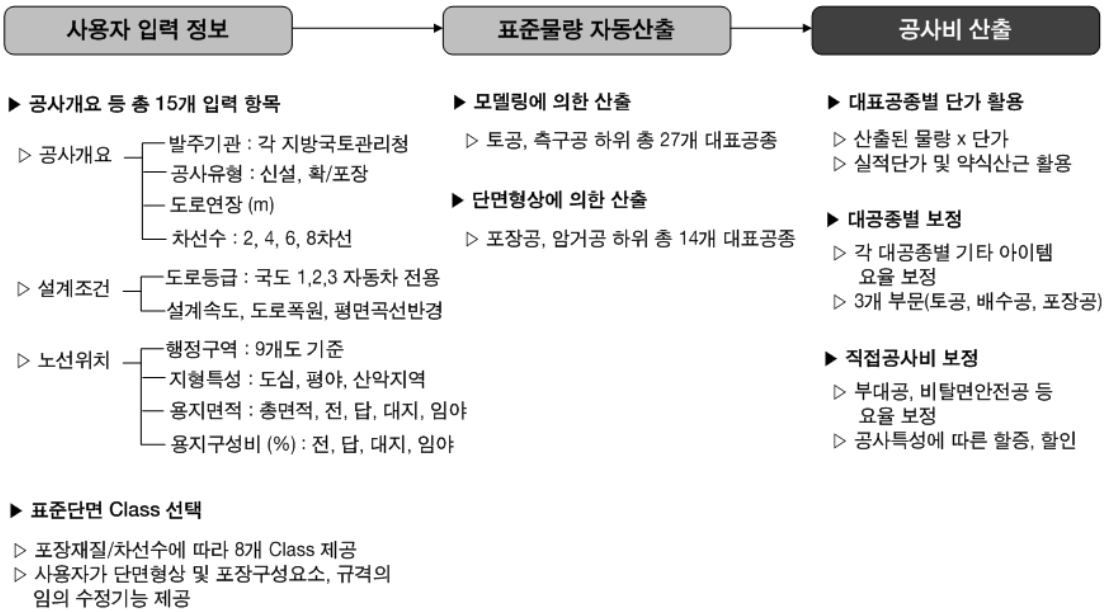
[표 3-5] 포장공의 대표공종 도출방법 예시(아스팔트 포장의 예)

공종명	단위	금액	비중	누계비중	비고
6.포장공	식	7,646,477,469			
6.01 동상방지층포설 및 다짐	M3	568,808	0.01%	0.01%	
6.02 보조기층포설및다짐		433,264,834	5.67%	5.67%	
6.03 시멘트안정처리기층		182,432,658			
6.04 콘크리트포설및다짐		114,252,940			
6.05 철근설치공		31,796,920			
6.06 비닐 깔기	M2	18,353,259			
6.07 콘크리트포장용거푸집		59,849,538			
6.08 줄눈설치공		64,082,820			
6.09 부체도로용 줄눈	M	19,429,417			
6.10 콘크리트포장면연마	M2	3,794,726			
6.11 프라임 코팅	M2	30,170,910	0.39%	6.07%	
6.12 택코팅	M2	68,913,375	0.90%	6.97%	
6.13 아스콘 기층		274,604,477	3.59%	10.56%	
6.14 아스콘 중간층		82,497,386	1.08%	11.64%	
6.15 아스콘 표층		160,271,106	2.10%	13.74%	
6.16 소형고압블록포장	M2	2,824,408			
6.17 도로경계석(화강석)	M	1,865,160			
6.18 보차도 경계석	M	3,452,790			
6.19 골재운반		822,507,382			
6.20 자재대		5,271,544,555			
a. 이형철근	TON	826,397			
b. 포대시멘트	대	25,162,860			
c. 레미콘		426,420,618			
d. 아 스 콘		3,487,356,680	45.61%	59.34%	
e. 아스팔트		91,599,000	1.20%	60.54%	
f.세골재	M3	7,514,000			
g. 골재		1,232,665,000			
g-1. 동상방지층재	M3	213,217,500	2.79%	63.33%	
g-2. 보조기층재	M3	1,001,160,000	13.09%	76.42%	
g-3. 자갈	M3	18,287,500			

대표공종별로 물량을 예측하는 알고리즘을 아래 그림에 정리하여 제시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 토공과 측구공 물량 추정에는 회귀모형, 포장공, 암거공 물량 추정에는 표준단면 기준 단위무량 분석 방식 등이 활용되었다. 그 외 부대공 성격의 공종에 대해서는 물량을 추정하지 않고 주요 공사비 대비 비율분석 모델을 제시하였다.



<그림 3-9> 도로공사 설계단계 대표공종별 물량산출 체계



<그림 3-10> 도로공사 설계단계 개략공사비 산정모델의 활용절차

한편, 그간 공사비 예측업무 담당 주체의 주관적 판단에 의해 주먹구구식으로 결정되어 오던 토공, 배수공, 포장공 등의 기타 공사비 적용기준은 Decision Tree 분석을 통해 다음과 같이 개선안을 제시하였다.

[표 3-6] 토공 / 배수공 / 포장공 기타공 요율 적용 기준

공종	1차 기준	2차 기준	3차기준	적용요율(%)
토공	왕복차선수 2차선			14.40
	왕복차선수 4차선	연약지반비율 20%이하	기존구조물깨기 금액 640(백만원) 이하	10.69
			기존구조물깨기 금액 640(백만원) 초과	23.34
		연약지반비율 20% 초과		26.59
	왕복차선수 6차선	연약지반비율 20%이하		19.72
		연약지반비율 20% 초과		56.45
	왕복차선수 8차선			17.15
배수공	토공연장 5128m 미만			69.96
	토공연장 5128m 이상, 8625m 미만			67.13
	토공연장 8625m 이상			64.77
포장공	포장종류 (아스콘 포장)	왕복차선수 2차선		15.00
		왕복차선수 4, 6차선	토공연장 8493m 이하	10.24
			토공연장 8493m 초과	6.88
		왕복차선수 8차선		4.03
	포장종류(콘크리트 포장)			22.82

비탈면안전공, 교통안전시설공, 부대공의 경우 주요공종에 대해서도 세부 공종을 분개하지 않고 각각 하나의 공종으로 묶어서 요율방식으로 공사비를 예측하는 모델을 제시하였다. 요율은 적용기준은 다음과 같으며, 요율 적용기준은 CBR을 기반으로 제시된 것이다. 대표물량 방식이 큰 골격을 형성하고 있지만 부분적으로 CBR 개념이 혼용된 사례라 할 수 있다.

[표 3-7] 기타공 CBR모델 오차율

공 종	기타공 CBR 모델
비탈면안전공	23.24%(18%)
교통안전시설공	18.17%(12%)
부대공	23.86%(11%)

※ 괄호안 값은 표준편차

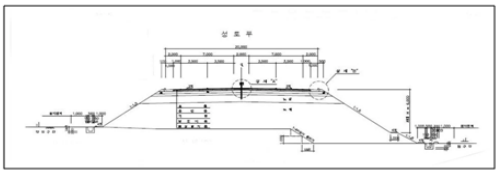
국도 토공구간 대표물량 방식의 개략공사비 예측 절차를 도시하면 다음과 같다.

Step 1. 프로젝트 기본정보 입력

- 공사개요 : 발주기관, 공사유형, 도로연장, 도로폭원 등
- 설계조건 : 도로등급, 설계속도, 평면곡선반경, 최대종단경사 등
- 노선위치 : 행정구역, 지형특성, 용지면적, 용지구성비 등

Step 2. 표준단면 설정

- 표준단면 Class 선택 : 포장재질 및 차선 수에 따라 총 8개 Class 제공
- 표준단면 Class 4A의 예 : 신설-4차선 왕복-아스콘 포장



Step 3. 포장공 물량 산출

- 설정한 표준단면으로부터 각 포장 구성요소의 두께 자동입력
  - 표층, 중간층, 기층, 보조기층, 동상방지층
- 포장 구성 요소별 소요 물량 자동산출
  - 단위길이당 물량 × 포장두께 × 도로 연장

Step 4. 토공 물량 산출

- 프로젝트 특성 정보를 활용한 물량 산출식으로 주요 공종물량 자동산출
  - 흙쌓기, 흙깎기, 순쌓기, 흙운반
- 산출된 상위 구성요소 전체 물량을 세부 Item에 분배

  예시) 흙쌓기 – 전체 : 561,340 m^3
  – 노상 : 42,269, 노체 : 519,071

Step 5. 배수공 물량 산출

- 산출된 토공물량(흙쌓기, 흙깎기)으로부터 측구공 연장 자동산출

  예시) L형 측구 연장 = 흙쌓기 물량에 의한 회귀식
- 암거공 표준단면에 의한 단위물량과 연장으로 물량산출

  예시) 수로암거 물량 = 암거 연장 × (표준단면 단위물량)

Step 6. 대공종별 공사비 산출

- 포장공, 토공, 배수공의 대표공종별 산출된 물량에 각각의 단가를 곱하여 공사비를 산출
  - 이때, 대표공종 이외의 기타 부분은 대공종별로 산출된 공사금액에 설계내역 데이터를 통해 산출된 요율을 적용하여 계상

Step 7. 대공종별 공사비 보정

- 설계내역 데이터 통계로 산출된 요율에 의한 보정 Item
  - 비탈면안정공, 교통안전시설공, 부대공
- 사용자 입력에 의한 연장 개념의 보정 Item
  - 리도, 농도
- 사용자 입력에 의한 개소/식 개념의 보정 Item
  - 교차로

Step 8. 최종 개략공사비 산출

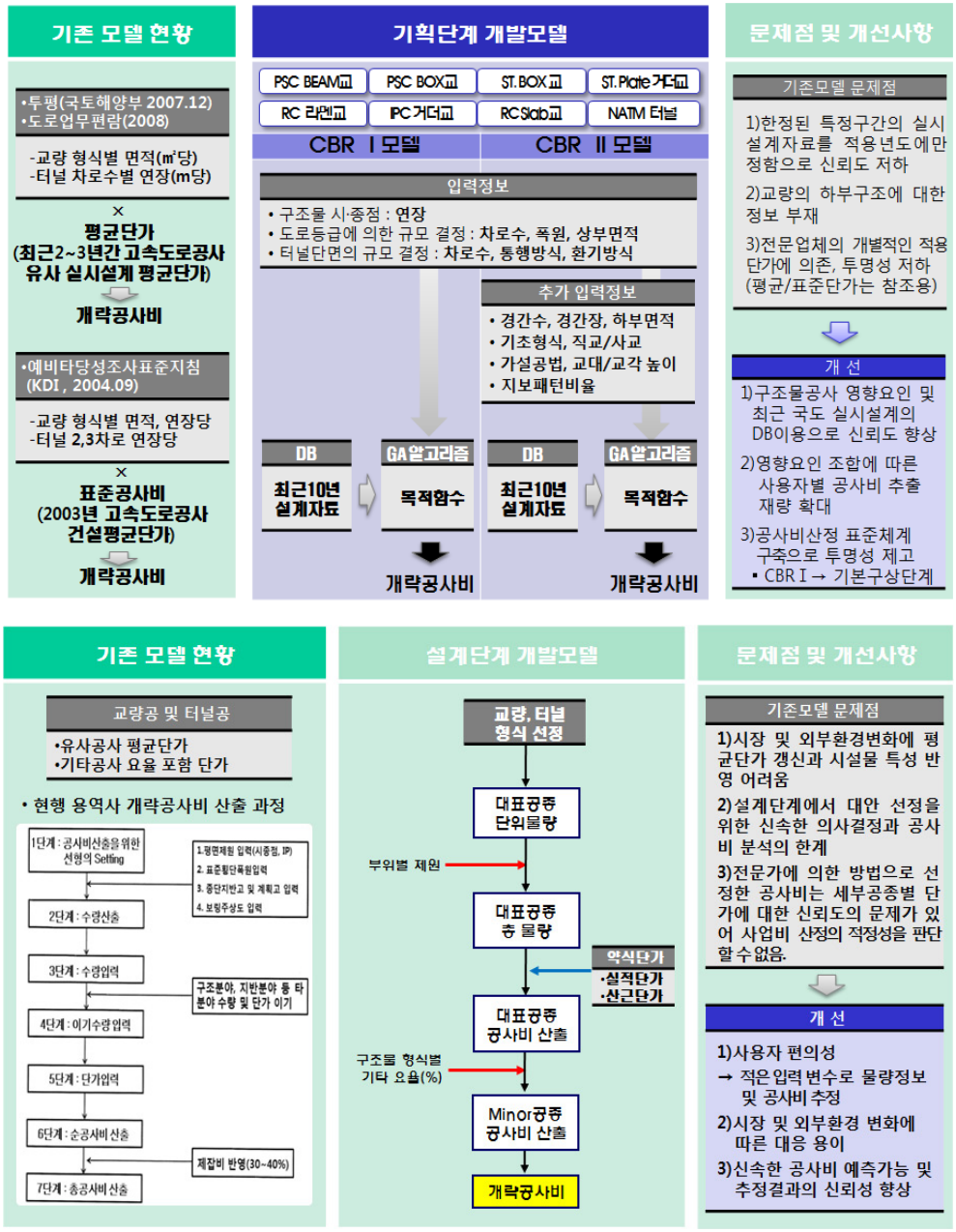
- 대공종별 공사비를 합산하여 도출된 금액에 공사 특성변수에 따른 할증율(또는 할인율)을 곱하여 최종 개략공사비를 산출
  - 행정구역, 지형 등
- 리스크 변수에 의한 공사비 증가를 고려한 예비비 산출

<그림 3-11> 국도 토공구간 대표물량 기반 개략공사비 예측 절차

나. 국도 구조물구간(교량, 터널) 개략공사비 예측 모델

(1) 교량 및 터널 개략공사비 예측모델 framework

국도 구조물 개략공사비 예측모델의 framework을 도시하면 다음과 같다. 토공구간과 큰 틀은 유사하지만 CBR 모델을 두가지로 세분하여 가용정보의 상세수준에 따라 차별적 대응이 가능하도록 하였다.

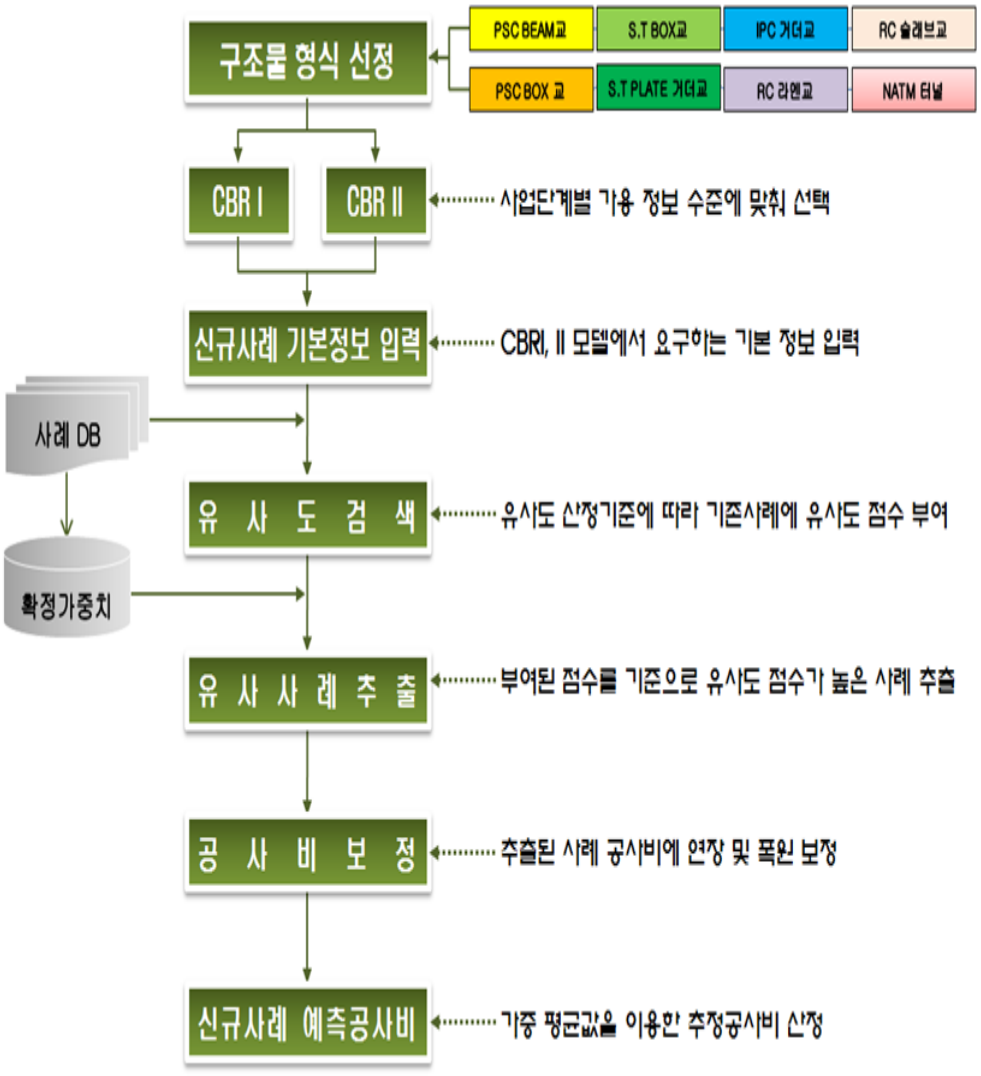


<그림 3-12> 국도 구조물 개략공사비 예측 모델 framework

(2) CBR 기반 교량 및 터널 개략공사비 예측 모델

① CBR 모델 프로세스

CBR 모델은 공사비 영향요인과 공사비간 상관분석 등 기존 자료 분석을 통해 구조물 형식별로 영향요인을 도출하고, 각 요인별 속성(정성변수, 정량변수)에 따라 유사도 점수 부여 방법을 결정한 후, 유전자 알고리즘에 의해 가중치를 결정하는 과정을 거쳐 구축되었다. 구축된 CBR 기반 개략공사비 예측모델을 활용하여 개략공사비를 예측하는 프로세스는 다음과 같다.



<그림 3-13> 교량 및 터널 CBR 기반 개략공사비 예측 프로세스

② CBR 알고리즘

국도 구조물 CBR 모델은 PSC BEAM, PSC BOX (ILM/MSS/FCM/FSM등 공법별), ST. BOX, ST. PLATE, RC 라멘, IPC 거더, RC SLAB 등 교량형식과 NATM 터널을 대상으로 개발되었다. 구조물 형식별로 CBR 변수와 가중치 등 모델에 일부 차이는 있으나 근본적인 구조는 동일하므로 여기서는 PSC BEAM 교량의 CBR 모델을 중심으로 설명하고자 하였다. 나머지 형식에 대해서는 본 보고서의 부록으로 첨부된 공사비 예측 실무 매뉴얼에 자세히 기술하였다.

PSC BEAM 교량의 CBR 변수는 연장, 폭원, 상부면적, 차로수(CBR II의 경우 여기에 가설위치, 발주청, 경간장, 경간수, 하부면적, 기초형식이 추가)이며, 과거 사례의 유사도 판정시 각 변수에 적용하는 가중치는 다음과 같다.

[표 3-8] PSC BEAM교 공사비모델의 가중치

구 분	CBR을 이용한 기획단계 개략공사비 산정모델의 영향요인별 가중치									
CBR I	연장	폭원	상부 면적	차로수						
	0.385957	0.342339	0.271704	0						
CBR II	연장	폭원	상부 면적	차로수	가설 위치	발주청	경간장	경간수	하부 면적	기초 형식
	0.143179	0.114912	0.214804	0	0.013607	0.014849	0.141786	0.173235	0.155866	0.0277

변수별 유사도 점수 부여시 문자열의 경우 일치하는 경우에만 100%를 반영(불일치시 “0”)하였고, 수치는 기존사례와 신규사례의 차이의 절대값을 기준으로 점수를 차등하는 알고리즘을 채택하였다.

- 문자열 유사도 점수: 일치→100점, 불일치→0점

- 수치의 유사도 점수: $\left|\frac{\text{기존사례값} - \text{신규사례값}}{\text{신규사례값}}\right| \times 100\%$

유사사례 추출을 위한 사례별 유사도 점수는 변수별로 유사도 점수와 가중치를 곱하여 집계하여 산출한다.

$$S_i = \sum_{j}^{n} (I_j \times w_j)$$

여기서, S_i : 사례i의 유사도 점수

I_j : 영향요인 j의 유사도 점수

w_j : 영향요인 j의 가중치

신규 사례의 공사비 예측에 있어 과거 유사사례를 유사도 점수에 따라 가중평균하여 적용하며, 과거 사례별 유사도 점수에 따른 가중치는 다음과 같이 산출한다.

$$W_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i}$$

여기서 W_i : 추출된 유사사례 i의 유사도 가중치

S_i : 사례 i의 유사도 점수

n : 추출된 유사사례의 수

유사도 점수에 따른 가중치를 반영하여 신규 사례의 공사비를 예측하는 기본식은 다음과 같다.

$$F = \sum_{i}^{n} (W_i \times E_i)$$

여기서 F : 신규사례에 대한 추정 공사비

E_i : 유사사례 i로부터 신규사례에 대한 추정공사비

W_i :추출된 유사사례 i의 유사도 가중치

신규 사례 공사비 예측시 연장 및 폭원은 다음 식에 따라 보정한다.

$$E_i = \sum_{i}^{n} (R_i \times C_i)$$

여기서, E_i : 유사사례 i로부터 신규사례에 대한 추정공사비

C_i : 유사도 점수 상위 유사사례 i의 공사비

R_i : 신규사례의 유사사례 i에 대한 연장 및 폭 비율

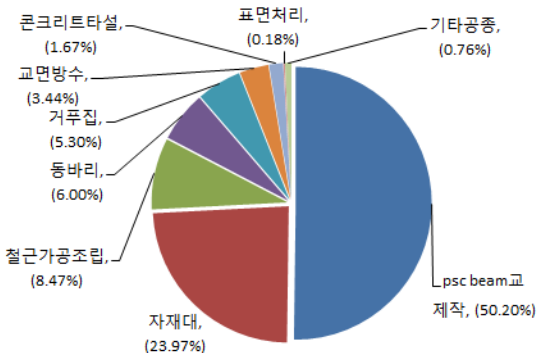
(3) 대표물량 기반 교량 및 터널 개략공사비 예측 모델

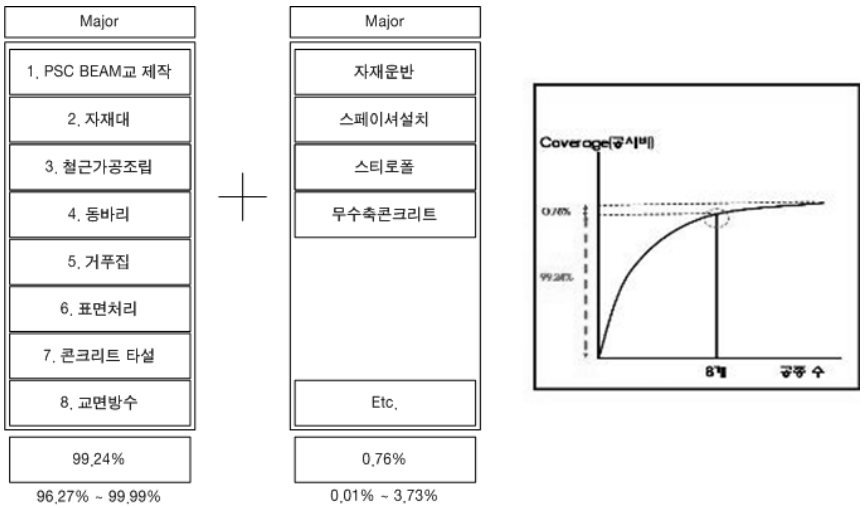
(가) PSC BEAM 교량 상부공

① 대표공종 설정

내역서의 공종별 공사비 구성비율 분석을 통해 PSC BEAM 교량 상부공의 대표공종을 다음과 같이 설정하였다. BSC BEAM 제작 등 8개 대표공종이 공사비의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

공종			비율(평균)
대표공종	공사비구성비율	psc beam교 제작	50.20 %
		자재대	23.97 %
		철근가공조립	8.47 %
		동바리	6.00 %
		거푸집	5.30 %
		교면방수	3.44 %
		콘크리트타설	1.67 %
		표면처리	0.18 %
소계			99.24 %
기타공종			0.76 %
합계			100 %





<그림 3-14> PSC BEAM 교량 대표공종 및 공사비 비중

② 표준단면 혹은 일반단면 대표공종의 단위물량 추정

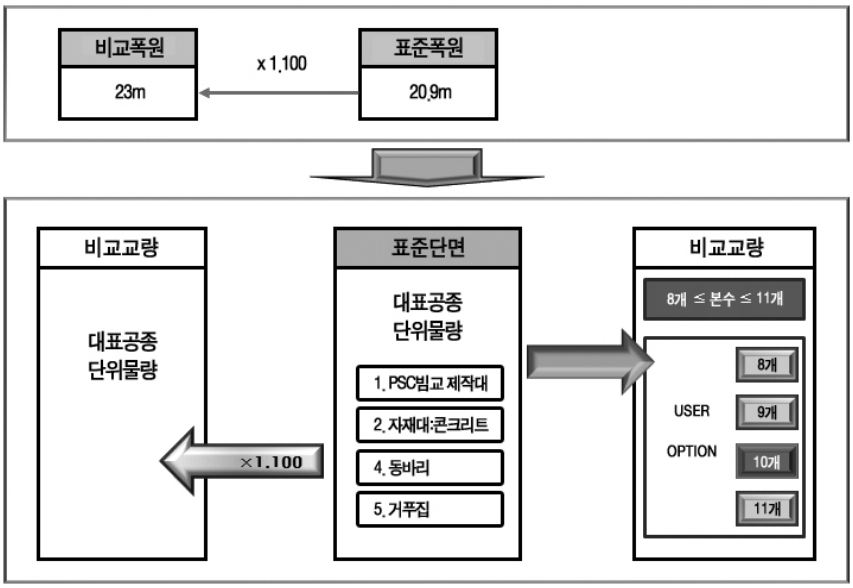
4차로, 표준폭원 20.9m의 경간장 25m/30m/35m를 기준으로 상부공 대표공종별 표준 단위 물량산정 기준을 다음과 같이 제시하였다.

[표 3-9] 대표공종의 단위물량 산정방법

대표공정		기본단위	단위물량
폭원		m	
1.P.S.C. BEAM 교 제작		본	본수/경간
2.자재대			
2.1 콘크리트	레미콘 400 (PC BEAM)	㎥	㎥/본수
	레미콘 270 (슬래브)		㎥/m
	레미콘 270 (CROSS BEAM)		㎥/경간수/설치개소
2.2 철근	2.2.1 P.S.C BEAM	ton	ton/본수
	2.2.2 슬래브		ton
	2.2.3 가로보		ton
3.철근가공조립			
복잡	P.S.C. BEAM	ton	ton/본수
	슬래브		레미콘270(슬래브)×단위중량(철근가공조립÷콘크리트량)
	가로보		레미콘270(가로보)×단위중량(철근가공조립÷콘크리트량)
4.동바리			
Deck Finisher 용		공/㎥	공/㎥/m
일반 목재			
5.거푸집			
합판 3회	슬래브	㎡	㎡/m
	가로보		
6.표면처리			
슬래브양생		㎡	m (폭원 - 0.45*2(방호벽) - 1.0(중앙분리대))
데크피니셔			
7.콘크리트 타설			
철근(0~15m)		㎥	레미콘 270 (슬래브+가로보)*0.99
8. 교면방수		㎡	m (폭원 - 0.45*2(방호벽) - 1.0(중앙분리대))

폭원에 따라 대표공종별 단위물량이 달라지므로 표준폭원 20.9m의 단위물량을 기준으로 폭원에 따라 물량을 보정하는 방법을 다음과 같이 제시하였다.

$$\text{다양한 폭원의 단위물량} = \text{표준폭원의 단위물량} \times \frac{\text{다양한 폭원}(m)}{\text{표준 폭원}(20.9m)}$$



<그림 3-15> 폭원에 따른 단위물량 보정

(나) PSC BEAM 교량 하부공

PSC Beam 교량 하부공에 대해 과거 교량 하부공사의 공종별 투입물량 분석과 공사비 비중 분석을 통하여 대표공종을 설정하였다. 대표공종별 물량산출 방법은 대표단면을 설정하여 표준단위물량을 제공하거나 높이 변수에 따른 물량의 상관관계를 반영한 회귀모형 등 형태로 제공하였다.

다음 페이지에 경간장 30m 기준의 교대/교각/기초의 대표공종별 물량산출기준을 제시하였다.

[표 3-10] 교대 개소별 대표공종 물량산출 기준

대표공종	세부공종	단위물량	물량산출식
콘크리트 타설	펌프카 사용	2.425	2.425 * 교대높이(m) * 교대폭원(m)
	접속슬래브	3.000	3 * (교대폭원(m)-0.5)
	무근(VIB제외)	11.24	11.24 * (0.1(m) * (교대폭원(m)+0.1))
철근가공 조립	복잡	0.106	0.106 * 콘크리트 24MPa 물량
	보통	0.818	0.818 * (교대폭원(m)-0.5)
거푸집	합판3회	3.485	[3.485 * 교대높이(m) * 교대폭원(m)] * 0.8336(83.36%)
	합판4회	3.485	[3.485 * 교대높이(m) * 교대폭원(m)] * 0.1343(13.43%)
	합판4회 (접속슬래브)	3.485	[3.485 * 교대높이(m) * 교대폭원(m)] * 0.0195(1.965%)
	합판6회	3.485	[3.485 * 교대높이(m) * 교대폭원(m)] * 0.0124(1.25%)
교량받침	사용자 입력	-	사용자 입력
주요 자재대	레미콘	-	Y = 펌프(0~15m)물량 * 1.01
	레미콘	-	Y = 무근(VIB 제외)물량 * 1.01
	철근	-	Y = 가공조립 (보통 + 복잡) 물량 * 1.03

[표 3-11] 교각 개소별 대표공종 물량산출 기준

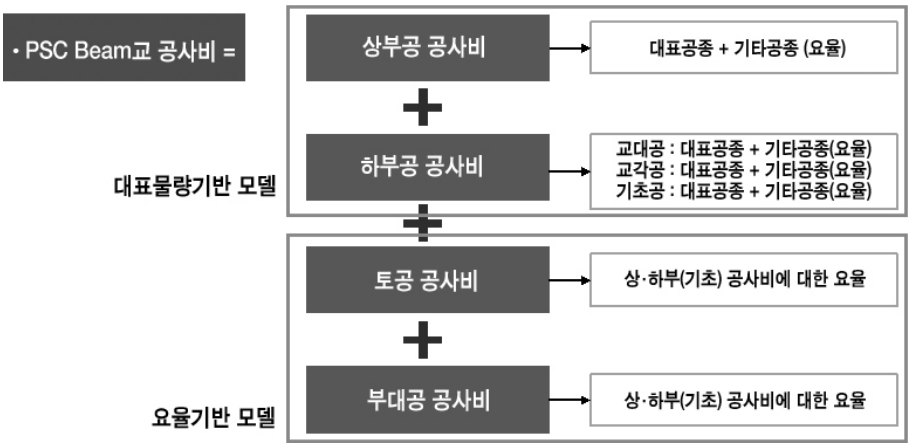
대표공종	세부공종		단위물량	물량산출식
콘크리트 타설	펌프카 사용	coping	2.423	2.423 * [(전체높이 - 기둥높이)/2] * 교량폭원/2
		column	4.695	4.695 * 기둥높이(m)
		footing	5.526	5.526 * [(전체높이 - 기둥높이)/2] * 교량폭원/2
	무근(VIB제외)		6.471	고정물량
철근가공 조립	매우복잡		0.15	0.15 * 콘크리트 24MPa 물량
거푸집	합판3회 또는 강재		1.304	1.304 * 코핑 24MPa 물량
	합판4회		0.509	0.509 * 푸팅 24MPa 물량
	합판6회		3.246	고정물량
	강재		7.633	7.633 * 기둥높이(m)
교량받침	사용자 입력		-	사용자 입력
주요 자재대	레미콘		-	콘크리트 타설 펌프카 사용(0 - 15m) 24MPa 물량 * 1.01
	레미콘		-	무근(VIB 제외) 물량 * 1.01
	철근		-	매우복잡 물량 * 0.9894 * 1.03
	철근		-	매우복잡 물량 * 0.016 * 1.03

[표 3-12] 기초 대표공종별 물량산출 기준

대표공종	세부공종	단위물량	물량산출식	
강관파일 공	강관파일 자재비	교대:35본 교각:36본	교대	강관파일 본수 or 35본 x 파일길이 x 1.05
			교각	강관파일 본수 or 36본 x 파일길이 x 1.05
	강관파일 항타		교대	강관파일 본수 or 35본 x (파일길이 - 0.2)
			교각	강관파일 본수 or 36본 x (파일길이 - 0.2)
	두부 및 선단보강		교대	강관파일 본수 or 35본
			교각	강관파일 본수 or 36본

(다) 교량 토공 및 부대공

교량 토공 및 부대공은 상부공과 하부공(기초포함)의 공사비 예측결과를 기초로 요율에 의해 계상한다. 토공 및 부대공을 포함하여 교량 개략공사비 예측모델의 공사비 예측 프로세스를 전체를 도시하면 다음과 같다.



<그림 3-16> 전체공사비산정 프로세스

여기서 요율기준은 교량의 토공 및 부대공에 영향을 미치는 것으로 분석된 가설위치, 차로수, 경간구성, 기초형식별로 차등할 수 있는 형태로 다음과 같이 제시하였다.

[표 3-13] 상하부공(기초공 포함) 공사비 대비 요율표

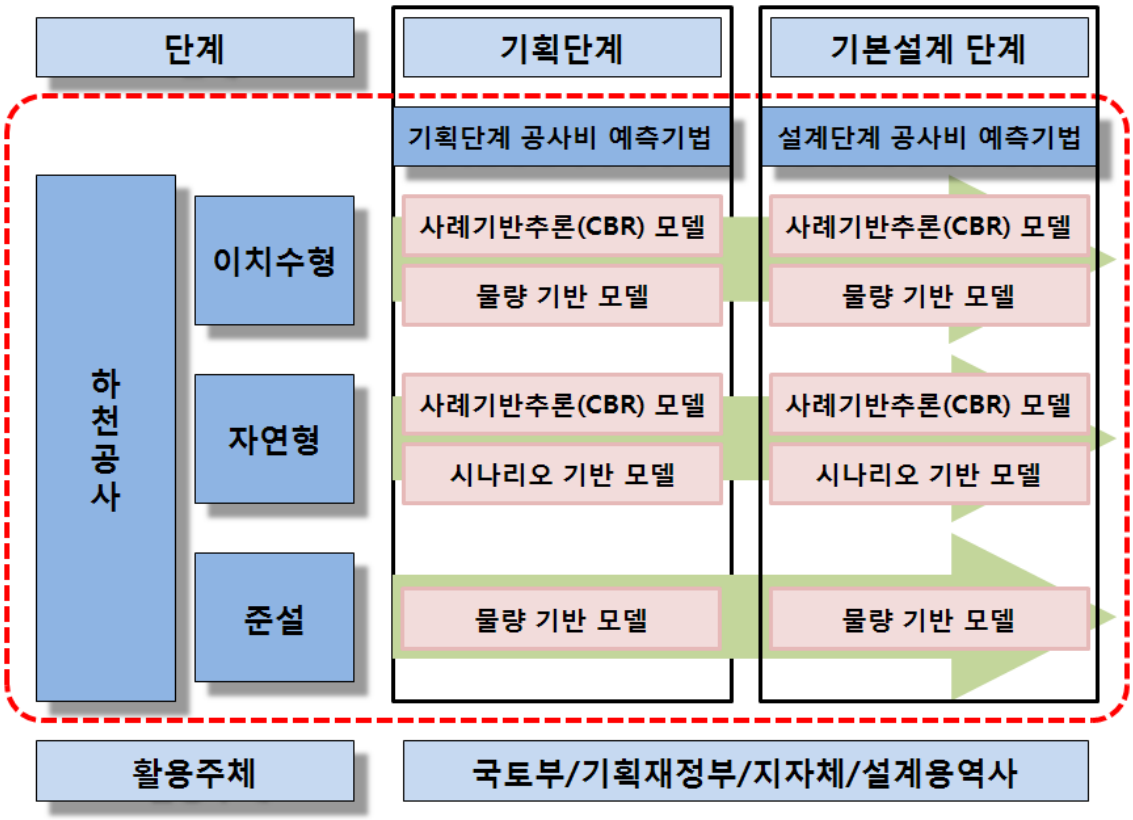
구분			토공	부대공
육상	단경간	직접기초	0.15498	0.12691
		말뚝기초	0.10660	0.02028
		직접+말뚝	0.18903	0.07792
	다경간	직접기초	0.19065	0.05298
		말뚝기초	0.12549	0.01644
		직접+말뚝	0.15418	0.05023
하상	단경간	직접기초	0.13833	0.09350
		말뚝기초	0.10361	0.01058
		직접+말뚝	0.34105	0.04591
	다경간	직접기초	0.12060	0.13695
		말뚝기초	0.11481	0.06140
		직접+말뚝	0.14080	0.05752

다. 하천공사 개략공사비 예측 모델

(1) 하천공사 개략공사비 예측 모델 framework

하천공사는 제방축조를 중심으로 하는 전통적인 이치수 개념에서 자연형, 테마형으로 진화하고 있다. 그렇지만 자연형 하천이라 하더라도 기본골격은 축제공, 호안공 등 이치수형 하천의 구성내용이 형성하고 거기에 자연항 호안공, 어도 등 자연형 구조물공 등이 추가로 시공되는 개념이라 할 수 있다.

이치수형 하천의 개략공사비 예측 모델은 CBR 모델과 대표물량 모델 두가지 형태가 제시되었으며, 자연형 하천에 대해서는 CBR 모델(자연형 구조물공, 자연형 포장공)과 대표물량 모델(식생공)을 혼용한 개략공사비 예측모델과 함께 예산 범위내에서 선택할 수 있는 자연형 하천공의 시나리오를 제공하는 모델을 제시하였다. 최근 4대강을 통해 중요성이 부각된 준설공사에 대해서는 대표물량 모델을 제시하였다.



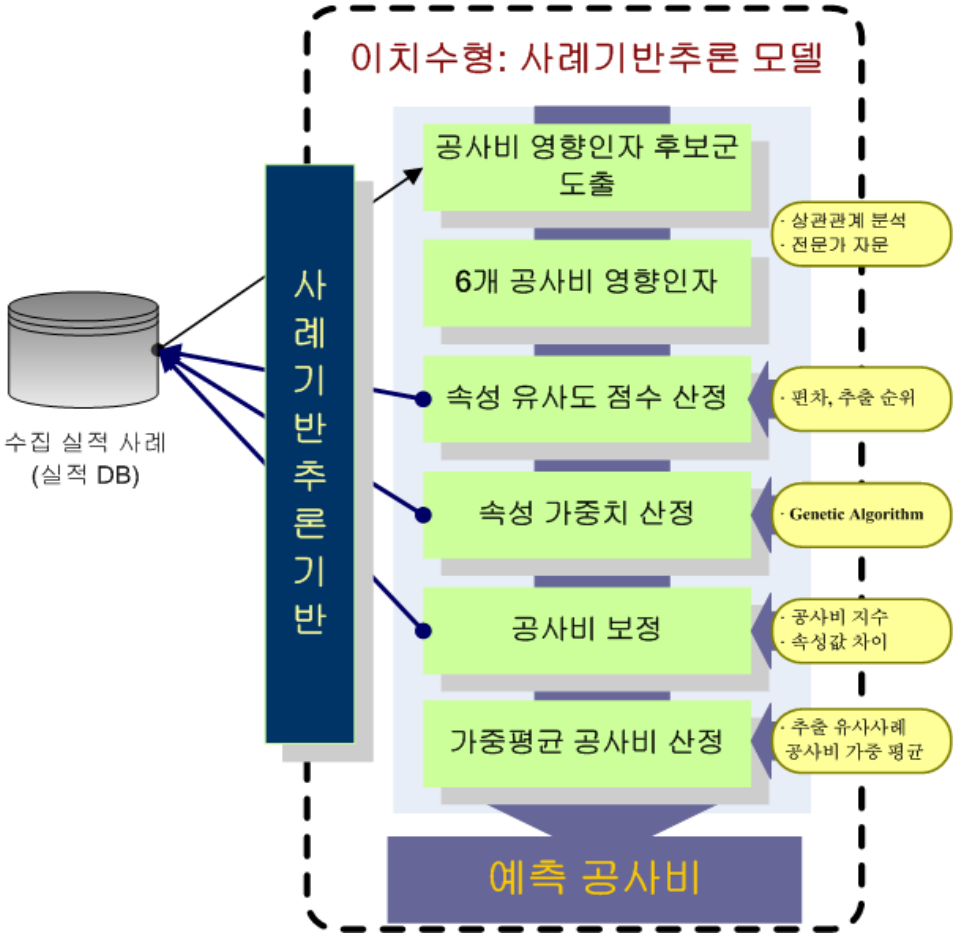
<그림 3-17> 하천공사 개략공사비 산정 모델

(2) 이치수형 하천

(가) CBR 기반 이치수형 하천 개략공사비 예측 모델

CBR 변수를 도출하고 유사도 판정시 적용할 변수별 점수 부여기준과 가중치를 결정한 이후 이를 기초로 도출한 유사사례들을 속성 유사도 점수에 따라 가중평균한 값을 공사비지수 등으로 보정하여 신규 공사의 공사비를 예측하는 CBR 모델의 프로세스는 교량과 유사한 흐름을 보인다.

이치수형 하천의 CBR 모델 구축 과정을 아래 그림에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 CBR 변수는 상관분석과 전문가 자문을 거쳐 결정되었고, 변수별 가중치는 도로, 교량 등과 마찬가지로 유전자 알고리즘에 의해 결정하였다.



<그림 3-18> CBR 기반 이치수형 하천공사비 예측 모델 프로세스

이치수형 하천의 CBR 모델 변수는 축제연장, 호안연장, 여유고, 배수문개소수, 배수관개소수, 비탈덮기 재료 등 6가지로 설정하였으며 변수별 가중치는 다음과 같다.

[표 3-14] 6개 영향인자의 속성가중치

영향인자	속성 가중치
축제연장(m)	0.281535292
호안연장(m)	0.348727773
여유고(m)	0.000165941
배수문개소수	0.349499458
배수관개소수	0.013691927
비탈덮기 재료	0.006379609

축제연장, 호안연장, 여유고, 배수문,개소수, 배수관개소수 등 정량변수는 신규사례와 당해사례의 속성값 편차를 기준으로 점수를 차등 부여하고, 정성변수인 비탈덮기 재료는 문자열 일치시 100%, 불일치시 “0”를 부여하도록 하고 있다.

[표 3-15] 속성유사도점수 부여 방식

변수종류	판정기준		부여점수	영향인자
정량변수	편차범위	0~5%	100	축제연장, 여유고, 호안연장, 배수문개소수, 배수관개소수
		5~10%	90	
		10~15%	80	
		15~20%	70	
		20% 초과	0	
정성변수	문자열 일치		100	비탈덮기 재료
	문자열 불일치		0	

$$편차(\%) = \left| \frac{과거사례\ 영향인자의\ 속성값 - 신규사례\ 영향인자의\ 속성값}{신규사례\ 영향인자의\ 속성값} \right|$$

과거 사례의 유사도 점수는 아래와 같이 산출된다.

$$SS = \sum_{i=1}^{n} SSC_i \times W_i$$

여기서, SS = 사례유사도 점수
i = 속성(영향인자)
SSC_i = 속성 i의 속성유사도 점수
W_i = 속성 i의 속성가중치

과거 사례의 공사비는 공사비지수의 등락을 반영하여 현재 시점의 가치로 다음과 같이 환산한다.

$$\text{공사비지수보정공사비}_i = \text{실적자료공사비}_i \times \frac{CCI_{\text{현재시점}}}{CCI_i}$$

여기서, CCI_i = 설계시점 i의 건설공사비지수

실적자료공사비_i = 설계시점 i의 실적자료의 공사비

공사비지수보정공사비_i = 설계시점 i의 건설공사비 지수로 보정한 실적자료의 공사비

$$RS = PS + PS\sum_{i=1}^{n}\{W_i \times (\frac{V_{test-case}}{V_{retrieved-case}} - 1)\} \quad \cdots(3.37)$$

여기서, RS = 보정된 과거사례 공사비

PS= 보정 전 과거사례 실제 공사비

n= 속성의 개수

W_i= 속성 i의 속성가중치

$V_{test-case}$= 신규사례의 속성값

$V_{retrieved-case}$= 조회된 과거사례의 속성값

유사사례로 조회된 사례유사도 점수가 높은 상위 5순위까지의 과거사례들을 통해 신규사례의 공사비를 예측하기 위하여 사례별 공사비지수와 속성보정을 실시한 공사비를 사례 유사도 점수에 따라 가중평균한다.

$$Cost = \sum_{l=1}^{k}(\frac{SS_l}{\sum_{l=1}^{k} SS_l} \times RS_i)$$

여기서, $COST$ = 최종 예측공사비

k = 허용 순위 (상위 k순위)

SS_l = l 순위 사례유사도 점수

RS_l = l 순위의 보정된 공사비

(나) 대표물량 기반 이치수형 하천 개략공사비 예측 모델

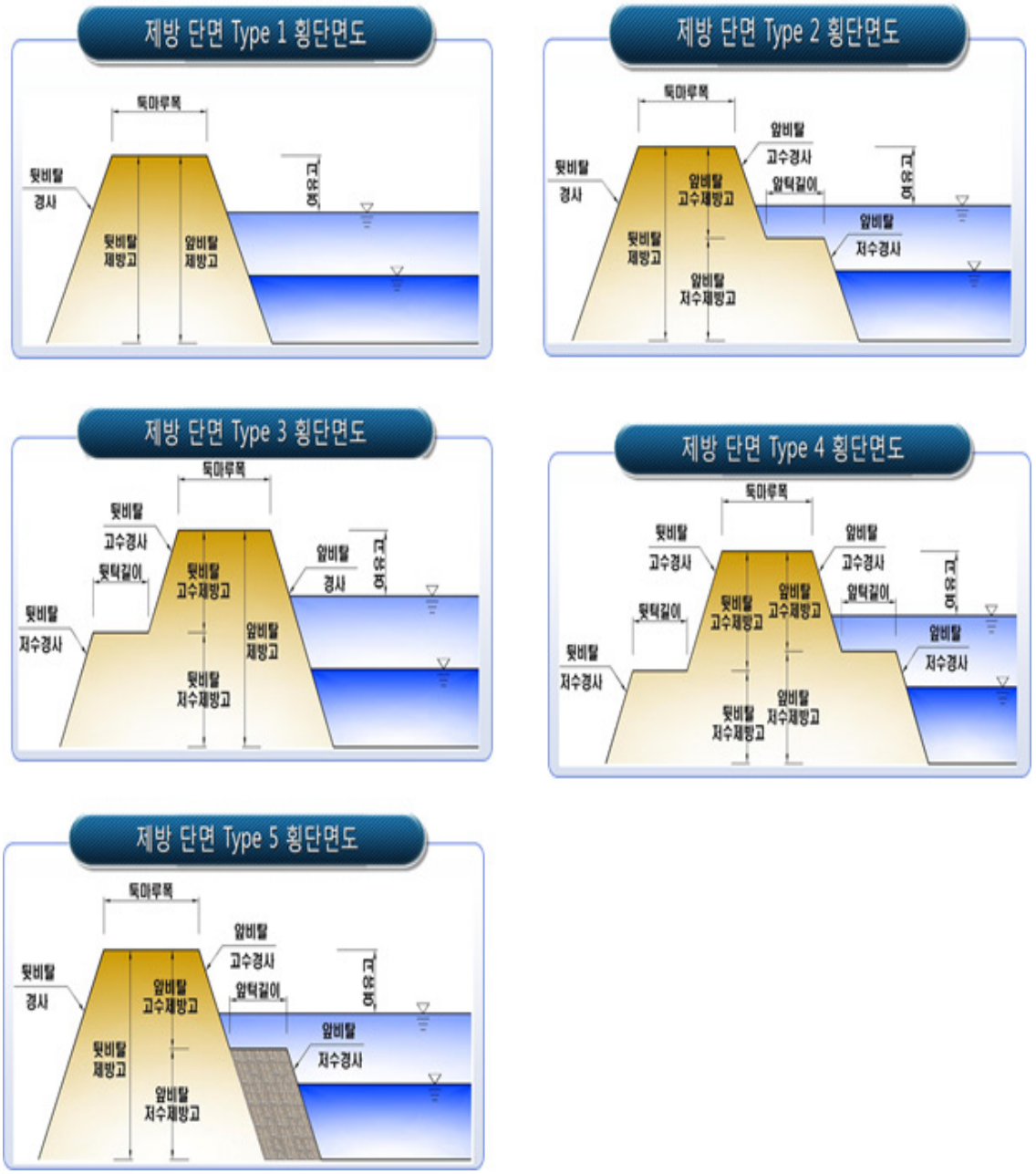
이치수형 하천 대표물량기반 개략공사비 예측 프로세스는 다음과 같다. 축제공, 호안공, 구조물공 등 대공종은 이를 구성하는 대표공종에 대해서 물량을 추정하고 단가를 적용한 후 기타공 공사비를 요율로 계상하는 구조이고, 차수공은 Sheet file, DWM, JSP, CIP, SCW, GIM 등 공법별로 차수공 규모를 산출하여 단위면적/체적당 공사비를 곱하는 방식으로 계상한다. 축제공, 호안공, 구조물공의 공사비 중 대표공종에 소요되는 비용을 제외한 기타공사비와, 부대공 공사비, 기타공 공사비 등은 과거 사례의 공사비 구성비율을 분석하여 설정한 요율에 의해 계상한다.



<그림 3-19> 대표물량기반 이치수형 하천 공사비 예측 프로세스

① 대표공종 선정 및 물량산출 기준

이치수형 하천의 축제공과 호안공 대표공종별 물량은 다음과 같은 5개 제방 표준단면 type 별로 제시된 대표공종별 물량산출식에 의하여 산출한다.



<그림 3-20> 제방 표준단면 type 설정

제방 type 1을 기준으로 하는 축제공 대표공종별 물량 산출식은 다음과 같다.

[표 3-16] 축제공 대표공종의 물량산출식: Type 1

면고르기	성토면	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{(\text{신설뒷비탈고수제방고}\times\text{신설뒷비탈고수경사})^2+\text{신설뒷비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{(\text{신설뒷비탈저수제방고}\times\text{신설뒷비탈저수경사})^2+\text{신설뒷비탈저수제방고}^2}\\+\sqrt{\text{여유고}^2+(\text{여유고}\times\text{신설앞비탈고수경사})^2}\end{array}\right)\times$축제연장
	절토면	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{((\text{기설앞비탈고수제방고}+\text{기설앞비탈저수제방고})\times\text{신설앞비탈고수경사})^2}\\+(\text{기설앞비탈고수제방고}+\text{기설앞비탈저수제방고})^2\end{array}\right)\times$축제연장
비탈면보호공	제외지	$[\sqrt{\text{여유고}^2+(\text{여유고}\times\text{신설앞비탈고수경사})^2}]\times$축제연장
	제내지	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{(\text{신설뒷비탈고수제방고}\times\text{신설뒷비탈고수경사})^2+\text{신설뒷비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{(\text{신설뒷비탈저수제방고}\times\text{신설뒷비탈저수경사})^2+\text{신설뒷비탈저수제방고}^2}\end{array}\right)\times$축제연장
순성토		순성토 = 순성토면적 × 축제연장 × 1.06
유용성토		유용성토 = 유용성토면적 × 축제연장
사토		사토 = 사토면적 × 축제연장
흙쌓기		[순성토 + 유용성토]
법면다짐	일반	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{(\text{신설뒷비탈고수제방고}\times\text{신설뒷비탈고수경사})^2+\text{신설뒷비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{\begin{array}{c}((\text{신설앞비탈고수제방고}-(\text{기설앞비탈고수제방고}+\text{기설앞비탈저수제방고}))\\\times\text{신설앞비탈고수경사})^2+(\text{신설앞비탈고수제방고}-(\text{기설앞비탈고수제방고}\\+\text{기설앞비탈저수제방고}))^2\end{array}}\end{array}\right)\times$축제연장
	신설이 기설을 덮는 경우	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{(\text{신설뒷비탈고수제방고}\times\text{신설뒷비탈고수경사})^2+\text{신설뒷비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{(\text{신설앞비탈고수제방고}\times\text{신설앞비탈고수경사})^2+\text{신설앞비탈고수제방고}^2}\end{array}\right)\times$제방연장

면고르기, 비탈면보호공, 순성토, 유용성토, 사토, 흙쌓기 공종의 물량산출식은 제방 type에 관계 없이 동일하고 법면다짐 물량 산출식만 제방 type에 따라 차이가 있다. type 2의 법면다짐공 물량산출 식을 아래에 예시하였다. type 3~5의 축제공 대표공종 물량산출식은 부록에 상세히 제시하였다.

[표 3-17] 축제공 대표공종(법면다짐)의 물량산출식: Type 2

법면다짐	일반	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{(\text{신설뒷비탈고수제방고}\times\text{신설뒷비탈고수경사})^2+\text{신설뒷비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{\begin{array}{c}(((\text{신설앞비탈고수제방고}+\text{신설앞비탈저수제방고})-(\text{기설앞비탈고수}\\\text{제방고}+\text{기설앞비탈저수제방고}))\times\text{신설앞비탈고수경사})^2+((\text{신설앞비}\\\text{탈고수제방고}+\text{신설앞비탈저수제방고})-(\text{기설앞비탈고수제방고}\\+\text{기설앞비탈저수제방고}))^2\end{array}}\end{array}\right)\times$축제연장
	신설이 기설을 덮는 경우	$\left(\begin{array}{c}\sqrt{(\text{신설뒷비탈고수제방고}\times\text{신설뒷비탈고수경사})^2+\text{신설뒷비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{(\text{신설앞비탈고수제방고}\times\text{신설앞비탈고수경사})^2+\text{신설앞비탈고수제방고}^2}\\+\sqrt{(\text{신설앞비탈저수제방고}\times\text{신설앞비탈저수경사})^2+\text{신설앞비탈저수제방고}^2}\end{array}\right)\times$축제연장

제방 단면 type별 호안공 대표공종 물량 산출식은 다음과 같다.

[표 3-18] 호안공 대표공종의 물량산출식: Type 1

비탈덮기	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장		
필터매트	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2+4m}$] × 호안연장		
밑다짐	돌망태	비탈덮기가 돌망태공법일 경우	$2m^2$ × 호안연장
		비탈덮기가 돌망태공법이 아닐 경우	$2.5m^2$ × 호안연장

[표 3-19]. 호안공 대표공종의 물량산출식: Type 2

비탈덮기	고수	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장
	저수	[$\sqrt{\text{앞비탈저수제방고}^2+(\text{앞비탈저수제방고}\times\text{앞비탈저수경사})^2}$] × 호안연장
필터매트	고수	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장
	저수	[$\sqrt{\text{앞비탈저수제방고}^2+(\text{앞비탈저수제방고}\times\text{앞비탈저수경사})^2}$ +4m] × 호안연장
밑다짐		Type1과 같음

[표 3-20] 호안공 대표공종의 물량산출식: Type 3

비탈덮기	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장
필터매트	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2+4m}$] × 호안연장
밑다짐	Type1과 같음

[표 3-21] 호안공 대표공종의 물량산출식: Type 4

비탈덮기	고수	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장
	저수	[$\sqrt{\text{앞비탈저수제방고}^2+(\text{앞비탈저수제방고}\times\text{앞비탈저수경사})^2}$] × 호안연장
필터매트	고수	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장
	저수	[$\sqrt{\text{앞비탈저수제방고}^2+(\text{앞비탈저수제방고}\times\text{앞비탈저수경사})^2}$ +4m] × 호안연장
밑다짐		Type1과 같음

[표 3-22] 호안공 대표공종의 물량산출식: Type 5

비탈덮기	고수	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장	
	저수	0	
필터매트	고수	[$\sqrt{(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})^2+[(\text{앞비탈고수제방고}-\text{여유고})\times\text{앞비탈고수경사}]^2}$] × 호안연장	
	저수	[앞비탈저수제방고×(앞턱길이+앞비탈저수제방고×앞비탈저수경사)+4m] × 호안연장	
밑다짐		사석	[앞턱길이×앞비탈저수제방고] × 호안연장

구조물공의 경우 배수관, 배수문, 역T형옹벽, 보, 수로이설 등 대표공종 규격별로 개소·연장당 세부 구성요소의 물량을 약식으로 산출하는 기준을 제시하였다. 다음에 배수관의 약식물량을 산출하는 기준을 예시하였다.

[표 3-23] 배수관 약식물량 (예시: D600)

배수관 구체 D600 (25m)			
공 종 명	규격	단위	수량
철근 콘크리트	레미콘 25-21-08	m3	43.8
무근 콘크리트	레미콘 25-18-08	m3	4.8
흄관 (D600mm)	(2.5m=1본)	본	10본
거푸집	합판3회	m2	74.6
철근	SD30	ton	1.6

날개벽(2개소)			
공 종 명	규격	단위	수량
철근 콘크리트	레미콘 25-21-08	m3	8.19
무근 콘크리트	레미콘 25-18-08	m3	1.728
거푸집	합판3회	m2	47.988
철근	SD30	ton	0.558

12

자동문비			
공 종 명	규격	단위	수량
자동문비	D600mm	조	1

② 요율계상 기준

물량을 산출하여 단가를 적용하는 대표공종 이외의 공종은 요율로 계상한다. 이치수형 하천의 요율 계상기준은 다음과 같다.

$$\text{축제공 공사비(원)} = 1.1406 \times \text{대표공종 공사비의 합(원)}$$

$$\text{호안공 공사비(원)} = 1.086 \times \text{대표공종 공사비의 합(원)}$$

$$\text{구조물공 공사비(원)} = 1.150 \times \text{대표공종 공사비의 합(원)}$$

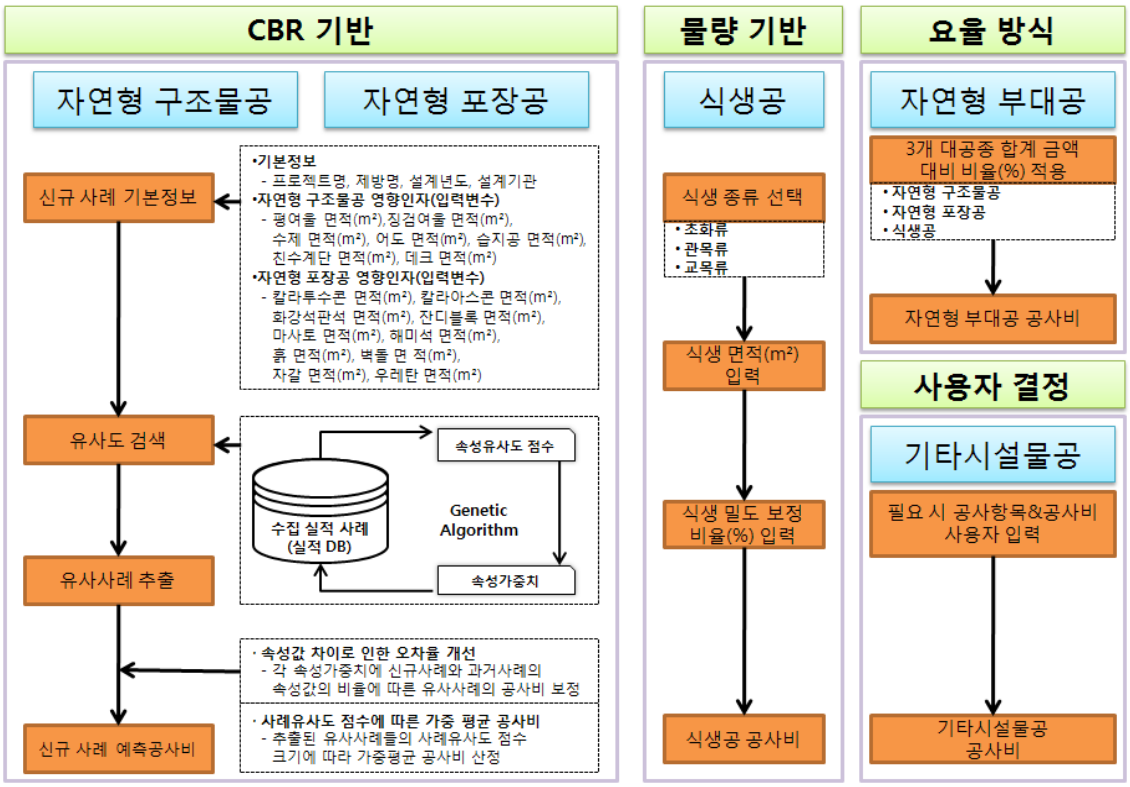
$$\text{부대공 공사비(원)} = 0.0797 \times [\text{축제공} + \text{호안공} + \text{구조물공} + \text{차수공}]\text{공사비 합계(원)}$$

$$\text{기타공 공사비(원)} = 0.0833 \times [\text{축제공} + \text{호안공} + \text{구조물공} + \text{차수공}]\text{공사비 합계(원)}$$

(3) 자연형 하천

(가) 자연형 하천 개략공사비 예측모델

여기서 자연형 하천은 이치수형 하천에 추가로 설치되는 자연형 구조물공, 자연형 포장공, 식생공, 자연형 부대공, 기타시설공을 의미하며, CBR 모델과 대표물량 모델을 혼용하여 개략 공사비를 예측하도록 설정하였다.



<그림 3-21> 자연형 하천 개략공사비 예측 모델 framework

① 자연형 구조물공 및 자연형 포장공 CBR 모델

자연형 구조물공과 자연형 포장공은 CBR 알고리즘을 기초로 개략공사비를 예측하도록 설정하였는데, 자연형 구조물공의 경우 평여울, 징검여울, 수제, 어도, 습지공, 징검다리, 친수계단, 데크 등 주요 구성요소의 면적을 변수로 유사도를 평가하며, 자연형 포장공 역시 칼라투수콘, 칼라아스콘, 화강석판석, 자연석판석, 잔디블록, 마사토, 해미석, 흙, 벽돌, 자갈, 우레탄 등 주요 구성요소의 면적을 변수로 유사도를 평가한다.

자연형 구조물공과 자연형 포장공 관련, 과거 유사사례의 유사도 평가를 위한 변수별 가중치는 다음과 같다.

[표 3-24] 자연형 구조물과 자연형 포장공의 속성 가중치

자연형 구조물공								
영향인자	평여울 면적	징검여울 면적	수제 면적	어도 면적	습지공 면적	징검다리 면적	친수계단 면적	데크 면적
속성가중치	0.20888	0.0138478	0.0000000244	0.0483294	0.2442238	0.1074792	0.1868499	0.1903884

자연형 포장공											
영향인자	칼라 투수콘 면적	칼라 아스콘 면적	화강석 판석 면적	자연석 판석 면적	잔디 블록 면적	마사토 면적	해미석 면적	흙 면적	벽돌 면적	자갈 면적	우레탄 면적
속성가중치	0.1251	0.23329	0.0966507	0.010282	0.1290746	0.0000024	0.016332	0.0000024	0.2430684	0.0651826	0.0810199

변수별 속성 유사도 점수는 다음과 같이 산출한다.

$$속성유사도점수 = 1000 - (\frac{|과거사례\ 영향인자의\ 속성값 - 신규사례\ 영향인자의\ 속성값|}{신규사례\ 영향인자의\ 속성값}) \times 100)$$

자연형 구조물공과 자연형 포장공의 속성유사도 점수 산정 방법은 동일하지만, 이치수형 CBR 모델과는 편차에 따른 속성유사도 점수 부여 기준이 다르다. 자연형 구조물공과 포장공의 CBR 변수는 모두 정량변수이지만 사례별 편차가 1,000%에 달할 정도로 크기 때문에 이치수형 CBR과 같은 점수 산정기준을 적용할 경우 사례 유사도 점수가 매우 낮아져서 유사도가 왜곡될 여지가 있어 편차 1,000%를 기준으로 점수부여 기준을 설정하였다. 당해 자연형 하천공사에 포함되지 않는 구성요소는 평가하지 않으며 편차가 1,000% 이상인 경우는 점수를 부여하지 않는다.

이후 과거 사례별 유사도 점수 산정기준, 공사비 지수 보정기준, 속성 보정기준, 가중평균 등 과정은 이치수형 하천 CBR 모델과 동일하다.

$$SS = \sum_{i=1}^{n} SSC_i \times W_i \quad \cdots(3.46)$$

여기서, SS = 사례유사도 점수
I = 속성(영향인자)
SSC_i = 속성 i의 속성유사도 점수
W_i = 속성 i의 속성가중치

$$\text{공사비지수 보정공사비} = \text{실적자료 공사비} \times \frac{\text{2011년 2월 공사비 지수}}{\text{실적자료 설계년도 공사비 지수}}$$

$$SS = \sum_{i=1}^{n} SSC_i \times W_i$$

여기서, SS = 사례유사도 점수 I = 속성(영향인자)
SSC_i = 속성 i의 속성유사도 점수 W_i = 속성 i의 속성가중치

$$RS = PS \times \frac{\sum V_{test-case}}{\sum V_{retrieved-case}}$$

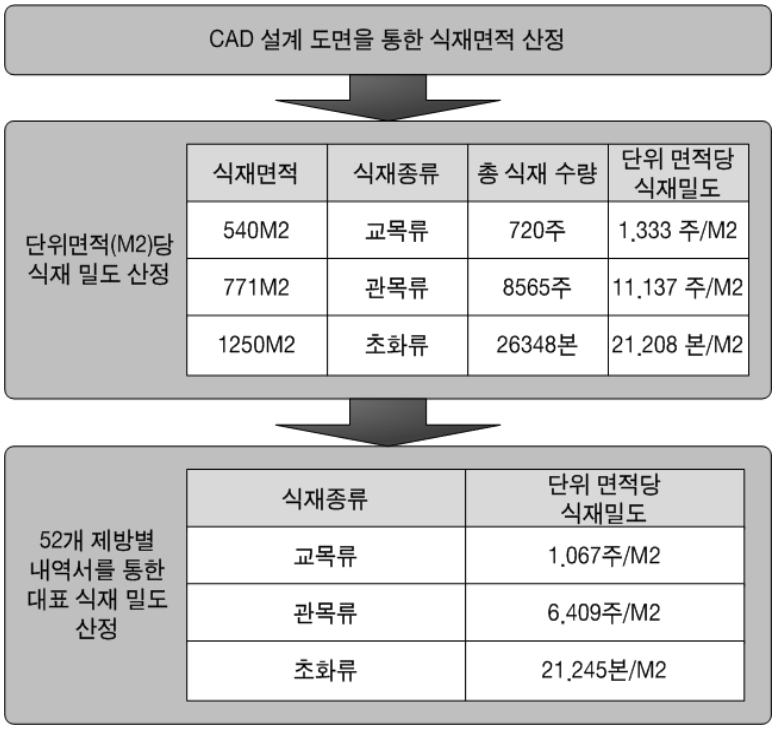
여기서, RS = 보정된 과거사례 공사비 PS = 보정 전 과거사례 실제 공사비
$V_{test-case}$ = 신규사례의 속성값 $V_{retrieved-case}$ = 조회된 과거사례의 속성값

$$Cost = \sum_{l=1}^{k} \left(\frac{SS_l}{\sum_{l=1}^{k} SS_l} \times RS_i \right)$$

여기서, $COST$ = 최종 예측공사비 k = 허용 순위 (상위 k순위)
SS_l = l 순위 사례유사도 점수 RS_l = l 순위의 보정된 공사비

② 식생공

다양한 식재의 종류를 정밀하게 반영하는데는 한계가 있으므로 교목류, 관목류, 초화류 3가지로 분류하여 단위면적당 대표 식재 밀도를 활용하는 모델을 적용하였다.



<그림 3-22> 식생공 식재밀도 산정 방법

식생공의 공사비는 사용자가 입력한 식생면적과 단위면적당 식재밀도를 곱하고 여기에 식재 종류에 따른 기준단가를 곱하여 산정한다. 또한 사용자의 판단에 따라 식생밀도를 보정 할 수 있는데 사용자가 직접 식생밀도 비율을 입력하도록 하였다. 공사비 산정 식은 다음과 같다.

식생공 공사비(원)
= 단위면적당 대표 식재밀도 × 식생공 면적(m^2) × 식재단가

③ 자연형 부대공 및 기타공

자연형 부대공의 내역은 다음 표와 같으며, 물량을 산출하여 공사비를 산출하기 곤란하 특성이 있어 요율방식을 계상하는 모델을 채택하였따.

[표 3-25] 자연형 부대공 구조물

	구조물명	빈도	빈도율
1	의자 계통	24	38%
2	체조 시설	6	10%
3	운동 시설(농구장, 족구장)	4	6%
4	안내판 류	21	33%
5	램프	8	13%
6	볼라드	12	19%
7	정자류	8	13%
8	자전거 보관대	8	13%
9	수변 스텐드	5	8%
10	횃대	7	11%
11	휀스설치	8	13%
12	옹벽녹화	3	5%
13	야외 학습장 및 조형물	3	5%
14	지압보도	5	8%
15	목교	8	13%
16	거석 쌓기	5	8%
17	표 찰	6	10%
18	자연형 낙차공	3	5%

자연형 부대공은 공사비 계상 기준은 다음과 같다.

자연형부대공 공사비(원)
= 0.0757 × [자연형구조물공 + 자연형포장공 + 식생공]공사비합계(원) ‥(3.52)

그 외 공연장, 음악분수, 캠핑장, 강변 물놀이장 등 정형화하기 어려운 다양한 시설들에 대해서는 사용자가 직접 소요 비용을 입력하여 집계하도록 하고 있다.

(나) 자연형 하천 시나리오 모델

자연형 하천 시나리오 모델은 공사비를 예측하는 모델이 아니라 예산 범위 내에서 수행 가능한 자연형 하천 시설의 구성과 세부 내역을 역산해서 제시해 주는 일종의 의사결정 지원 모델이다. 자연형 하천 시나리오 모델의 프로세스는 다음과 같다.



<그림 3-23> 자연형 시나리오 모델 프로세스

라. 준설공사 개략공사비 예측 모델

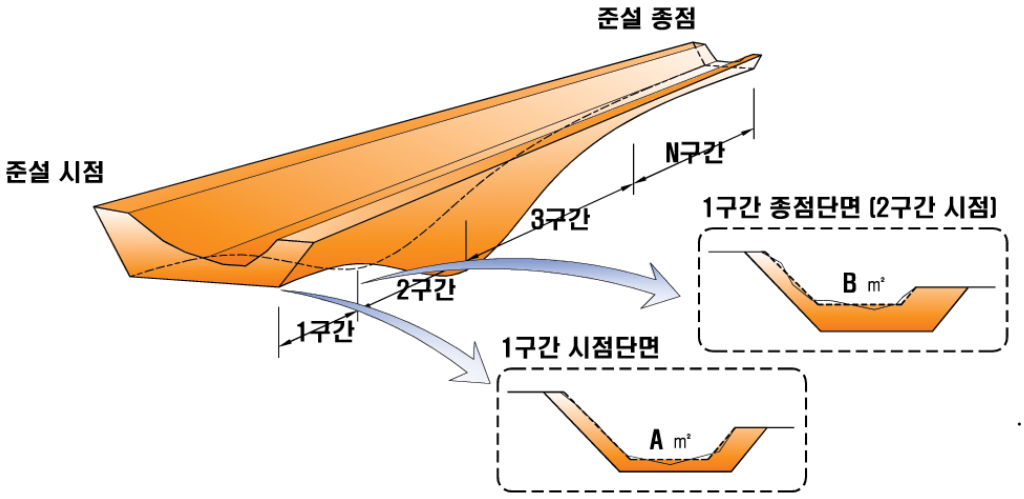
준설공사 개략공사비는 대표물량 모델을 기반으로 하고 있으며, 굴착, 준설토처리, 기타공 등 3개 대공종별 개략공사비 예측 모델의 framework은 다음과 같다.

	Input	Output	공사비 산출
굴착	❑ 물량 산출 영향인자 - 준설구간 분할, 구간별 연장 등 - 가물막이 유무 ❑ 단면결정 인자 - 하도폭, 굴착깊이 등 - 가물막이 단면 인자 ❑ 장비 조합: 육상/수중 By 사용자	❑ 준설 물량 - 굴착 물량 - 가물막이 물량 ❑ 준설 굴착 공사비 By 모델링	평균단면법 산출 물량 x 장비조합별 단가
준설토 처리	❑ 준설토 처리 영향인자 - 오니 발생비율, 오니처리방법 By 사용자	❑ 오니 처리 비용 By 모델링	처리 방법 별 단가 적용
기타공	❑ 기타공 필요 여부 선택 - 수중 준설 시 By 사용자	❑ 기타공 공사비 By 모델링	필요 시 일식단가 적용

<그림 3-24> 대표물량 기반 기획단계 준설공사 공사비 예측 모델 framework

(1) 물량산출

준설공사는 물량은 전체 구간을 유사한 준설형태별로 분할한 후 구간 시점과 종점의 단면적의 평균값과 구간 연장을 곱하여 물량을 산출한다. 준설관련 표준단면 형상과 물량산출 세부 알고리즘 등은 부록에 상세하게 제시하였다.



(2) 장비선정·조합 및 공사비 예측

준설공사 공사비는 다음과 같이 준설물량에 장비조합별 단가를 곱하여 산출한다.

$$\text{준설공사 공사비(원)} = \sum[\text{각 구간 대표단면 단면적의 합} \times \text{각 구간 연장} \times \frac{1}{2}] \times \text{장비조합별 단가(원/}m^3\text{)}$$

오니준설과 토사준설의 장비조합별 단가 결정에 있어 참고할 수 있도록 추천장비를 다음과 같이 제시하였다.

[표 3-26] 오니준설 추천 장비

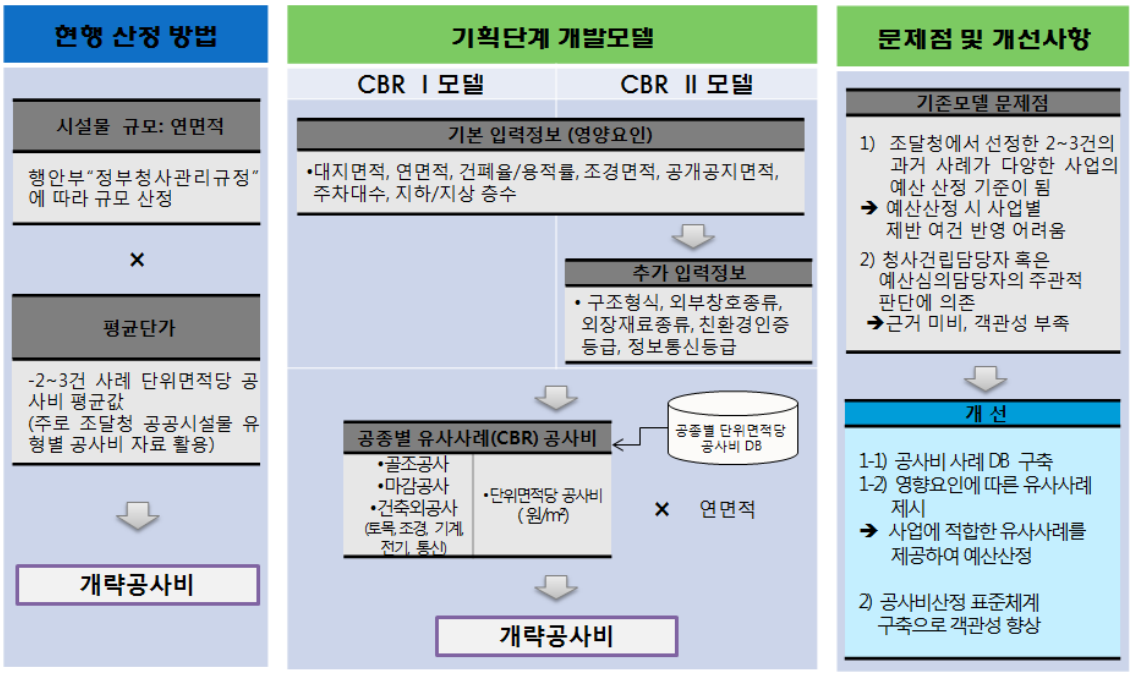
구분	준설(굴착)		적재 및 운반장비	준설토의 처리
	준설(굴착)장비	병행 공법		
도저(dozer)계 장비	습지도저 (4ton), 습지도저(13ton), 불도우저 타이어 (33ton), 불도우저 무한궤도 (32ton)	가물막이 설치	백호(0.7㎥) +덤프트럭(15ton)	오니토선별 (약품처리)
쇼벌(shovel)계 장비	백호(0.7㎥)			
준설선	PUMP 121KW(=163HP)			
	PUMP 1,492KW(=2,000HP)			

[표 3-27] 토사준설 장비선정

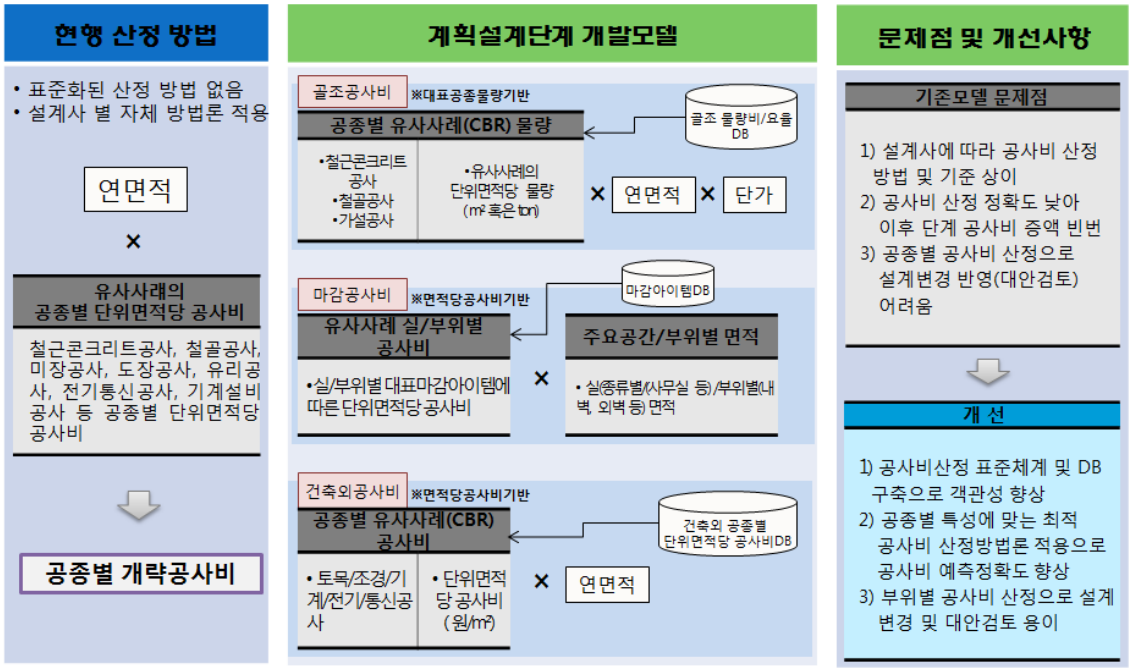
구분	준설(굴착)		적재 및 운반장비	준설토의 처리
	준설(굴착)장비	병행 공법		
쇼벌(shovel)계 장비	백호(0.7㎥), 불도우저 타이어 (33ton), 불도우저 무한궤도 (32ton)	가물막이 설치	백호(0.7㎥) +덤프트럭(15ton)	오니토선별 (약품처리)
준설선	PUMP 121KW(=163HP)			
	PUMP 1,492KW(=2,000HP)			

마. 건축공사 개략공사비 예측 모델

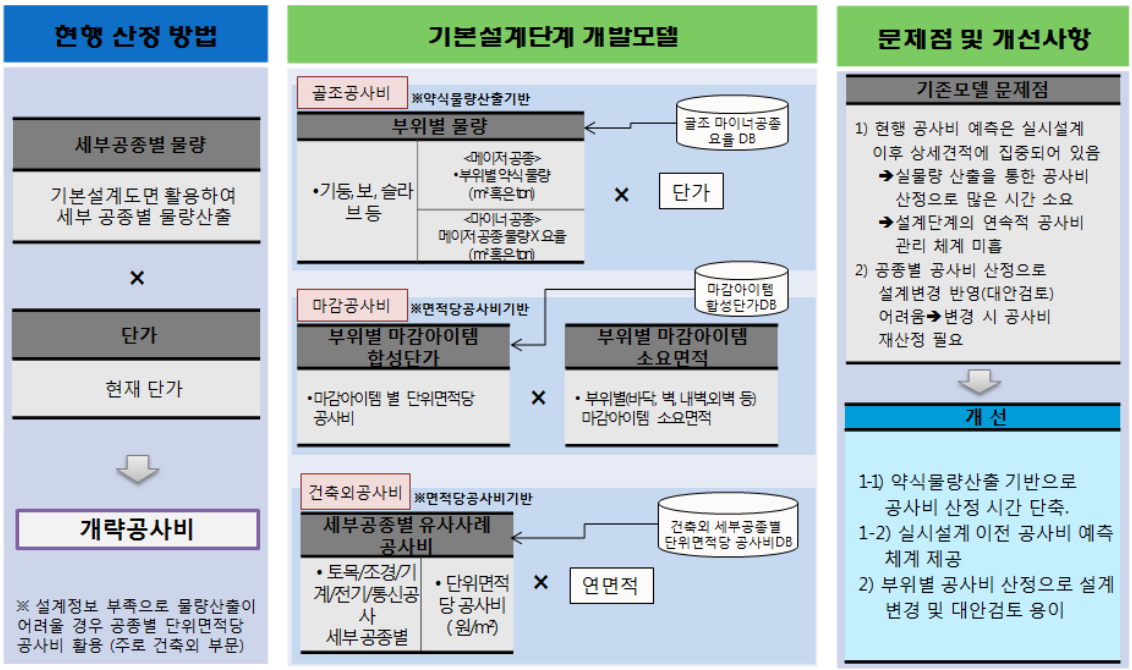
건축공사 단계별 개략공사비 예측 모델 framework은 다음과 같으며, 세부 알고리즘은 공동주택과 공공청사로 구분하여 부록에 상세히 제시하였다.



<그림 3-25> 공공청사 기획단계 개략공사비 예측 모델 framework



<그림 3-26> 공공청사 계획설계단계 개략공사비 예측 모델 framework



<그림 3-27> 공공청사 기본설계단계 개략공사비 예측 모델 framework

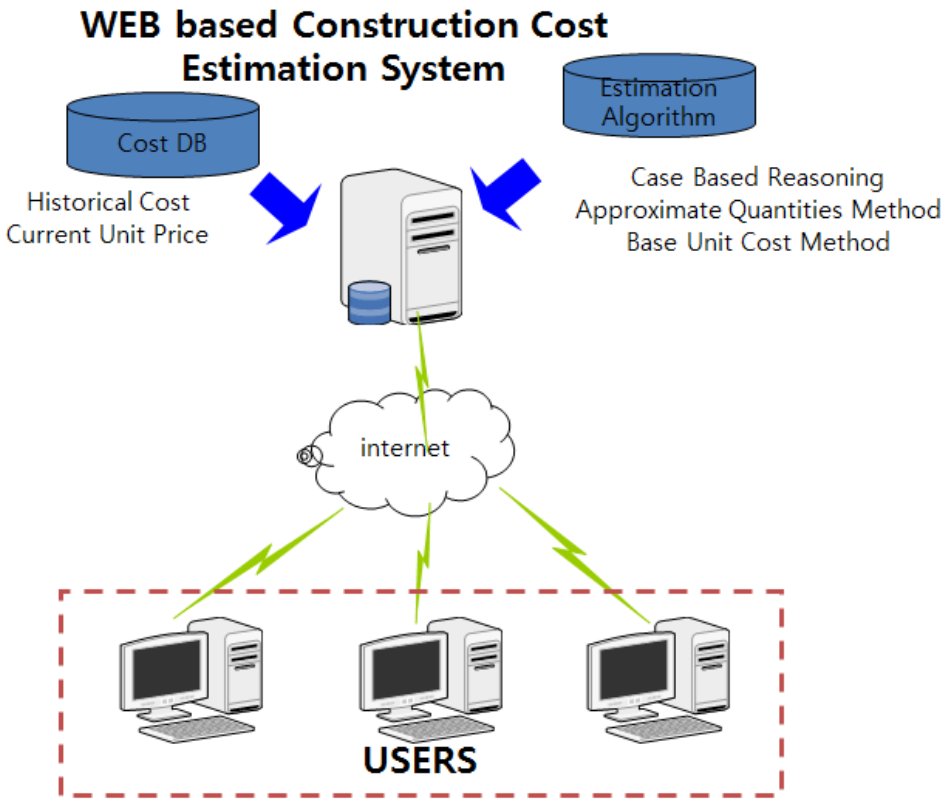
제3절 웹기반 개략공사비 예측 시스템

1. 개략공사비 예측시스템의 Framework

본 연구를 통해 개발된 개략공사비 예측 시스템은 국도(교량, 터널 포함), 하천, 청사, 공동주택 등 4개 시설물에 대하여 개략공사비 예측 시점과 목적에 따라 다양한 방법론에 입각하여 개발되었다. 시설물별 개략공사비 예측 시스템의 구성체계를 아래 그림에 도시하였다.



국도부문의 CAD 및 수치지형도 기반 노선대안 공사비 검토 모듈을 제외한 개략공사비 예측 시스템의 모든 모듈들은 웹기반으로 개발하여 사용자들이 인터넷에 접속할 수 있는 환경이면 어디서나 활용 가능하게 개발하였다. 웹기반 개략공사비 예측 시스템의 활용을 통해 사용자 편의 뿐 아니라 개략공사비 예측 업무의 투명성과 일관성 확보 측면에서도 효과를 거둘 수 있으리라 기대된다. 웹기반 개략공사비 예측 시스템의 서비스 개념도를 아래에 도시하였다.



<그림 3-29> 개략공사비 예측 시스템 서비스 형태

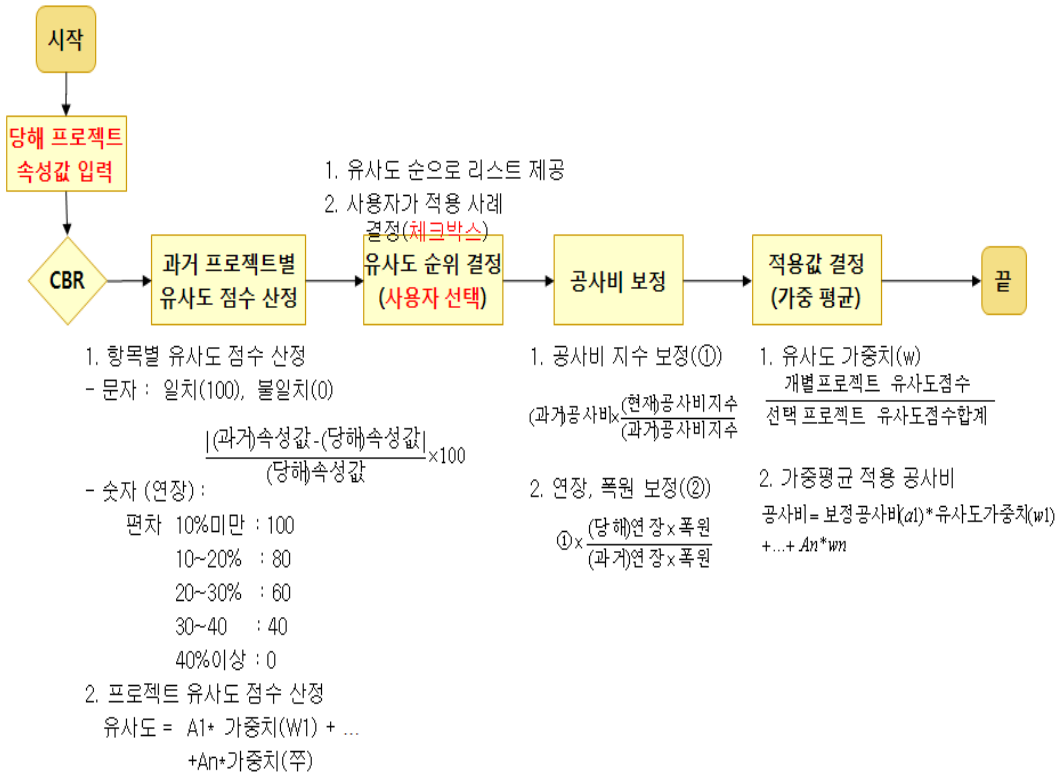
도로, 하천, 청사, 공동주택 등 시설분야별로 웹기반 개략공사비 예측 시스템의 세부 프로세스와 인터페이스는 시설별 특성에 따라 다소 차이가 있지만, 기본이 되는 알고리즘은 시설제원 등 속성정보를 활용하는 사례기반추론(Case Based Reasoning; 이하 'CBR') 모델과 대표공종의 물량에 현재시점의 단가를 적용하는 대표물량 기반 모델로 크게 구분된다.

CBR 모델은 대표물량 기반 모델에 비해 상대적으로 시설에 관한 정보가 구체화되지 않은 경우에 대응하기 위한 것으로 대표물량 기반 모델에 비해 정확도는 다소 낮지만 몇가지 사업 속성 변수만으로 공사비를 간편하게 예측할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 대표물량 기반 모델은 대표 공종별 물량을 예측하여 공종별로 현재시점의 단가를 적용하는 만큼 CBR 모델에 비해서는 상대적으로 정확도가 높다.

그러나, 사실상 CBR 모델과 대표물량 기반 모델은 시설별로 심지어 공종별로도 엄격하게 구분이 곤란한 측면이 있다. 예를들어 국도건설공사 기본설계단계용 개략공사비 예측 시스템 중 토공부문은 대표물량기반 모델을 골격으로 하고 있지만 부분적으로 CBR 모델이 혼용되어 있다. 토사, 리핑암, 발파암 등 토질별 깎기 물량을 산출하여 단

가를 적용하는 큰 골격은 대표물량기반 모델이지만, 세부적으로 깎기 물량 추정에 있어 깎기 총량을 토질별로 산출할 때는 과거 유사공사의 토질별 물량 비율을 참고하는 CBR 모델이 혼용되어 있다. 한편, 대표물량기반 모델이 적용된 공종의 경우 국도 토공의 깎기 등과 같이 시스템에 물량예측 알고리즘이 반영되어 있어 자동으로 물량이 산출되는 경우도 있고, 건축공사와 같이 대표공종의 물량을 사용자가 직접 입력해야 하는 경우도 있다. 즉, 개념적인 측면에서 접근방법이 CBR 모델과 대표물량기반 모델로 유형화할 수 있다는 공통점은 있으나, 세부적으로 보면 시설별로 사업수행 절차나 설계 및 엔지니어링 업무의 절차에 따른 차이가 있다는 의미이다.

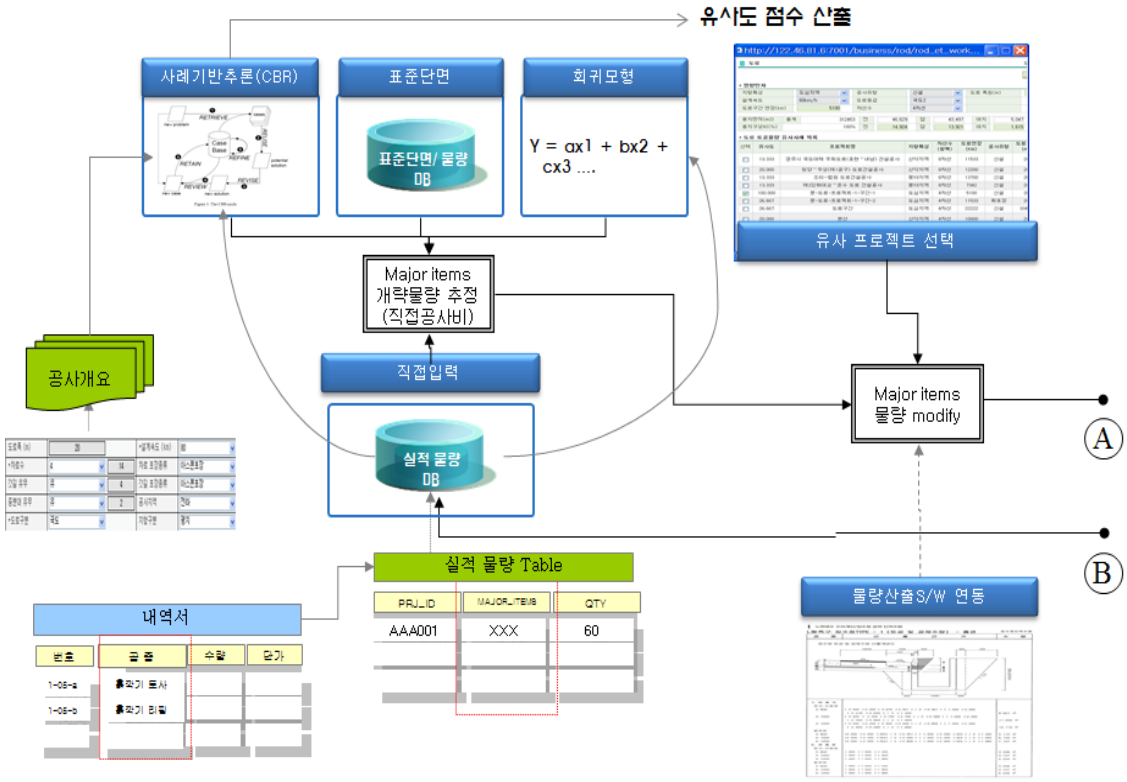
CBR 모델이 반영된 시스템 프로세스는 다음 그림과 같다. 사용자가 당해 프로젝트의 속성값을 입력하면 시스템에 탑재된 알고리즘에 따라 과거 사례별로 유사도 점수를 산출하여 유사도 점수가 높은 순서로 리스트를 제공하고 사용자가 최종 선택한 사례들의 공사비 정보를 당해 프로젝트에 맞게 보정(시점이나 규모 등의 차이를 보정)하여 적용값이 결정된다. 물론 시설별·공종별로 유사도 점수를 산정할 때 활용되는 속성변수와 가중치 등은 차이가 있다.



<그림 3-30> 시설제원 및 공사특성 기반 CBR 모델 프로세스

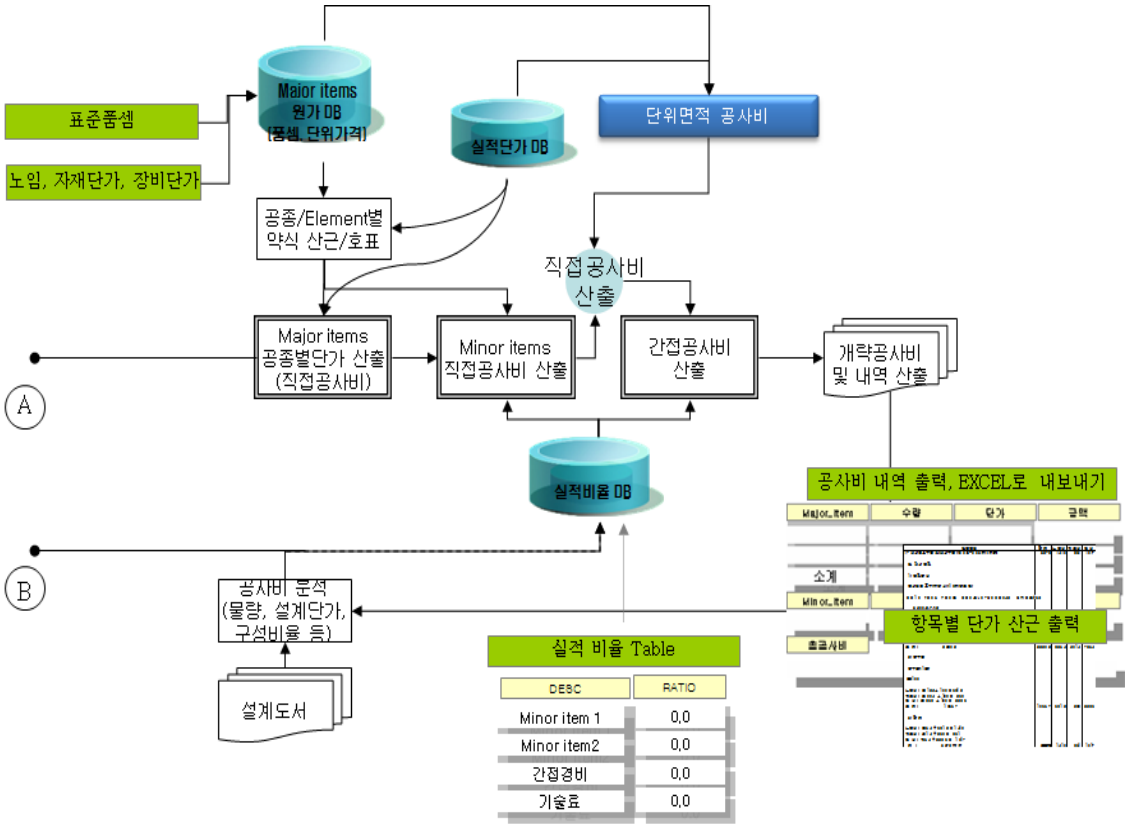
대표공종의 물량 산출방법은 시스템이 물량을 예측한 값을 제공하는 경우, 사용자가 직접 입력하는 경우, 기존 물량산출 소프트웨어와 연동하는 경우(국도 토공에 국한됨) 등 세가지 유형이 있다. 건축공사의 경우 대부분 사용자가 직접 입력하게 되어 있고, 국도나 하천의 경우 대부분 공종별로 물량을 예측하는 알고리즘이 시스템에 반영되어 있다. 공종별 물량예측 알고리즘은 다시 CBR, 표준단면별 물량산출식, 회귀모형 등 공종별 성격에 따라 접근방법이 다르다.

대표물량기반 모델에서 대표공종의 물량을 산출하는 시스템 프로세스를 도시하면 다음과 같다.



<그림 3-31> 대표공종 물량산출 프로세스

대표공종의 물량이 산출되고 나면 공종별 단가를 산출하여 적용하게 되는데, 단가 산출은 기존의 설계가격 산출방법에 준한다. 즉, 실적공사비가 공고되어 있는 공종의 경우 실적공사비를 적용하게 되고, 그렇지 않은 경우 표준품셈과 거래실례가격정보를 토대로 원가계산하여 단가를 산출하게 된다. 건축공사 부대 설비 및 조경 등의 경우 단위면적 공사비를 활용하는 경우가 있는데 이 경우도 실적공사비와 표준품셈 등에 의하여 일위대가표나 산출근거를 작성하여 적용하는 구조이다.



<그림 3-32> 대표공종 단가 산출 및 기타 공사비 산출 프로세스

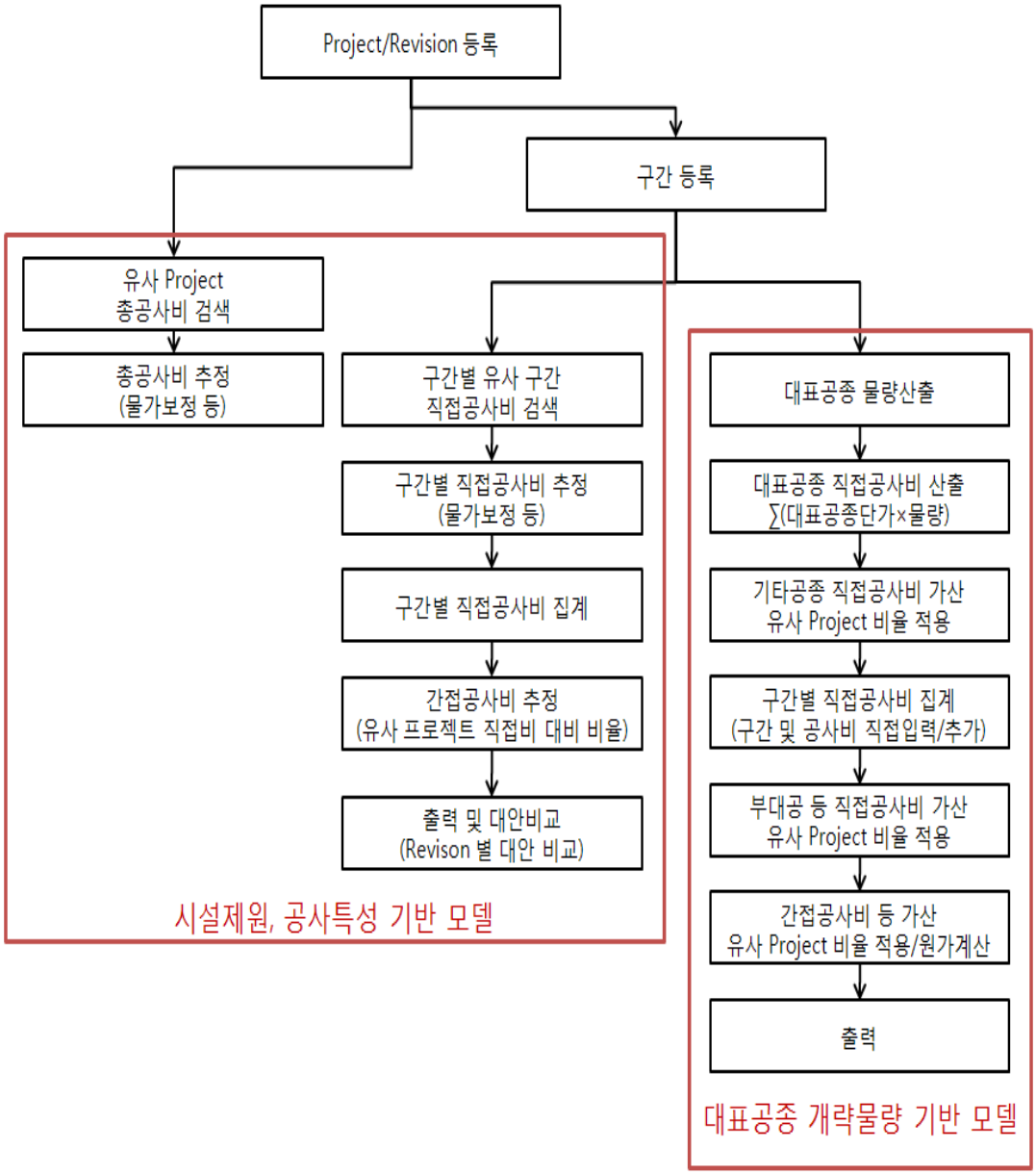
한편, 간접노무비, 각종 보험료, 산업안전보건관리비, 기타경비, 일반관리비, 이윤 등 직접공사비 이외에 공사에 소요되는 비용(간접공사비 등)의 경우는 관계법령에서 정하고 있는 기준에 따라 추가로 계상된다.

2. 국도(교량 및 터널 포함) 개략공사비 예측 시스템

국도 부문의 개략공사비 예측 시스템은 CBR 시스템과 대표물량기반 시스템으로 구성되며, CBR 시스템은 다시 도로 노선 전체의 개략공사비를 예측하는 서브모듈과 도로 노선의 구간별(토공구간, 교량구간, 터널구간) 개략공사비를 각각 예측하여 집계하는 서브모듈로 구성되어 있다.

CBR 시스템은 사용자가 프로젝트와 구간을 등록하면서 입력한 시설제원 및 공사특성 정보를 토대로 시스템에서 유사 프로젝트/구간 공사비 정보를 검색하여 유사도 점수와 함께 제시하고 이를 토대로 예측 공사비를 제시하는 흐름으로 진행된다.

대표물량기반 개략공사비 예측 시스템의 경우는 CBR 시스템에 비해 입력해야 하는 공사특성 정보가 보다 상세하며, 물량산출, 단가적용, 간접비 등 가산과 같은 상대적으로 복잡한 과정을 요구한다.



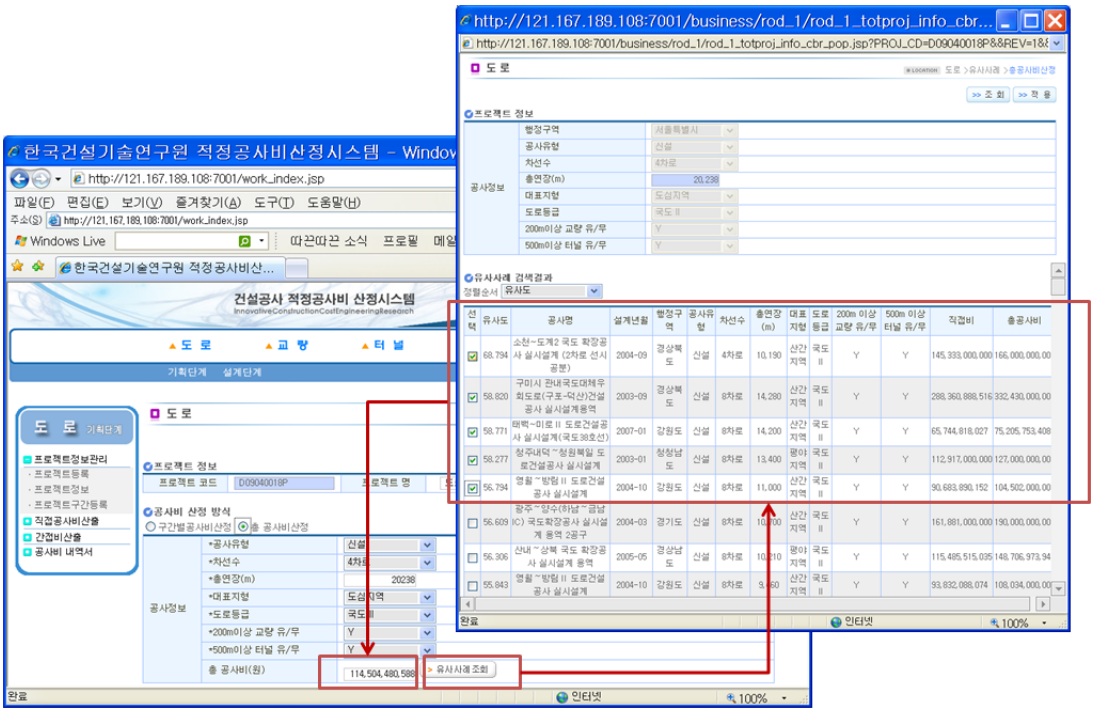
<그림 3-33> 개략공사비 예측 시스템 흐름 예시 (국도)

그림의 시설제원, 공사특성 기반 모델은 공사비 예측 기본 엔진이 CBR을 기초로 하고 있으며 시스템 사용자 Manual에서는 편의상 기획단계 모델로 총칭하고 있으며, 대표물량 시스템은 시스템 사용자 Manual에서는 편의상 설계단계 모델로 총칭하고 있다.

가. CBR 기반 국도 개략공사비 예측 시스템

CBR 시스템은 사업의 기획을 위한 초기단계의 개략적인 예산소요액 추정이 목적이므로 시스템의 인터페이스가 매우 간단하다. 다음 그림은 국도 노선전체 개략공사비 예측 화면을 보여주고 있다.

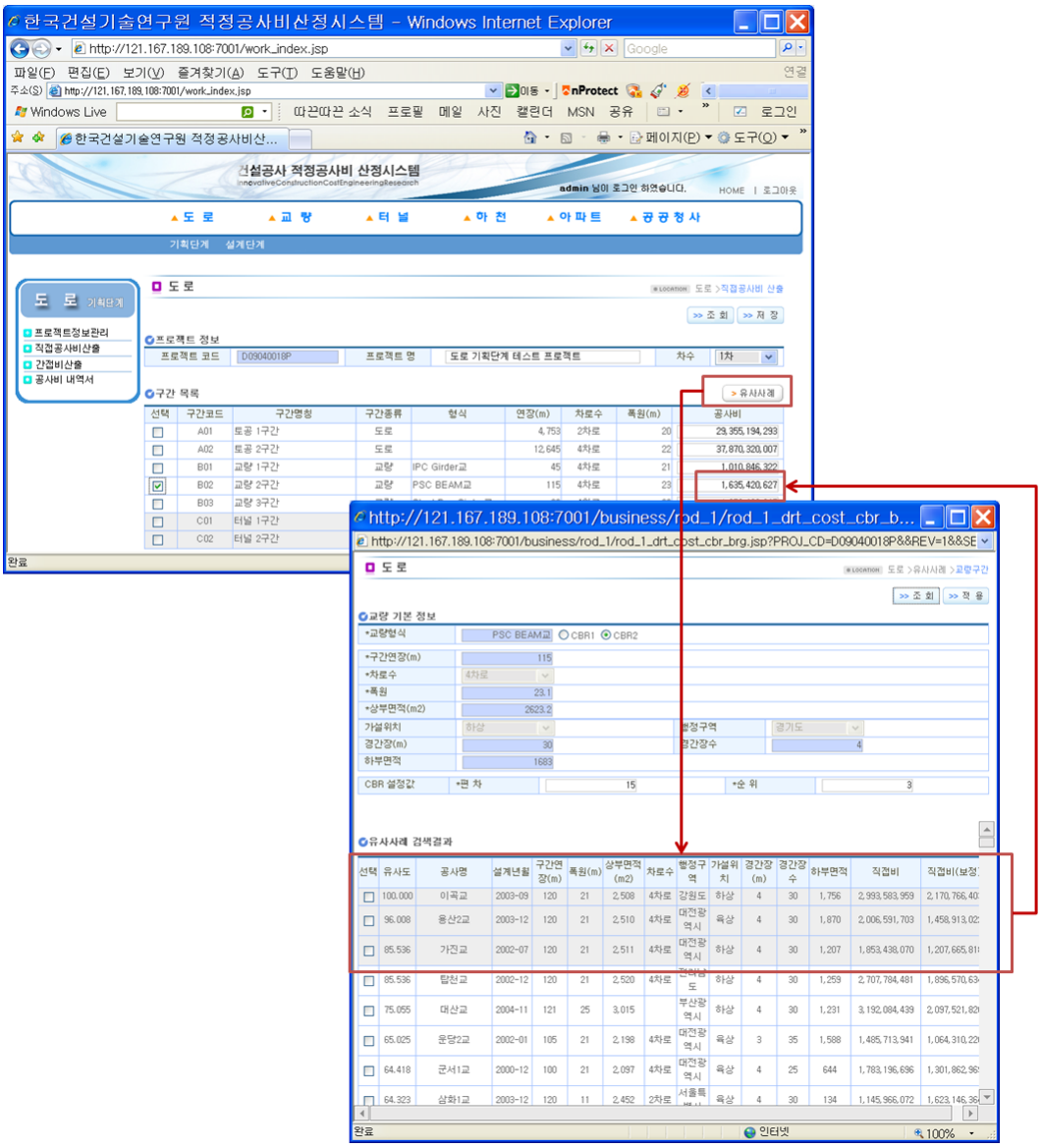
사용자가 당해 공사의 차로수, 총연장, 지형특성, 도로등급, 장대교량 및 터널 등의 유무 등 변수를 입력하면 시스템은 이를 토대로 과거 사례노선별 유사도 점수를 산정하고 유사 노선의 공사비를 토대로 당해 사례의 개략공사비를 제시하게 된다.



<그림 3-34> 국도 노선전체 개략공사비 예측 인터페이스

교량, 터널 등 도로구조물의 경우 CBR 시스템이 다시 CBR1과 CBR2로 구분되는데, CBR2는 CBR1에서 고려하는 구조물 공사비 변수 이외에 추가되는 몇가지 변수를 추가하여 보다 상세하게 유사사례를 찾는 과정을 거친다.

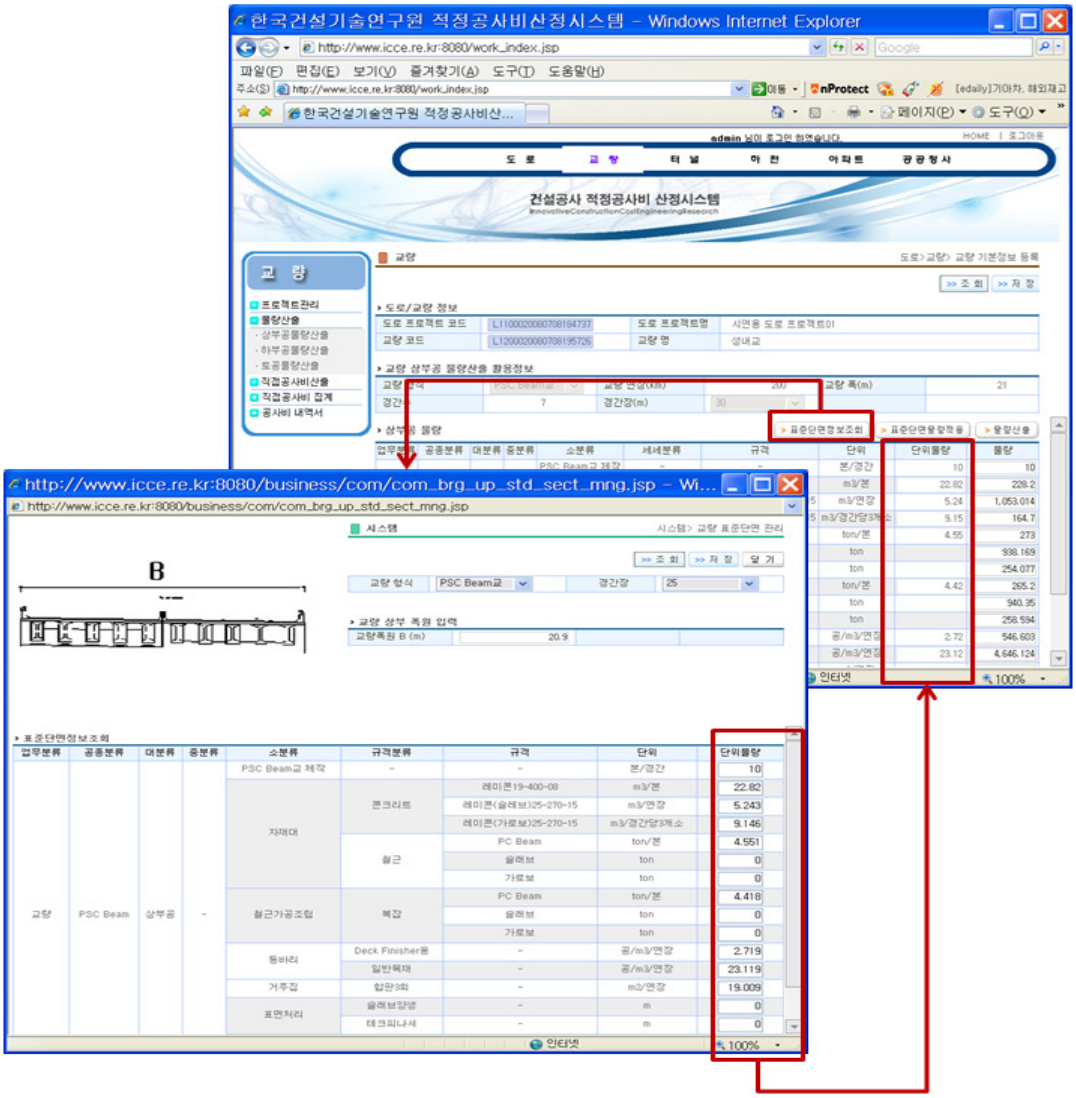
다음의 그림에서 교량구간을 대상으로 구간별 개략공사비 예측 화면을 보여주고 있다. 사용자는 교량형식, 연장, 차로수, 폭원 등 교량의 개략적인 정보를 이용하는 CBR1과 여기에 가설위치, 경간장, 하부면적 등 변수를 추가로 고려하는 CBR2를 선택하여 적용할 수 있다.



<그림 3-35> 국도 구간별 개략공사비 예측 인터페이스

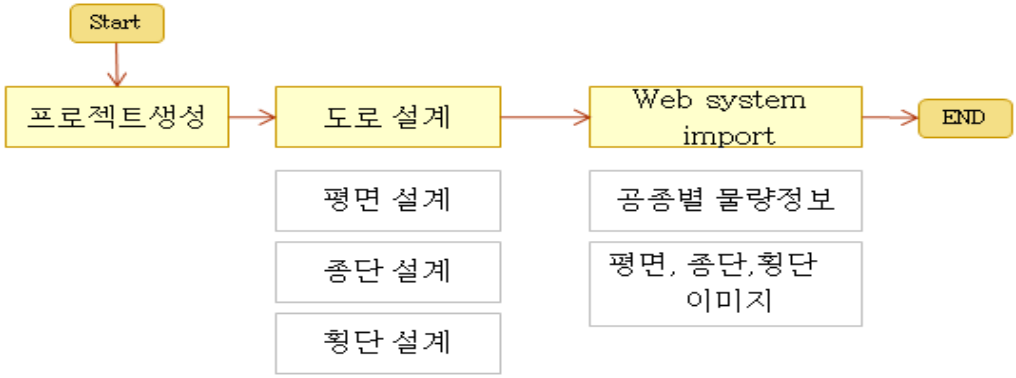
나. 대표물량기반 국도 개략공사비 예측시스템

대표물량기반 시스템은 설계대안별 공사비 비교 등의 용도로 개발되었으므로 CBR 시스템 보다 좀 더 복잡하고 정밀한 인터페이스를 가진다. 여기서는 사용자가 입력한 변수를 토대로 시스템이 대표공종의 개략물량을 먼저 산출하게 된다. 대표공종별 개략물량은 해당 대표공종의 특성에 따라 회귀모형이나 CBR, 표준단위물량표 모델 등 다양한 알고리즘에 의해 산출되는데 아래 그림은 교량 상부공의 표준도면과 연동되는 표준단위물량표와 교량제원정보를 활용하여 대표공종별 개략물량을 추정하는 기능을 예시하고 있다.

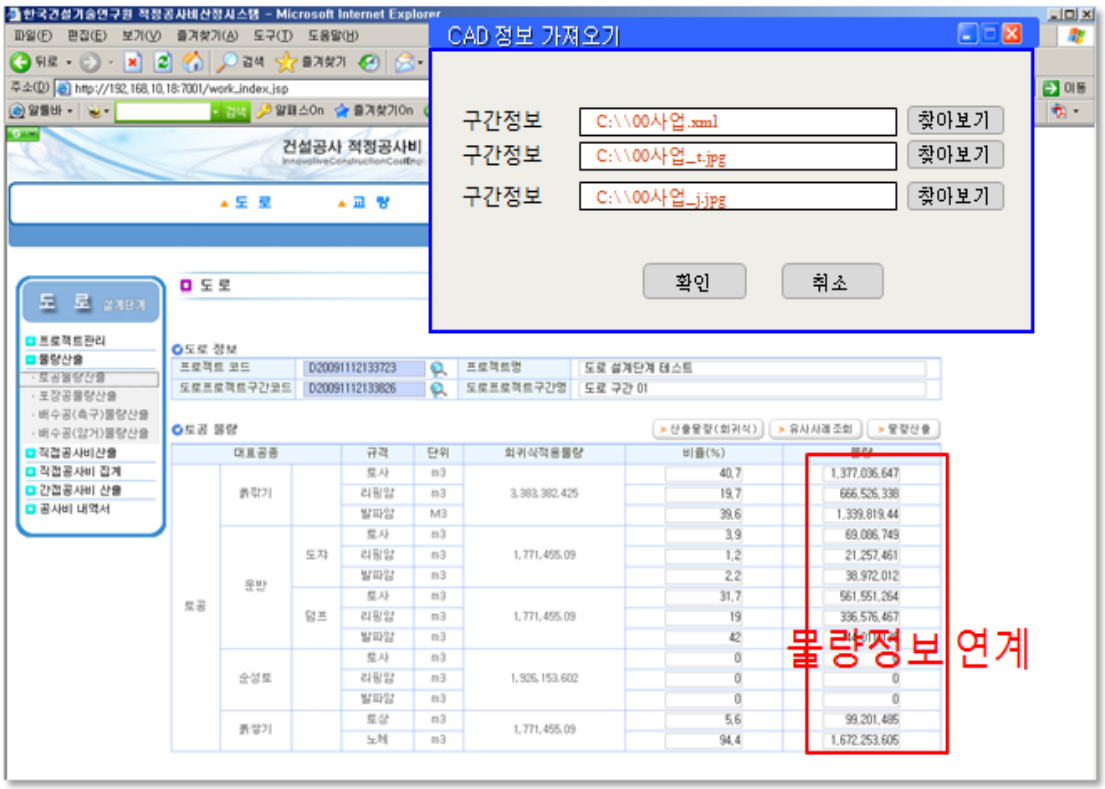


<그림 3-36> 대표공종 개략물량 추정 인터페이스 예시(교량상부공)

그런데 토공의 경우 시스템에 기본 탑재되어 있는 회귀모형이나 CBR 기반의 물량산출 알고리즘 이외에 기존 도로설계 시스템(RD2005)에서 산출되는 물량을 upload하는 기능을 제공한다. 이 경우의 시스템 프로세스 및 인터페이스는 다음과 같은데, 프로세스 중 프로젝트 생성, 도로설계 부분은 본 연구와 무관한 기존 시스템의 프로세스이고 Web system import 부분만 본 연구를 통해 제공된 모듈이다.

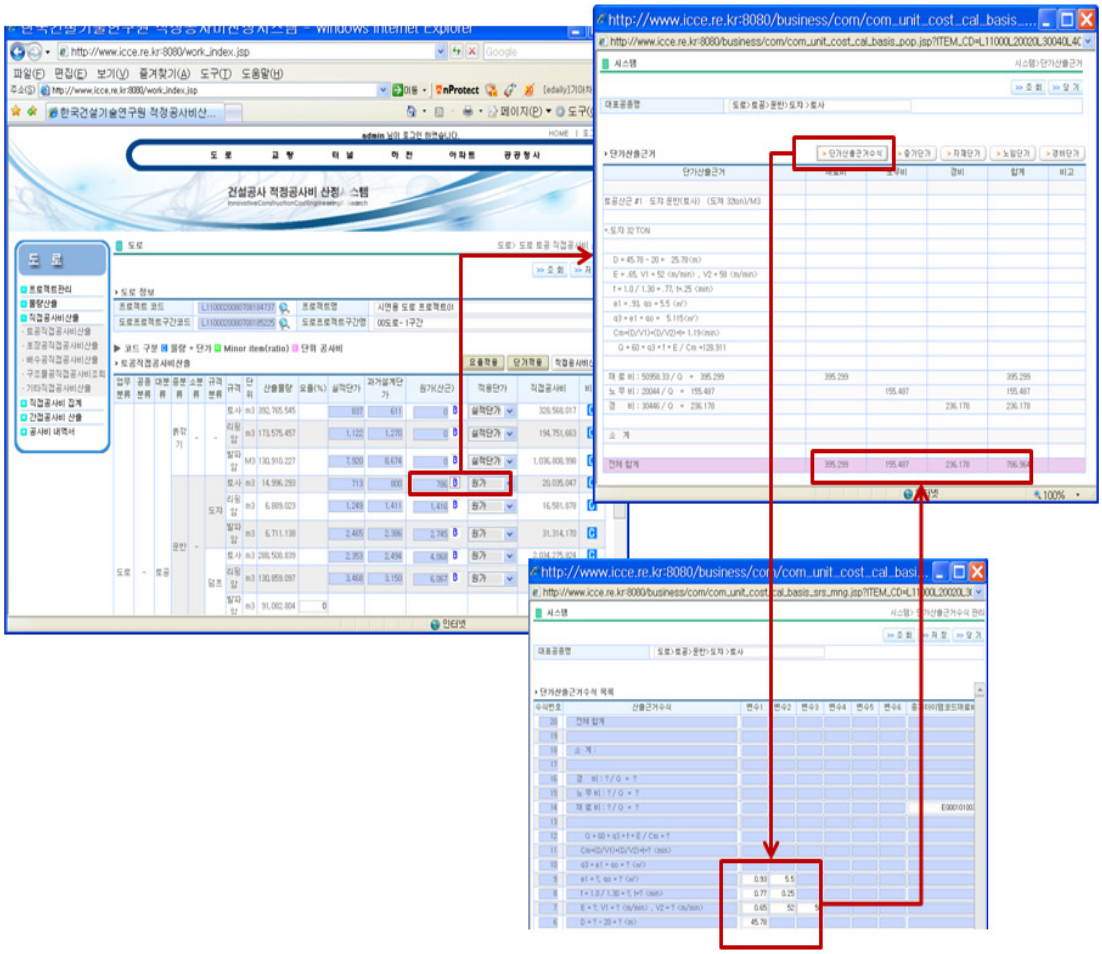


<그림 3-37> 기존 도로설계 시스템과 토공부문 대표공종 물량 연동 프로세스



<그림 3-38> 토공부문 대표물량 import 인터페이스

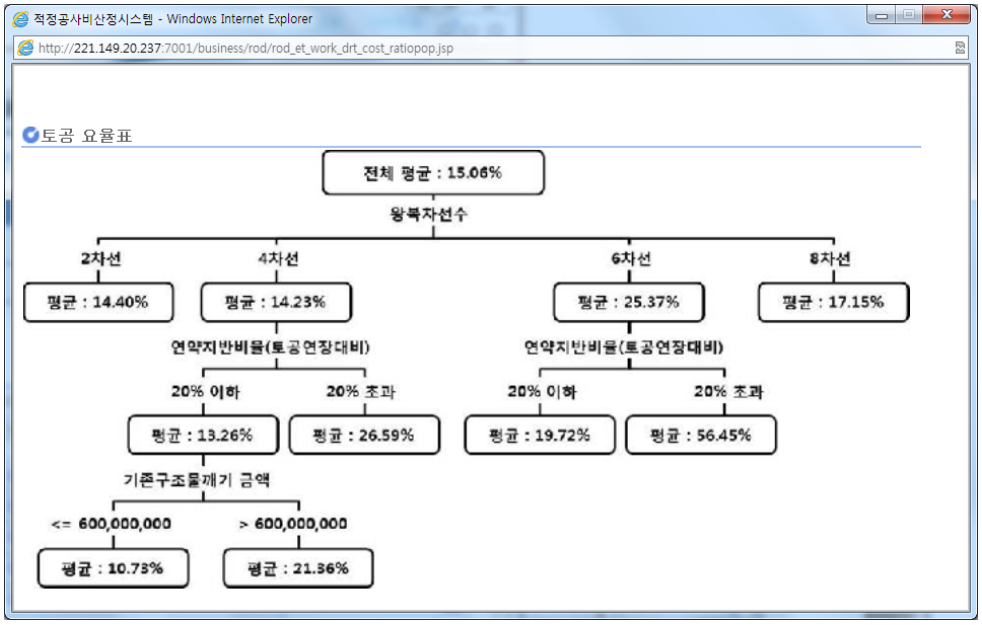
대표공종별 개략물량이 산출되고 나면 대표공종별 물량에 적용할 직접공사비 단가를 최근시점의 표준품셈이나 실적공사비를 활용하여 산출하게 된다.



<그림 3-39> 대표공종별 직접공사비 단가산출 인터페이스 예시(도로 토공)

여기서 대표공종별 직접공사비 단가는 국토해양부 장관이 공고하는 실적공사비, 표준품셈에 의한 가격, 주자재 자체가 대표공종인 경우 자재단가 등 대표공종별 성격에 따라 결정된다. 대표공종별 직접공사비 단가는 간접공사비 등의 산정에 대응할 수 있도록 재료비와 노무비, 경비로 분할되어 있으며, 표준품셈에 의한 가격인 경우 운반거리 등 단가에 영향을 미치는 변수들을 편집할 수 있는 기능도 제공하고 있다.

대표공종별 개략물량과 단가를 곱하여 집계하는 절차를 거친 후 비중이 낮은 기타공종의 직접공사비를 대표공종 직접공사비 대비 비율에 의해 가산하게 된다. 기타공종 직접공사비 산출에 적용하는 비율은 시설물별 구성요소별로 특성을 반영하여 결정된다. 아래에 국도 공사 토공의 기타공종 직접비 산정시 적용하는 비율 팝업창을 예시하였다.



<그림 3-40> 국도 토공 기타공종 직접공사비 산정 요율

간접공사비는 직접공사비를 토대로 원가계산방법으로 가산하게 되어 있다. 다음은 국도공사 대표공종 모델의 간접공사비 산출 화면을 예시하고 있다.



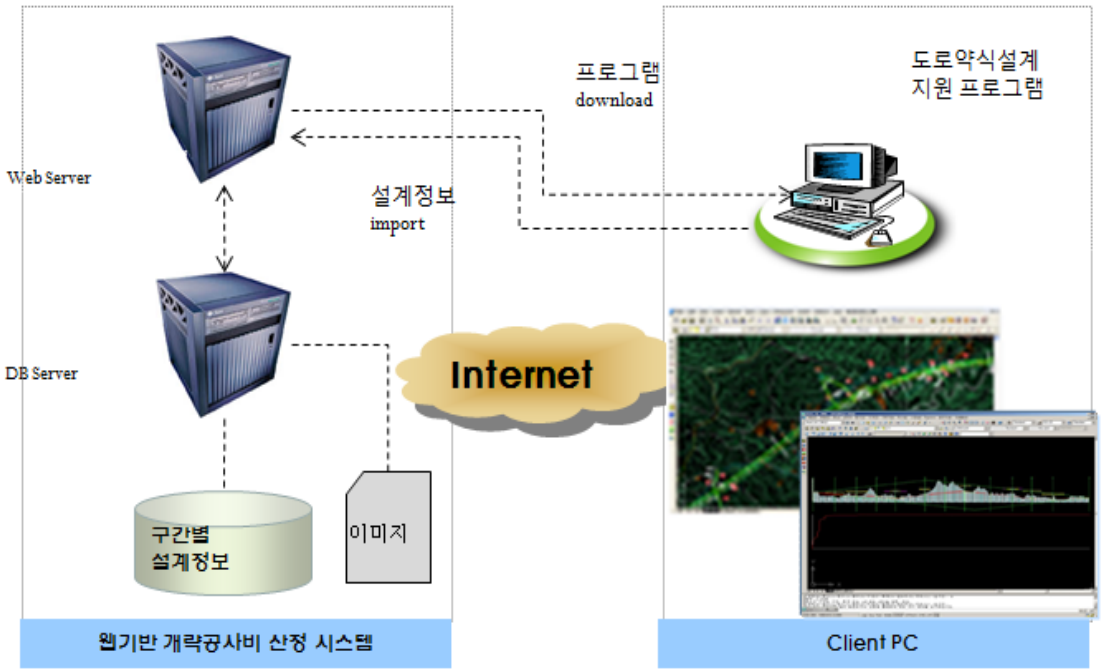
<그림 3-41> 간접공사비 등 산출 인터페이스

간접공사비 산출은 간접노무비, 산재보험료, 산업안전보건관리비 등 경비의 세목별로 재료비, 노무비, 경비 기초금액에 따라 조달청이 발표하는 요율을 적용하여 산출하게 된다. 조달청 요율값이 기본값으로 제시되며, 발주청별로 기준이 다를 경우 요율창에서 직접 요율 수치를 수정하여 적용할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 조달청의 제경비 요율표를 팝업창으로 제공하여 전체적인 경비의 구조 등을 참고할 수 있도록 하고 있다.

다. CAD 기반 도로 약식설계 지원 시스템

CAD 기반 시스템은 국도 CBR 시스템의 활용 시나리오 보강 목적으로 개발되었으며, 사용자가 수치지형도를 기반으로 시·종점과 경유지 정보 등을 제공하면 시스템이 개략 종단설계를 실시하여 구조물 구간별 연장정보를 생성하는 시스템이다. 이 시스템의 산출물인 구조물 구간별 연장정보는 국도 구간별 CBR 시스템에서 개략공사비 산출을 위한 입력정보로 upload하여 활용된다.

CAD 기반 시스템은 기존 CAD 소프트웨어의 3rd party 형태로 개발되었으므로 Client PC에서 오프라인(off-line)으로 구동한 후 산출물만 웹기반 CBR 시스템에 upload하게 된다.



<그림 3-42> CAD 기반 도로 약식설계 지원시스템과 웹기반 CBR 시스템

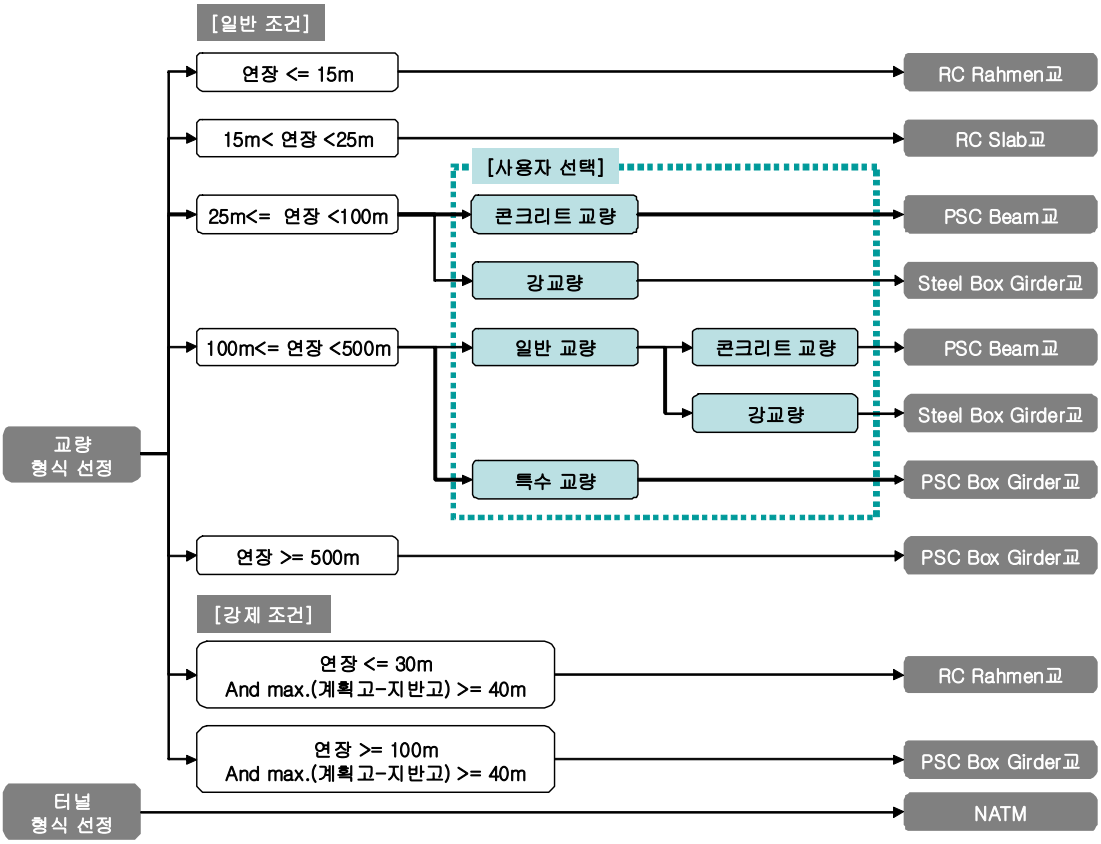
CAD 기반 도로 약식설계 지원 시스템은 개략평면설계, 개략종단설계, 구조물구간 정보 설정, CBR 시스템 연동의 프로세스를 거치게 되며, 이를 도시하면 다음과 같다. 여기서 종단설계 과정의 삼각망 정보 맵핑 및 이를 기초로 한 지반고 산출, 최적 종단 탐색 등은 기존 RD2005의 알고리즘을 활용하고 있다.



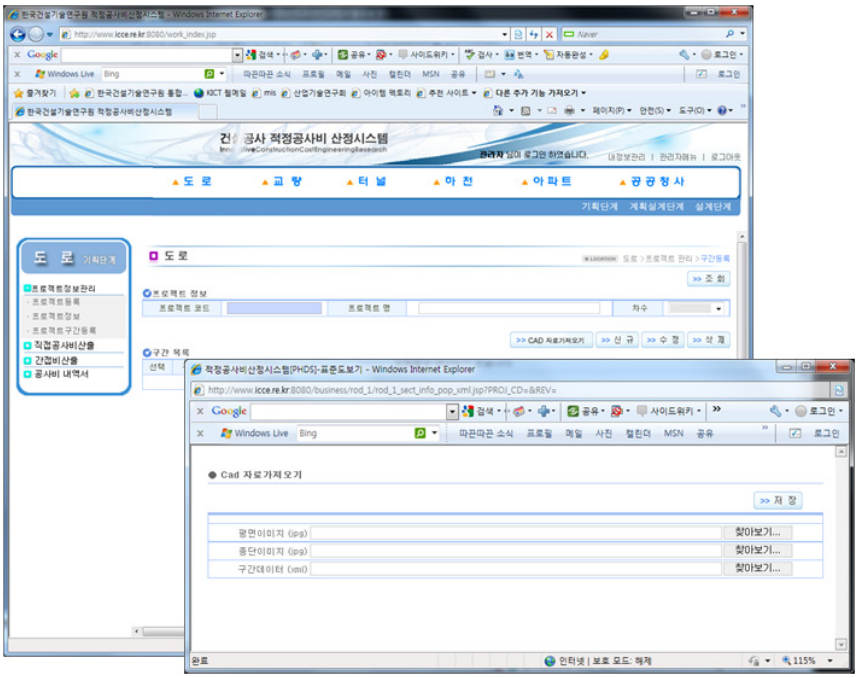
<그림 3-43> CAD 기반 도로 약식설계 지원 시스템 프로세스

한편, 도로 구간연장 정보를 CBR 시스템에 upload하기 전에 교량의 형식을 결정할 수 있도록 형식결정 기준을 제공하고 있다. 교량 형식 결정 알고리즘의 의의는 교량구간의 연장과 계획고/지반고 정보를 토대로 교량형식을 일관성 있게 결정할 수 있는 기준을 제공하므로써 이를 토대로 산출한 개략공사비의 객관성을 제고하는데 있다.

교량형식 결정 알고리즘과 평면·단면 및 도로 구간별 연장정보를 웹기반의 개략공사비 예측 시스템(대표물량기반 시스템)에 upload하는 인터페이스를 다음 페이지에 제시하였다.



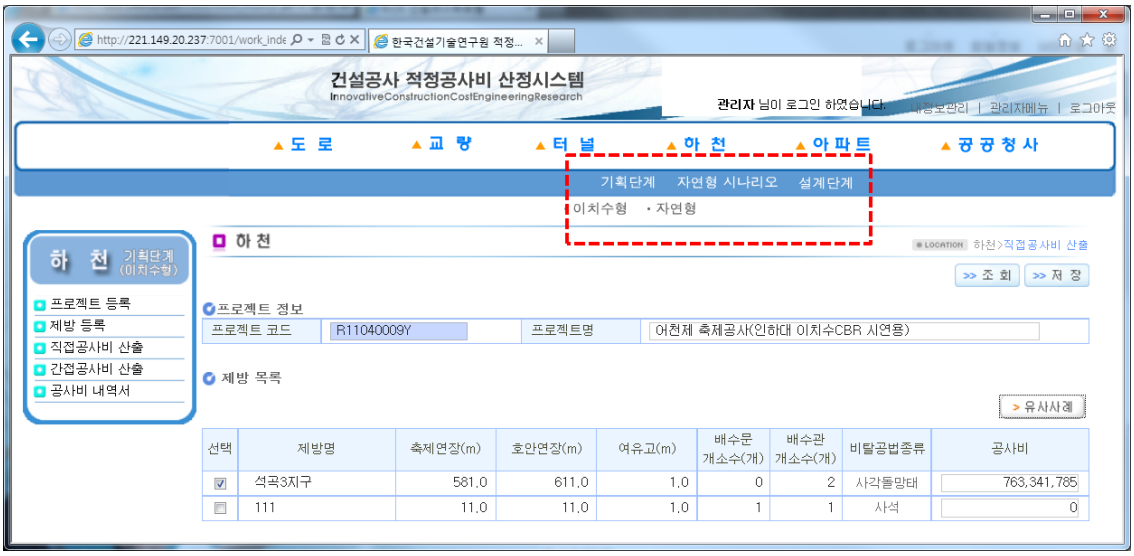
<그림 3-44> 교량 형식 결정 알고리즘



<그림 3-45> 도로 평면, 단면 및 구간연장정보 upload 인터페이스

3. 하천 개략공사비 예측 시스템

하천공사 개략공사비 예측 시스템은 다음 그림에서 보는 바와 같이 CBR 시스템(기획단계)과 대표물량기반 시스템(설계단계) 이외에 자연형 시나리오 시스템이 추가되어 있다. 이하에서 하천부문 개략공사비 예측시스템의 서브 시스템 각각의 인터페이스를 소개하였다.



<그림 3-46> 하천부문 개략공사비 예측 시스템의 서브모듈 구성

가. CBR 기반 하천 개략공사비 예측 시스템

CBR 시스템은 시설물에 관계없이 사용자가 유사사례 선정을 위해 활용할 변수만 정의해 주면 시스템이 과거 사례에 대해 정해진 알고리즘에 따라 유사도 점수를 산정하여 가장 유사한 사례를 반영하여 당해 공사의 공사비를 추정해서 제시하는 유사한 프로세스에 따라 수행된다. 이치수형 하천 공사의 개략공사비 예측을 위한 CBR 시스템은 제방별로 축제연장, 호안연장, 여유고, 배수문 개소수, 배수관 개소수, 비탈공법 종류 등을 변수로 하여 유사사례를 적용하게 된다. 다음 페이지에 이치수형 하천 CBR 시스템의 조건입력창과 유사사례 검색결과창을 제시하였다.



<그림 3-47> 이치수형 하천 유사사례 검색 인터페이스



<그림 3-48> 이치수형 하천 유사사례 검색 인터페이스

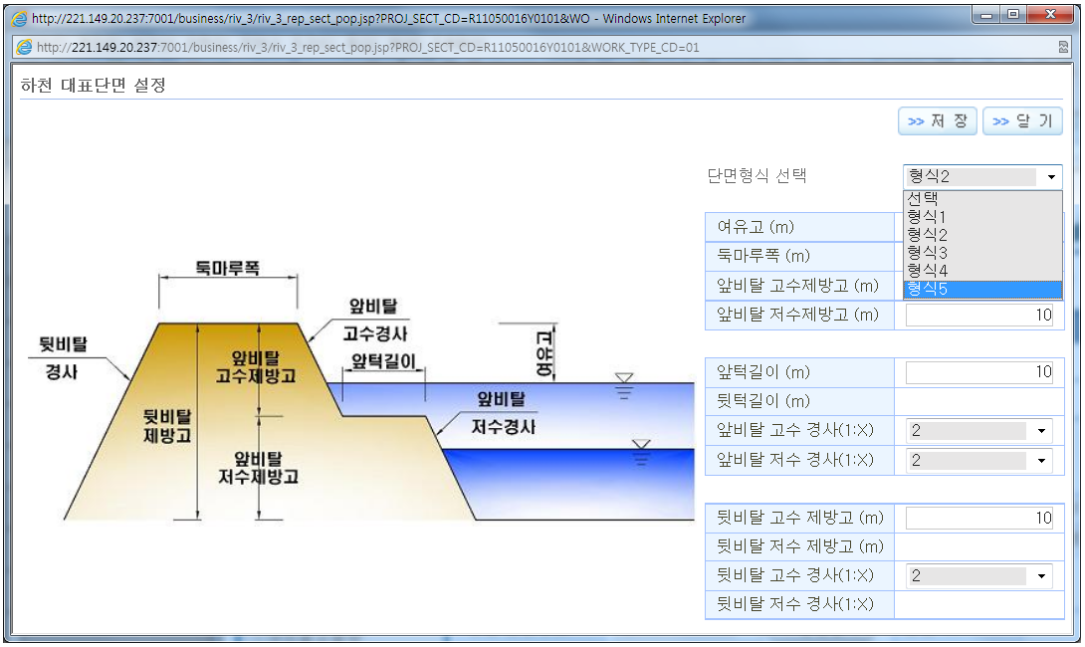
한편, 자연형 하천을 구성하는 자연형 구조물공, 자연형 포장공, 식생공 등은 구성요소별로 CBR 결과를 집계하는 구조로 되어 있다. 자연형 구조물공은 평여울, 징검여울, 수제, 어도, 습지공, 징검다리, 친수계단, 데크 등 구조물공 구성내역에 따라 유사사례를 적용하며, 자연형 포장공은 칼라투수콘, 칼라아스콘, 화강석판석, 자연석판석, 잔디블럭, 마사토, 지압토, 흙, 벽돌, 자갈, 우레탄 등 포장재료별 구성내역에 따라 유사사례를 적용한다. 식생공은 초화류, 관목류, 교목류 등 식생 종류별 면적 구성비율을 변수로 유사사례를 적용한다. 자연형 부대공은 요율에 따라 계상되며, 기타 자연형시설을 사용자가 직접 입력하여 추가할 수 있게 되어 있다.



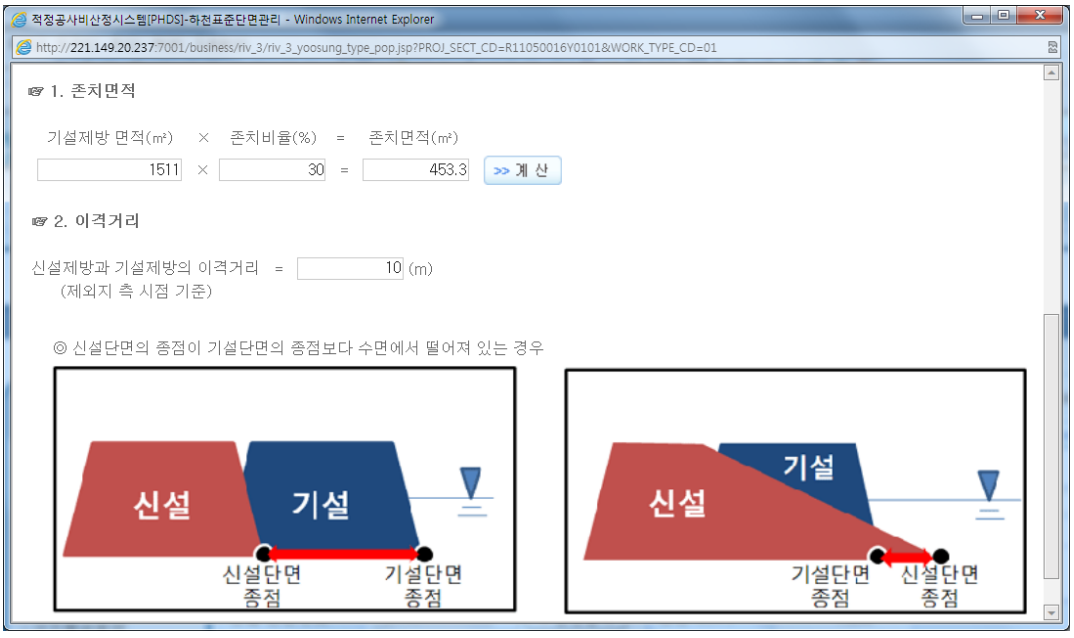
<그림 3-49> 자연형하천 CBR 시스템 인터페이스

나. 대표물량 기반 하천공사비 개략공사비 예측 시스템

하천공사 대표물량 기반 개략공사비 예측 시스템의 경우 국도부문과 대표공종 물량·단가산출, 기타공사비 가산 등 전반적인 프로세스는 유사하지만, 물량산출 등을 위해 필요한 제방 제원 설정 등 기본정보의 입력 인터페이스에 차이가 있다.



<그림 3-50> 이치수형 하천 제방 형식결정 및 제원 입력 인터페이스

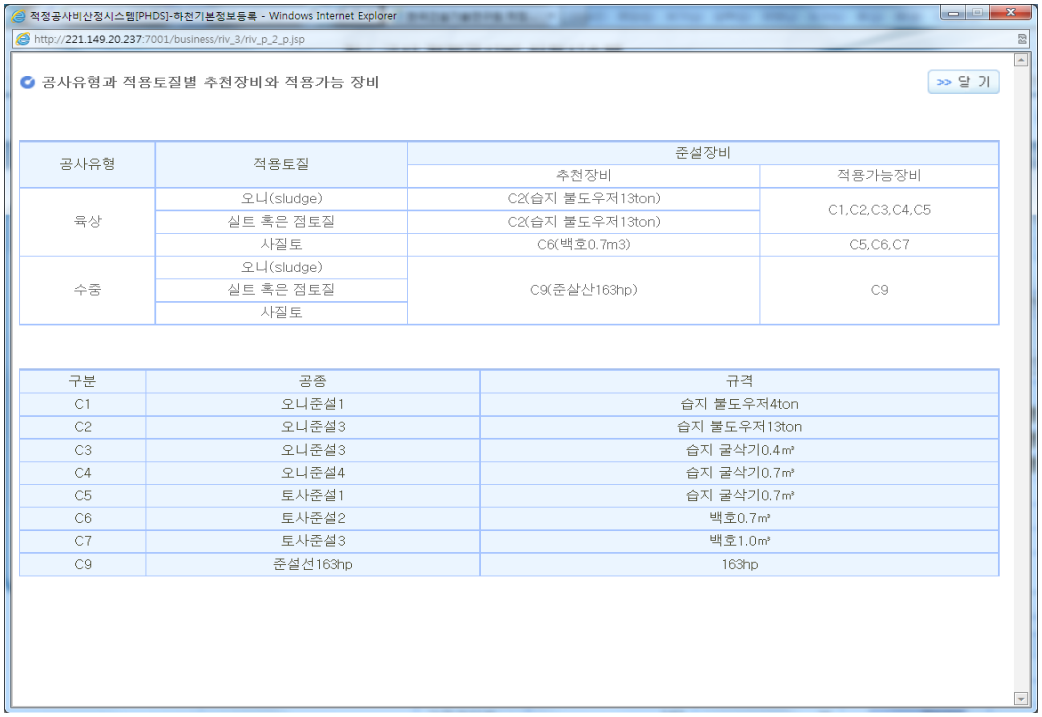


<그림 3-51> 신설 및 기설제방 형상별 존치면적 산출 인터페이스

한편, 준설공의 경우 준설시점과 종점의 단면정보를 기반으로 물량을 산출하는 인터페이스를 제공하고, 조건별 추천 준설장비에 관한 팝업창을 추가하여 사용자 편의를 도모하고자 하였다.



<그림 3-52> 준설 시·종점 단면정보 설정 인터페이스



공사유형과 적용토질별 추천장비와 적용가능 장비

공사유형	적용토질	준설장비	
		추천장비	적용가능장비
육상	오니(sludge)	C2(습지 불도우저13ton)	C1,C2,C3,C4,C5
	실트 혹은 점토질	C2(습지 불도우저13ton)	
	사질토	C6(백호0.7m3)	C5,C6,C7
수중	오니(sludge)	C9(준설선163hp)	C9
	실트 혹은 점토질		
	사질토		

구분	공종	규격
C1	오니준설1	습지 불도우저4ton
C2	오니준설3	습지 불도우저13ton
C3	오니준설3	습지 굴삭기0.4㎥
C4	오니준설4	습지 굴삭기0.7㎥
C5	토사준설1	습지 굴삭기0.7㎥
C6	토사준설2	백호0.7㎥
C7	토사준설3	백호1.0㎥
C9	준설선163hp	163hp

<그림 3-53> 조건별 준설장비 추천 팝업

다. 자연형 하천 시나리오 제공 시스템

자연형 하천의 경우 전체 공사비 중 제방공사비를 제외하고 자연형에 투자할 수 있는 예산규모가 먼저 정해지는 경우가 많기 때문에 예산범위 내에서 자연형 하천공의 시나리오를 제공하는 시스템을 개발하였다.



<그림 3-54> 자연형 시나리오 예산규모 설정 인터페이스

시스템은 사용자가 설정한 예산 규모를 토대로 Data Base에서 유사한 규모의 예산으로 시행한 과거 징검여울, 어도, 칼라투수콘포장 등 주요 자연형 구조물과 포장공의 구성요소별 공사비 배분비율을 분석하여 제시하게 된다. 사용자가 시스템에서 제시한 과거 사례 중 당해 공사에서 적용하고자 하는 자연형 시설을 선택하게 되고, 시스템은 다시 사용자가 선택한 자연형 시설물을 구성하는 세부 내역별로 공사비를 배분하고 세부내역별 물량까지 역산하여 사용자가 참고할 수 있는 시나리오를 제공하게 된다.



<그림 3-55> 과거 자연형 시설물 예산 사용 비율 분석 결과 제공 인터페이스



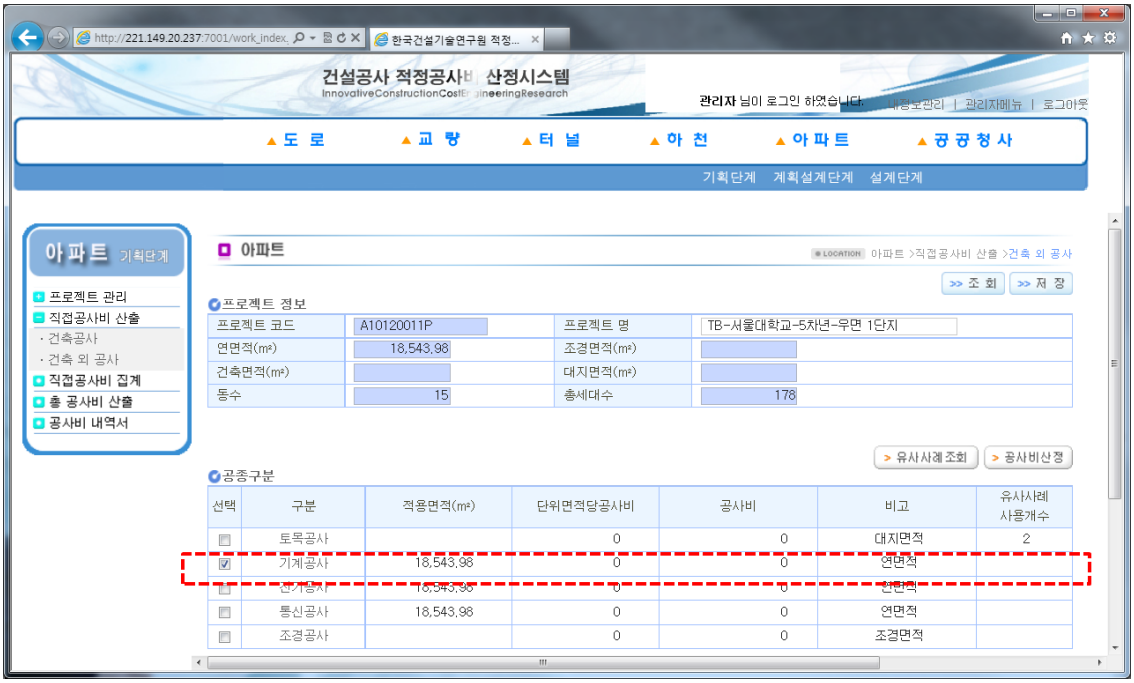
<그림 3-56> 자연형하천 세부 공종별 시공 시나리오 제공 인터페이스

4. 건축부문 개략공사비 예측 시스템

가. 개략공사비 예측 시스템 적용 단계 구분

건축부문 개략공사비 예측시스템은 공공청사와 공동주택 등 두가지 시설유형을 대상으로 하고 있으며, 시설별로 각각 기획단계, 계획설계단계, 설계단계 등 단계별 서브시스템을 가지고 있다. 건축부문이 기획단계와 계획설계단계를 구분하고 있는 것은 교량, 터널 등 도로구조물 CBR 시스템이 CBR1과 CBR2로 세분되는 개념과 유사하다. 약간의 개념차이는 있으나, CBR을 근간으로 하되 상대적으로 다양한 변수가 고려되는 모듈이 계획설계단계라 할 수 있다. 도로부문과 차이가 있다면, 도로 구조물의 CBR1과 CBR2가 유사도 산정시 변수를 더 다양하게 고려하는 반면, 건축부문에서 기획단계와 계획설계단계 시스템은 CBR을 적용하는 항목 세분 정도가 다르다는 점이다.

예를들면, 공동주택의 기획단계 CBR 시스템에서 아파트를 구성하는 동별 건축공사비는 계획설계단계와 동일하게 동 단위로 산출되지만, 건축공사 부대 설비공사는 아래 그림에서 보는 바와 같이 하나의 항목으로 산출되고 있다.



<그림 3-57> 공동주택 기계설비공사 기획단계 CBR 인터페이스

반면에, 계획설계단계의 CBR 시스템에서는 다음 그림과 같이 기계설비공사를 옥내설비, 옥외설비, 지하로 세분하여 각각 CBR을 적용하게 된다.



<그림 3-58> 공동주택 기계설비공사 계획설계단계 CBR 인터페이스

공공청사 부문 역시 공동주택과 마찬가지로 기획단계, 계획설계단계, 설계단계 등 3개 시점별로 대응 가능한 개략공사비 예측시스템을 제공하고 있다. 물론, 공공청사의 공사비 예측 시스템도 공동주택과 차별화되는 특성이 반영되어 있다.

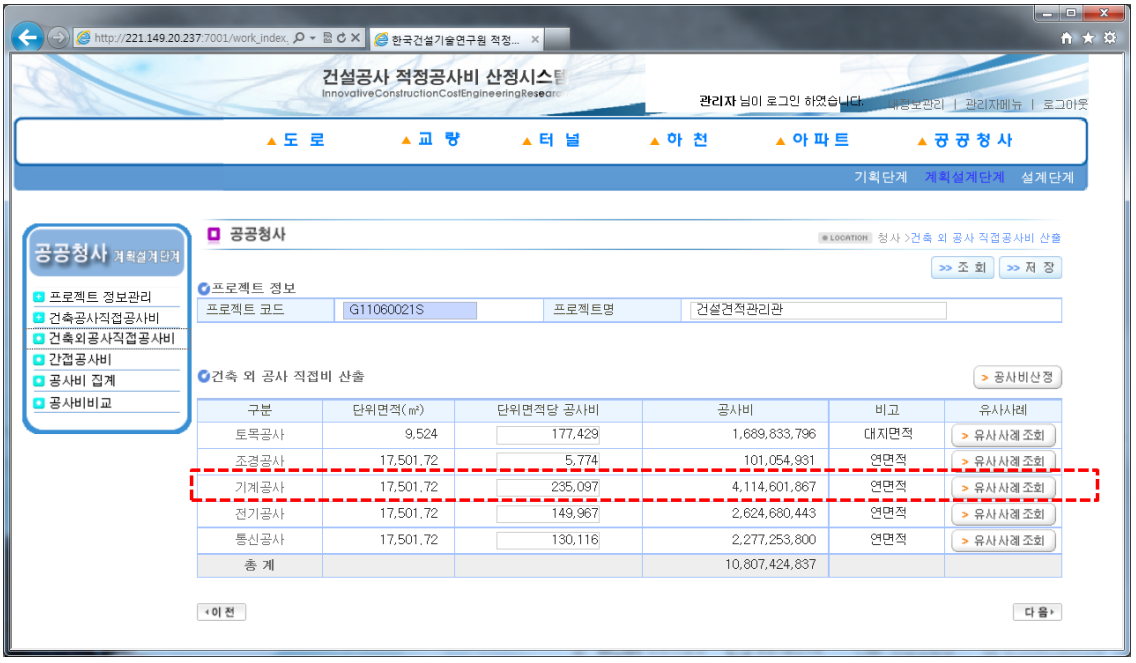
예를들어, 공공청사의 기획단계 CBR 시스템에서는 건축외 부문은 토목, 조경, 기계, 전기, 통신을 모두 묶어서 유사사례를 적용하고 있는 반면, 공공청사의 계획설계단계 CBR 시스템에서는 건축외 부문의 토목, 조경, 기계, 전기, 통신 등 각각에 대해 CBR을 적용한다.

건축부문 개략공사비 예측시스템의 단계구분이 국도나 하천과는 차이가 있는데 이는 공공청사의 경우 현상설계가 활성화되어 있는 등 사업시행 프로세스 자체의 차이가 반영된 결과이다. 다만, CBR 시스템에서 활용하는 변수 및 가중치 구조, 대표물량기반 시스템의 대표공종 분류 등이 사업별로 차이는 있으나, 전반적인 프로세스는 대동소이하다고 할 수 있다.

공공청사 기획단계 및 계획설계단계 건축외 부문 CBR 인터페이스를 다음 페이지에 예시하였다.



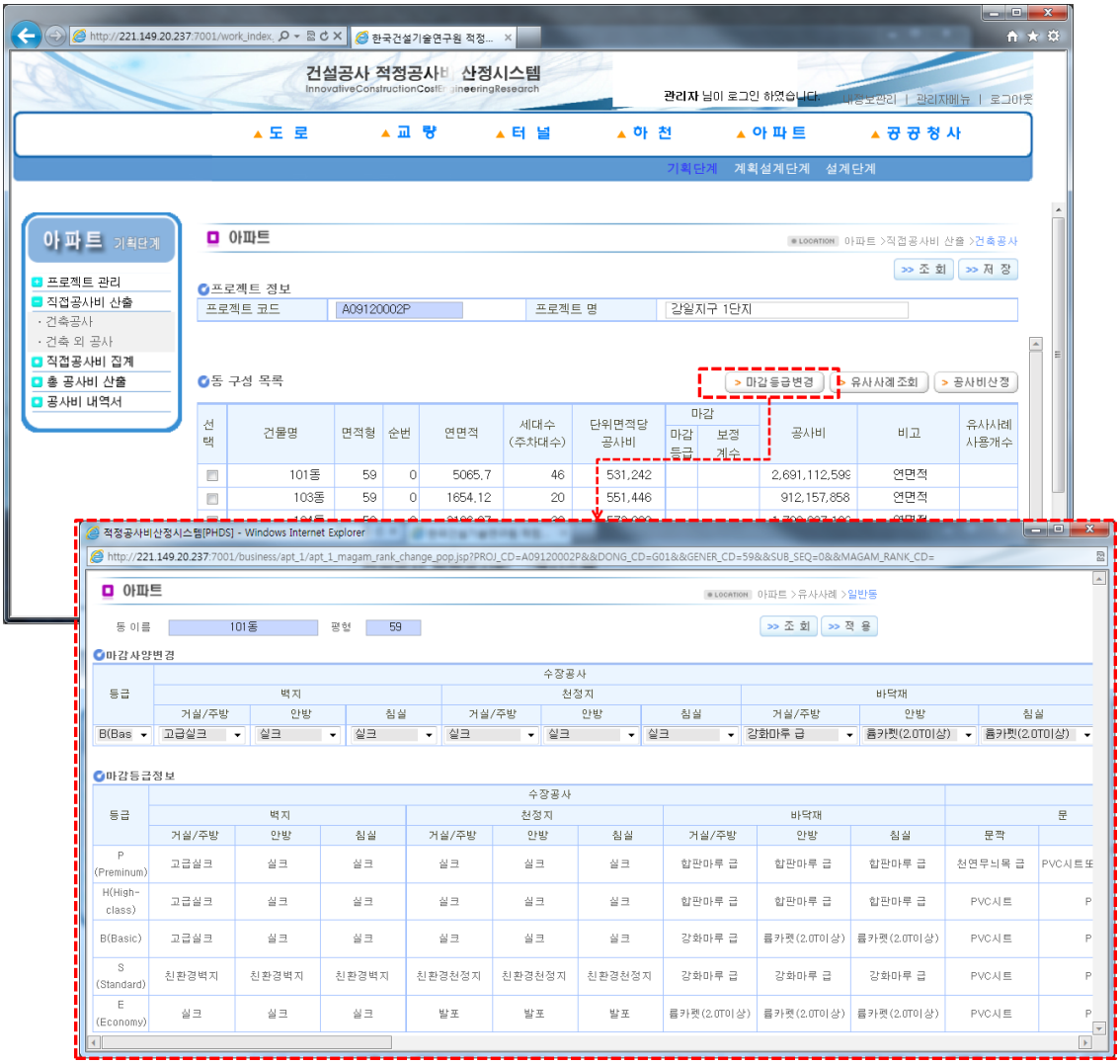
<그림 3-59> 공공청사 주택외 부문 기획단계 CBR 인터페이스



<그림 3-60> 공공청사 주택외 부문 계획설계단계 CBR 인터페이스

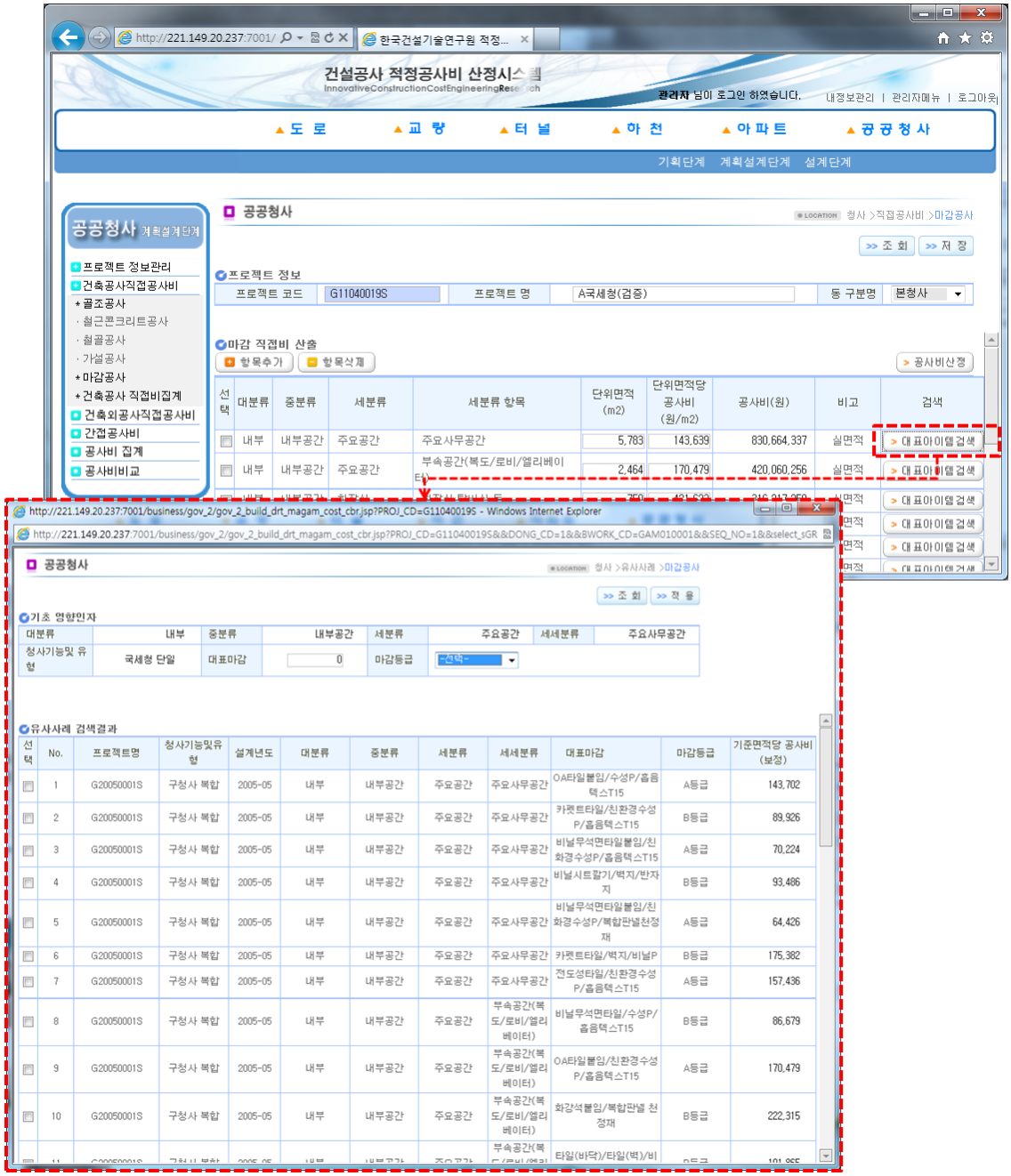
나. 내부마감 등급 관리

공동주택의 경우 마감수준은 품질을 체감하는 지표이자 공사비에도 영향을 미치는 주요한 변수이다. 따라서, 공동주택 개략공사비 예측시스템 중 특히 CBR 시스템에서 마감등급을 고려하여 공사비를 예측할 수 있도록 하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 5개 등급으로 마감수준을 정의하여 일괄적으로 마감등급을 변경할 수 도 있고 개별 마감항목별로 마감등급을 달리설정하여 공사비를 예측할 수도 있는 인터페이스를 제공하고 있다.



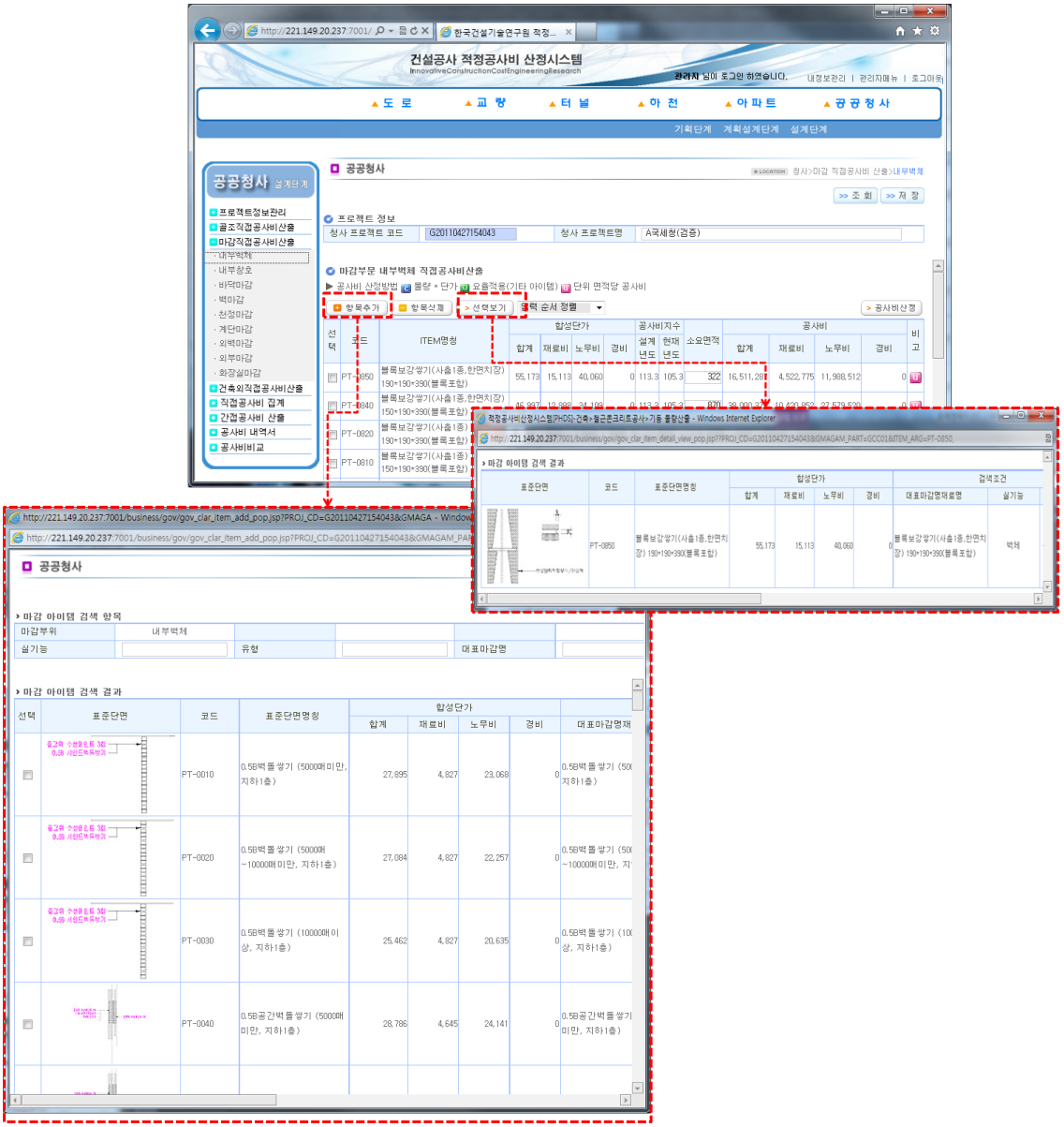
<그림 3-61> 공동주택 기획단계 마감등급 변경 인터페이스

공공청사의 경우도 공동주택과 마찬가지로 마감수준은 중요한 품질의 척도이자 공사비에 관한 의사결정에 영향을 미치는 중요한 변수이다. 공공청사의 계획설계단계 개략공사비 예측 시스템에서 마감등급을 결정하는 대표 아이템 정보를 기초로 유사공사의 단위면적당 마감공사비 단가를 조회하여 적용하는 인터페이스는 다음과 같다.



<그림 3-62> 공공청사 계획설계단계 유사 마감공사 단가 검색 인터페이스

공공청사의 설계단계의 경우는 마감 세부항목별로 대표마감 아이템과 함께 도면정보를 제공하여 세부항목을 선택·적용할 수 있도록 하고 있으며, 또한 마감 세부항목을 선택하여 마감 세부항목의 구체적인 도면 및 면적당 단가 정보를 확인할 수 있는 인터페이스를 제공하고 있다.



<그림 3-63> 공공청사 설계단계 세부마감 항목 생성 및 내용 확인 인터페이스

다. 공공청사 기본정보 입력 시나리오 모드

공공청사 기획단계용 CBR 시스템의 경우, 기술적 전문성이 다소 부족한 사용자도 구동할 수 있도록 해 달라는 요구가 상대적으로 컸기 때문에 사업 속성정보를 보다 쉽게 입력할 수 있는 장치를 제공하였다. 다음과 같이 기본적인 시설 면적정보를 토대로 좀 더 상세한 시설 속성에 대한 시나리오를 생성하여 비전문가도 시스템을 활용할 수 있도록 하였다.



<그림 3-64> 공공청사 기획단계 사업속성 입력 시나리오 모드

라. 공공청사 개략공사비 예측값의 수준 벤치마킹

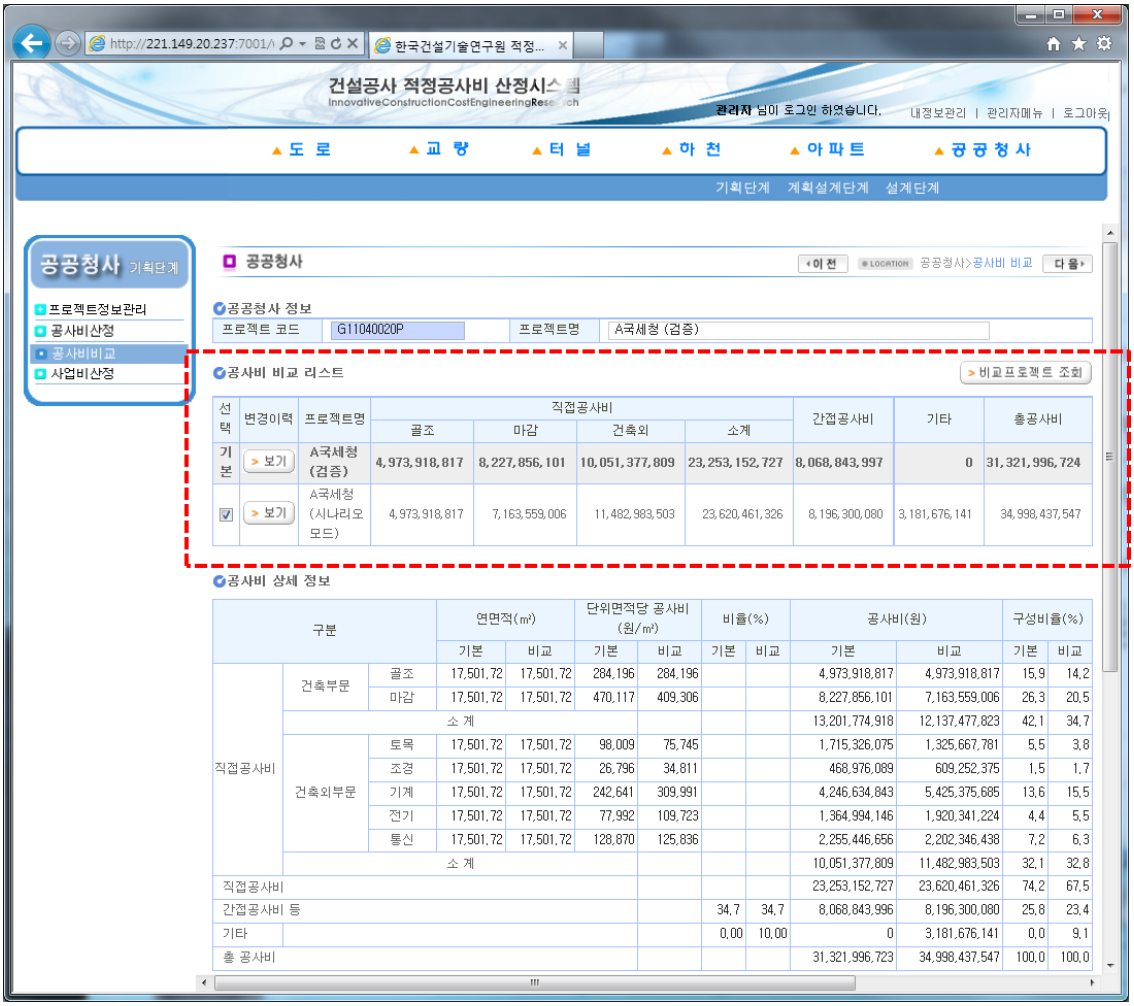
공공청사 기획단계 CBR 시스템에는 과거 DB에 수록된 청사들의 단위면적당 공사비와 당해 프로젝트 개략공사비 예측값을 비교할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

다음 그림에서 보는 바와 같이 당해 프로젝트에 대해 예측한 개략공사비를 단위면적당 공사비로 환산하면 1,789,652원/㎡이 되는 경우이다. 단위면적당 공사비 측면에서 수준을 벤치마킹 할 수 있도록 DB에 수록된 전체 사례의 통계값(최소 1,111,553원/㎡에서부터 최대 2,323,252원/㎡ 사이에 분포하고 있고, 평균은 1,628,611원/㎡이고 표준편차는 303,789원/㎡)과 함께 당해 프로젝트 단위면적당 공사비 수준의 순위(전체 DB에 수록된 38건 중 12번째로 비싼 수준) 정보를 제공하여 벤치마킹할 수 있도록 하고 있다.



<그림 3-65> 공공청사 기획단계 개략공사비 수준 벤치마킹 인터페이스

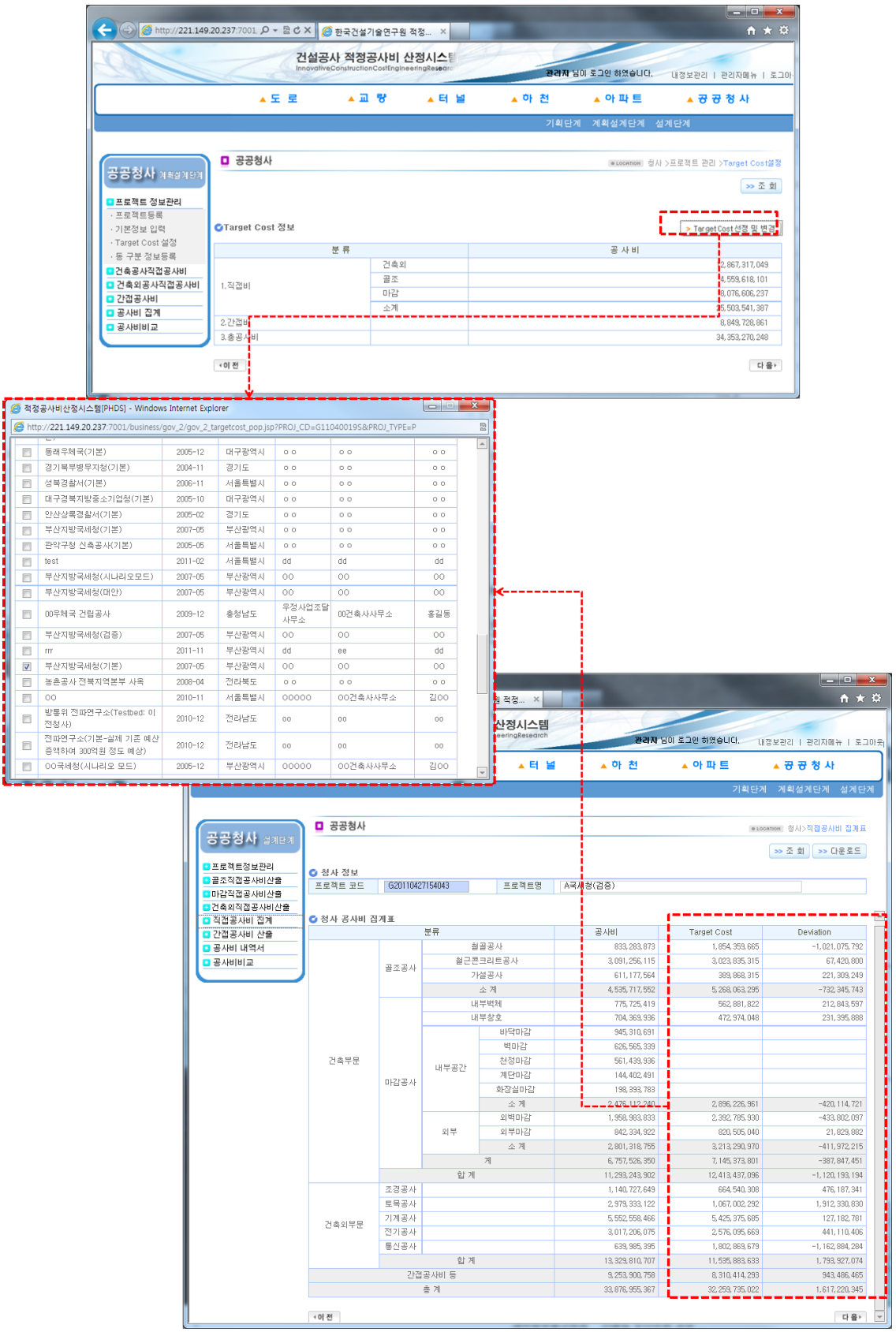
또한 기획단계의 경우 당해 프로젝트의 골조공사비, 마감공사비, 기타 공사비를 다른 프로젝트와 비교하는 기능을 제공하고 있다.



<그림 3-66> 공공청사 기획단계 개략공사비 프로젝트간 비교 인터페이스

한편, 기획설계단계 및 설계단계에서는 이전 단계에서 예측한 개략공사비를 목표예산(target cost)으로 설정하여 비교할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 이는 단계별 공사비의 변동을 최소화하여 예산투자의 효율을 제고하고 목표예산 범위내에서 사업을 집행하기 위한 사업비관리의 철학을 반영한 것이라 할 수 있다.

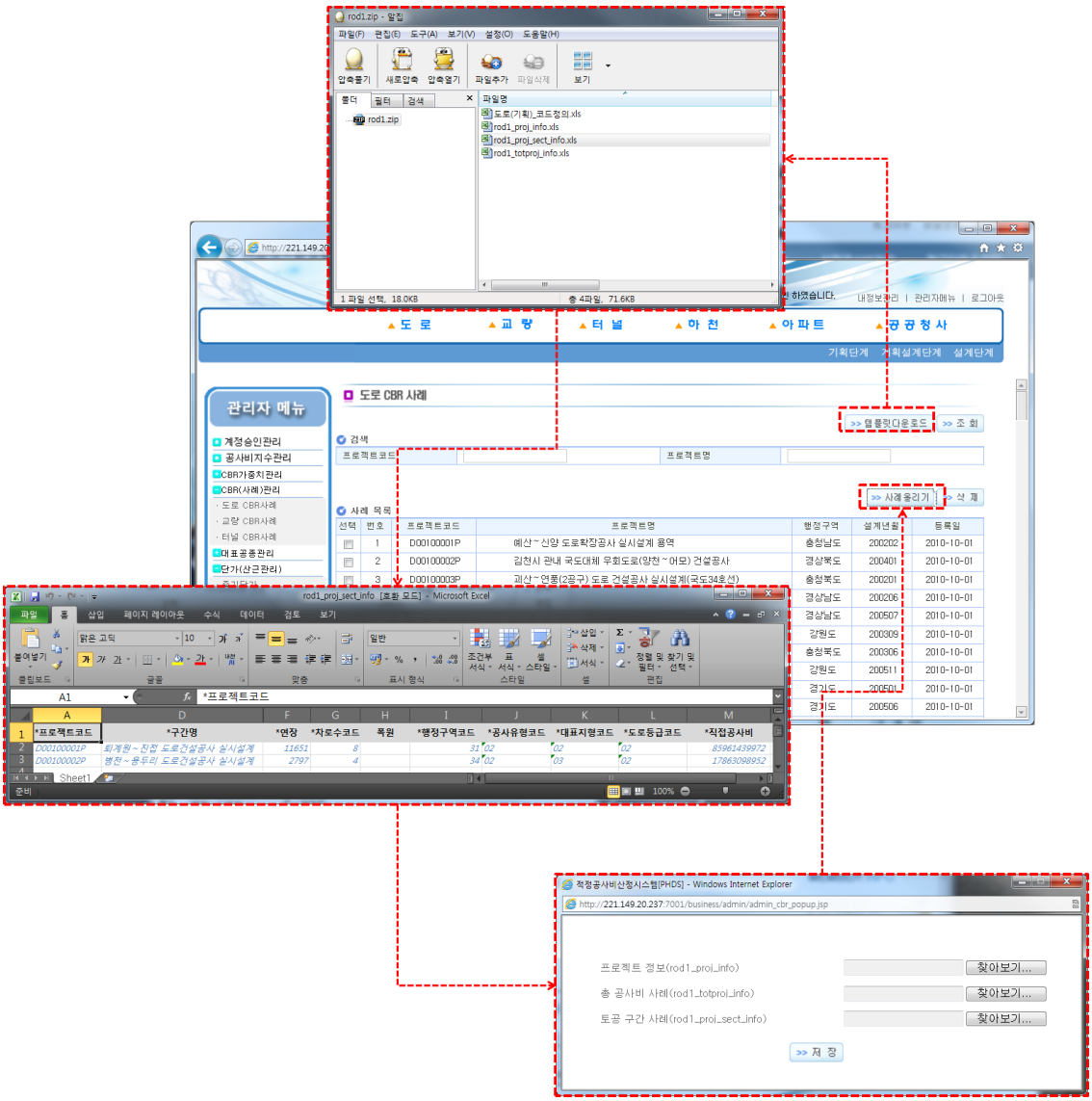
다음 페이지에 공공청사 목표예산(target costing) 관리 인터페이스를 제시하였는데, 설계단계 개략공사비 예측결과를 이전단계인 계획설계단계 개략공사비 예측결과와 비교하여 출력할 수 있도록 하고 있다.



<그림 3-67> 공공청사 계획설계단계 및 설계단계 target costing 인터페이스

마. DB 관리

CBR 기반의 개략공사비 예측 시스템은 과거의 공사비 정보를 기초로 한다. 물론 공사비지수를 활용하여 시점의 차이에 대한 보정을 실시하지만, 사례의 지속적인 추가와 이에 따른 유사도 판정 알고리즘의 갱신 등 사후관리가 필수적이다. 국도부문 CBR DB에 사례를 추가하는 인터페이스는 다음과 같다. CBR DB 갱신 절차는 스프레드시트로 제공되는 템플릿을 다운로드하여 작성한 다음 시스템에 upload하게 되어 있으며, 일반 사용자는 DB 관리에 접근할 수 없고 관리자만 접근권한을 가지게 된다.



<그림 3-68> CBR DB 사례 추가 인터페이스(관리자용)

또한, CBR DB가 갱신되면 CBR에서 유사도 판정 알고리즘도 변경될 수 있으므로, 변수별 가중치를 수정할 수 있는 인터페이스를 구축하였다. CBR 가중치 관리 기능 역시 일반 사용자는 접근이 불가능하고 관리자만 접근 가능한 메뉴이다.



<그림 3-69> CBR 가중치 관리 인터페이스(관리자용)

한편, 대표물량 기반의 개략공사비 예측 시스템이 지속적으로 정확도를 확보하려면 대표공종별 단가 및 대표공종을 구성하는 세부 투입요소(특히 자재)별 원가정보가 지속적으로 갱신되어야 한다.

본 연구에서 개발한 개략공사비 예측 시스템의 대표공종 및 세부 구성요소는 코드를 가지고 있으며, 이 중 EBS나 EMS 등 상용 견적 소프트웨어와 연계 가능한 항목에 대해서는 EBS와 EMS의 코드를 그대로 활용하였다. 이는 EBS/EMS의 단가 Data Base 갱신정보를 그대로 활용하기 위함이다. 다만, 기존 EBS/EMS나 물가정보지로부터 파악하기 곤란한 단가(편입 당시부터 견적처리된 단가)는 과거 견적단가를 공사비지수에 따라 물가보정한 단가를 적용하였다.

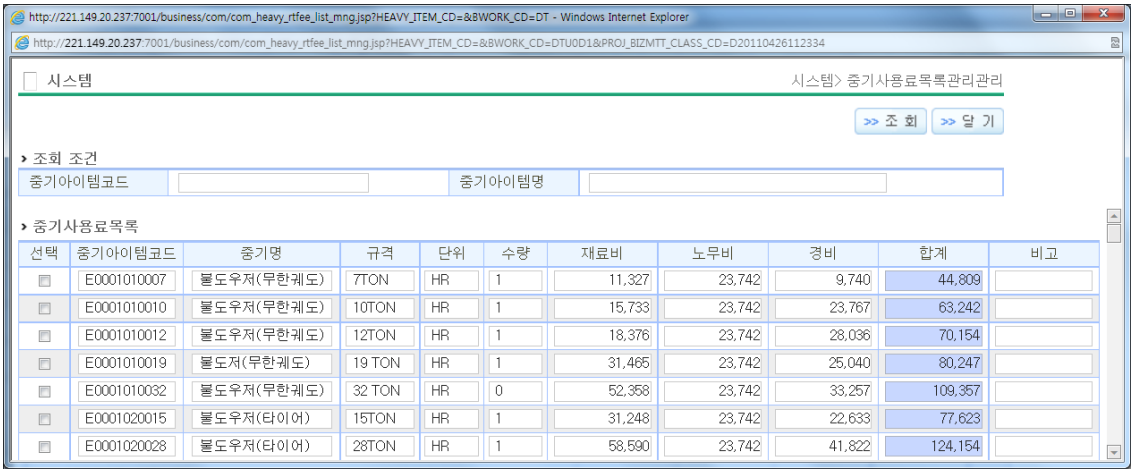
대표물량기반 개략공사비 예측 시스템에서 자재, 노임, 중기단가 등의 기본정보를 관리하는 인터페이스를 다음 페이지에 제시하였다.



<그림 3-70> 자재단가 기본정보 관리 창



<그림 3-71> 노임단가 기본정보 관리 창

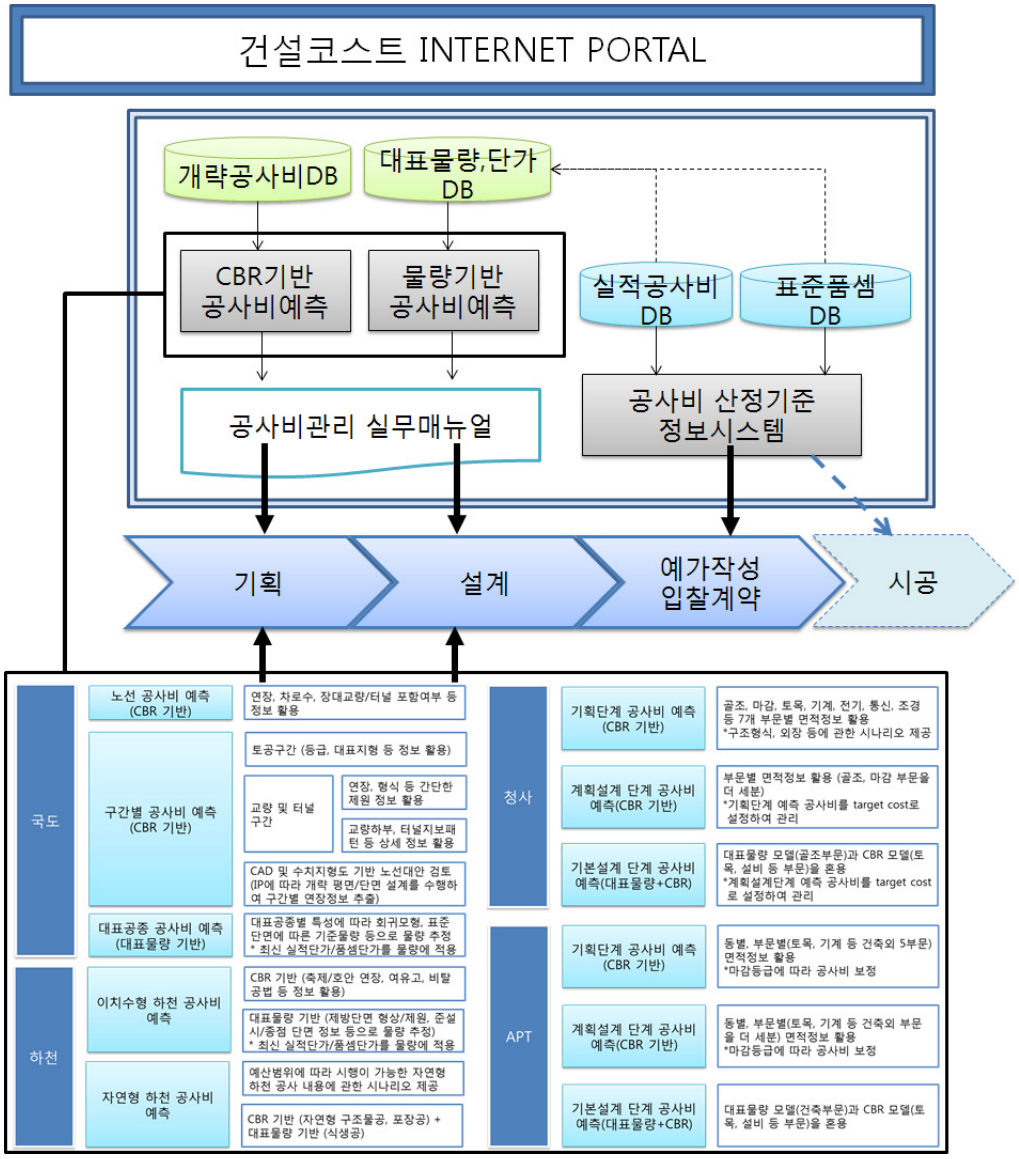


<그림 3-72> 중기단가 기본정보 관리 창

제4절 건설코스트 인터넷 포털 구축

1. 건설코스트 인터넷 포털 개요

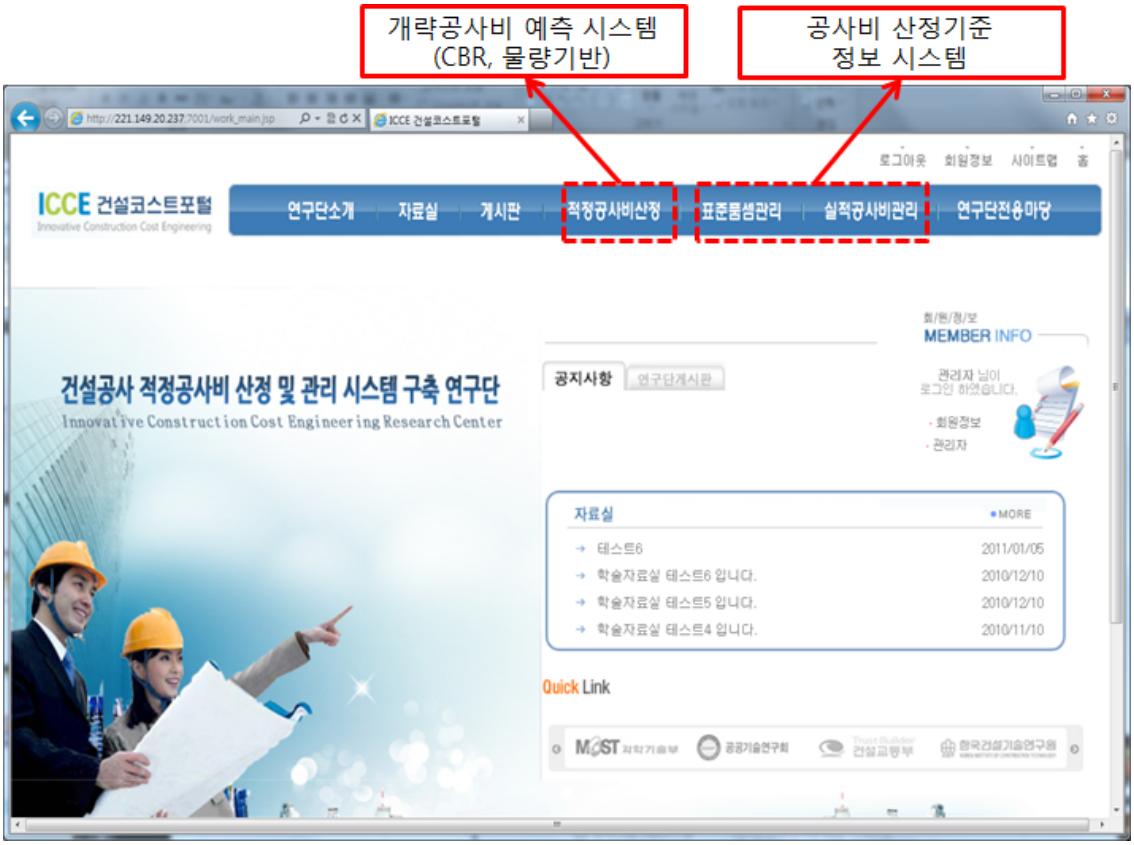
건설코스트 인터넷 포털은 제1절에서 소개한 개략공사비 예측시스템과 표준품셈 및 실적공사비 등 공사비 산정기준 정보시스템을 주요 컨텐츠로 하는 포털 서비스를 제공하므로써 공사비 관련 업무에 종사하는 전문가들이 교류할 수 있는 인터넷 커뮤니티를 구축하기 위한 것이다. 건설코스트 인터넷 포털의 주요 컨텐츠와 이들 컨텐츠가 건설사업의 어느 단계에서 기여할 수 있을지를 아래 그림에 제시하였다.



<그림 3-73> 건설사업 단계별 건설코스트 인터넷 포털의 기여

2. 건설코스트 인터넷 포털의 주요 컨텐츠

다음 그림에 건설코스트 인터넷 포털의 홈페이지 화면을 제시하였다. 포털 화면의 적정공사비 메뉴를 통해 웹기반 개략공사비 예측시스템을 구동하며, 표준품셈 관리 메뉴와 실적공사비 관리 메뉴는 표준품셈과 실적공사비 등 공사비 산정기준 정보시스템을 구동하기 위한 것이다.



<그림 3-74> 건설코스트 인터넷 포털 홈페이지

개략공사비 예측 시스템에 대해서는 앞절에서 충분히 설명되었으므로, 여기서는 공사비 산정기준 정보시스템의 내용을 소개하고자 한다. 공사비 산정기준 정보시스템은 표준품셈과 실적공사비 정보를 수요자에게 제공하는 한편, 공사비 산정기준 관리자가 공사비 산정기준의 기초자료를 효율적으로 관리할 수 있는 실무 인프라를 제공하기 위한 것이다.

가. 표준품셈 정보 시스템

표준품셈 정보시스템은 크게 사용자를 위한 표준품셈 정보 검색 및 다운로드 시스템과 관리자를 위한 시스템으로 구분된다.

사용자는 표준품셈의 목차 또는 키워드에 따라 연도별 표준품셈 내용의 원문을 열람할 수 있으며, PDF 형태로 다운로드 할 수 있다. 다만, 연도별 표준품셈 내용의 원문 검색은 공사비 산정기준 관리가 체계화된 2005년 이후부터 가능하다.



<그림 3-75> '05년 이후 연도별 표준품셈 원문 검색

나. 표준품셈 제·개정 연혁 관리

연도별 표준품셈의 제·개정 전후 비교표를 사용자들에게 제공하여 표준품셈의 변천을 살펴볼 수 있는 서비스를 제공하는 기능이다.



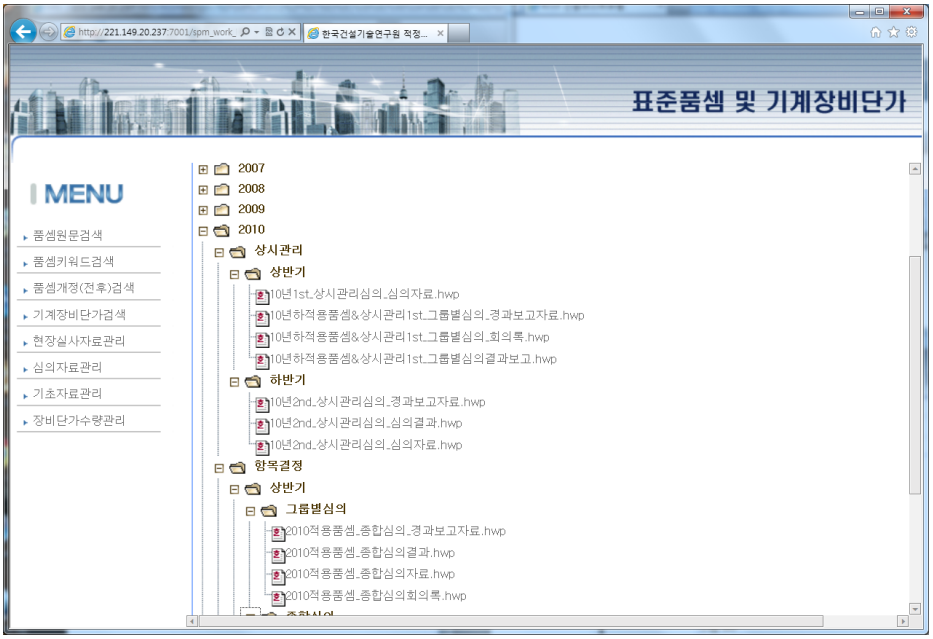
<그림 3-76> 연도별 표준품셈 제·개정 정보 제공 창



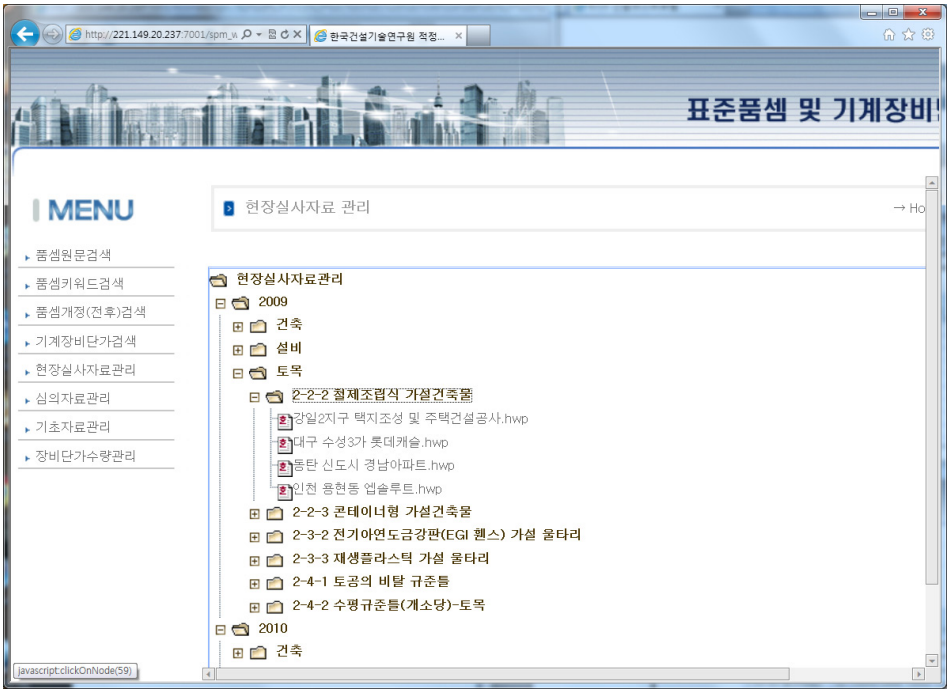
<그림 3-77> 표준품셈 제·개정 전후 비교표 예시

다. 표준품셈 심의자료 및 실사자료 관리

표준품셈 관련 심의자료와 현장실사자료 등을 관리하는 기능으로 관리자만 활용 가능하고 일반 사용자의 접근은 허용되지 않는다.



<그림 3-78> 표준품셈 심의자료 관리



<그림 3-79> 표준품셈 현장실사자료 관리

라. 기계경비 단가 정보 시스템

표준품셈에서 제시된 건설장비 각 세부규격별로 손료, 운전경비 등 단가 정보를 제공하는 시스템이다. 기계경비에 영향을 미치는 장비가격, 외산자재의 장비가격 산정을 위한 환율정보, 운전경비 산정을 위한 장비 운전수 노임정보, 유류대 산정을 위한 경유가격 정보 등 기초자료 정보를 함께 제공한다.



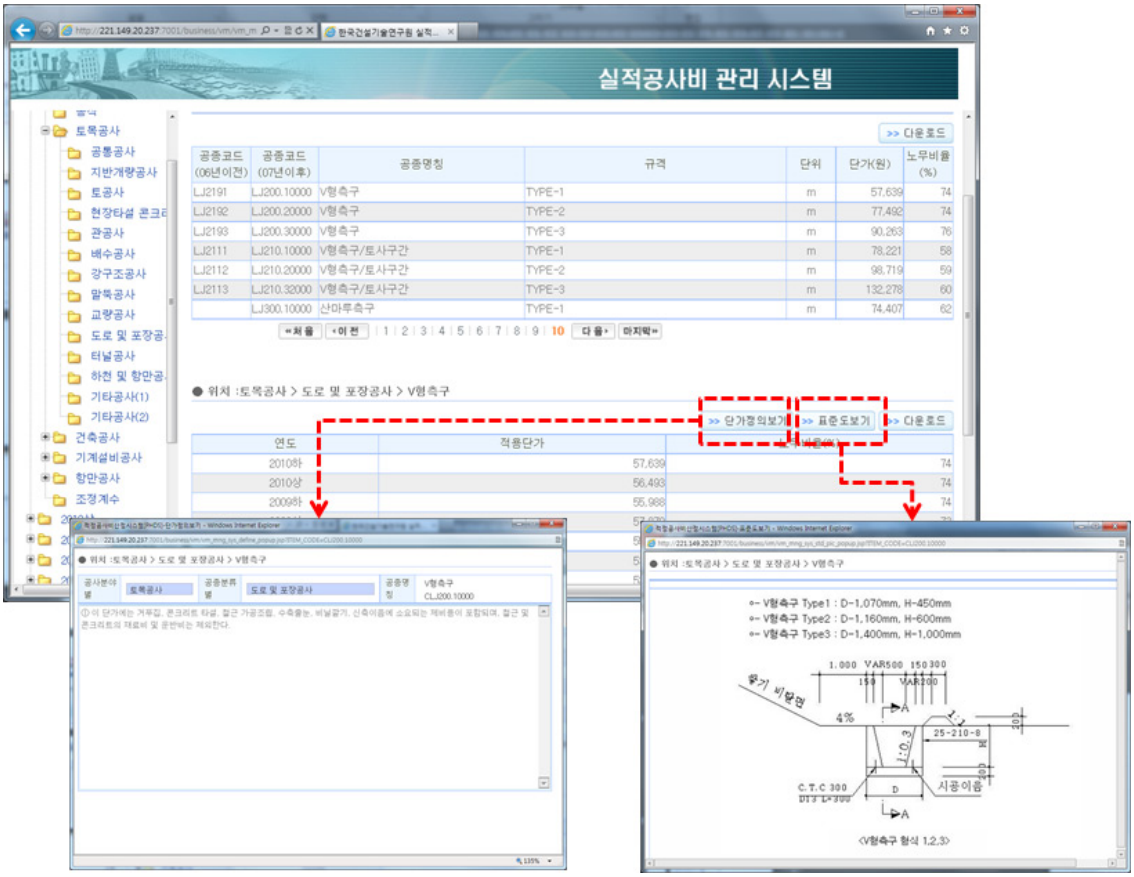
<그림 3-80> 연도별 · 월별 기계경비 단가 정보 제공



<그림 3-81> 기계경비 단가 기초자료 관리

마. 실적공사비 정보 시스템

‘04년부터 공고된 연도별 실적공사비 단가를 단가정의, 관련 표준도 등 정보와 함께 검색하고 스프레드시트 데이터 파일 형태로 다운로드 할 수 있는 시스템이다.



<그림 3-82> 실적공사비 정보 시스템

제5절 개략공사비 산정 시스템 TEST BED

1. 공사비산정 시스템 테스트 베드

본 연구를 통해 개발된 기획단계 CBR모델(통합모델 및 토공모델)과 설계단계 모델의 실용성 및 적합성을 판단하기 위하여 테스트 베드(Test Bed)를 구성하였다. 테스트 베드는 각 모델개발 과정에서 진행된 오차율 검증이 연구진을 통해 수집된 정보를 바탕으로 진행되는 것과는 달리, 모델 실사용자가 실제로 진행 중인 사례를 바탕으로 시스템을 운용해보는데에 목적이 있다. 이를 통하여 모델의 정확도와 오차율을 검증하는 한편, 실제 사용과정에서 나타나는 다양한 문제점 또한 파악할 수 있다.

본 절에서는 테스트 베드를 통해 파악된 공사비예측모델의 정확도를 설명한다. 테스트 베드는 현재 진행 중인 국도사업 2건을 바탕으로 진행되었으며, 합당한 오차율을 나타내서 개발모델이 적합한 것으로 판단되었다. 또한 테스트 베드를 통해 일부 기능의 사용편의성이 떨어지는 것 이외에는 시스템운영에 대한 문제점이 발견되지 않았으며, 이는 시스템의 사용자 인터페이스 (user interface) 개선을 통해 수정되었다.

가. 기획단계 CBR모델 테스트 베드

기획단계 CBR모델의 테스트 베드를 위하여 진건-오남 구간의 4차로 도로사업과 중군-진정 구간의 4차로 도로사업이 활용되었다. 이는 모델개발 과정에서 활용되지 않은 사례로서 시스템의 타당성을 검토하는데 적합하다.

[표 3-28] 국도 기획단계 CBR모델 TEST BED 대상공사 개요

	진건-오남	중군-진정
공사유형	확포장	신설
설계기준연도	2009년 3월	2010년 9월
도로등급	3등급	1등급
왕복차로수	4차로	4차로
설계속도	70km/h	80km/h
총 연장	4950m	7810m
토공연장	2170m	2859m
특이사항	-	4차로이나 1등급으로 설계됨

진건-오남 구간의 사업은 확포장 사업으로서 2009년 3월을 설계기준연도로 하는 사례이다. 이는 국도 3등급의 4차로 사업으로서 현재 가장 많이 진행되고 있는 국도사업의 특성을 나타내며, 설계속도(70km/h)와 연장(4950m)에서도 일반적인 국도사업의 특성을 나타낸다. 중군-진정 구간의 사업은 신설 사업으로서 2010년 9월을 설계기준연도로 하는 최근의 사업이다. 이는 4차로이나 국도 1등급, 80km/h의 설계속도를 기준으로 설계되어 일반적이지 않은 특성을 보이며, 일반 4차로 사업에 비해 더 높은 성능의 설계를 나타낸다.

[표 3-29] 국도 기획단계 CBR모델 TEST BED 결과

	진건-오남	중군-진정
총공사비(간접비 포함)	-3.41%	-8.61%
토공CBR 직접비	-14.88%	-35.90%

위의 두 개 사례를 바탕으로 기획단계 CBR모델의 테스트 베드를 진행한 결과, 모델 개발과정에서 목적한 오차율이 달성되었음을 확인할 수 있었다. 특히 간접비를 포함한 총공사비의 정확도가 뛰어난 것으로 나타났으며, 토공CBR모델의 예측결과 또한 목적에 적합한 것으로 판단되었다. 그러나 중군-진정 구간사업의 토공 예측값의 오차율이 높게 나타났는데, 이는 해당 사례가 일반적인 4차로 도로사업과 달리 국도 1등급 고사양으로 설계되어 일반적인 4차로 사업을 기준으로 도출된 모델예측값보다 높은 공사비를 나타내었기 때문이다. 토공CBR모델의 결과는 토공의 공사비만을 예측한 것으로서, 오차율이 낮은 구조물공CBR모델의 결과와 함께 활용할 경우 전체 오차율은 더욱 개선될 것으로 기대된다. 또한 CBR기법의 특성상 CBR모델이 널리 활용되어 DB에 사례가 누적되면, 더욱 많은 사례를 바탕으로 더욱 정확한 공사비 예측이 가능할 것이다.

테스트 베드를 통해 도출된 또 다른 결과는, 설계기준연도에 따라 모델의 오차율이 달라지는 현상이다. 이는 최근 10년 간 설계효율화, Value Engineering의 도입 등을 통하여 설계단가가 점차 하락하여 왔기 때문이며, 이에 CBR모델에서 유사사례를 도출할 때 오래된 사례를 활용할수록 오차율이 크게 나타났다. 이를 개선하기 위하여 CBR모델 구현시 최근 3년 간의 사례만을 대상으로 유사사례를 선정하는 기능을 추가하기로 하였으며, 이는 현재 개발 및 보완 중에 있다.

나. 설계단계 모델 테스트 베드

설계단계 모델의 테스트 베드를 위하여 기획단계에서 활용된 것과 동일한 진건-오남 구간 및 중군-진정 구간의 사례를 활용하였으며, 이에 대한 결과는 다음과 같다.

[표 3-30] 국도 설계단계 TEST BED 결과

	진건-오남	중군-진정
토공	-8.00%	-51.77%
배수공	24.80%	-21.18%
포장공	-13.92%	-78.27%
교량공	30.06%	7.03%
터널공	-4.24%	14.66%
교통안전시설공	-15.12%	58.28%
비탈면안정공	-0.74%	14.19%
부대공	14.47%	27.14%
직접공사비	-1.32%	-10.85%

테스트 베드 결과는 -1.32%와 -10.85%로 전반적으로 만족스러운 결과를 나타내었다. 각 사업별의 공종별로 오차율을 살펴보면, 중군-진정 구간 사업의 토공, 포장공, 교통안전시설공의 오차율이 높게 나타났다. 이는 우선적으로 중군-진정 노선 사업이 국도 1등급의 고사양으로 설계되었기 때문이며, 특히 포장공의 경우 해당 사업에서 조골재의 공사비 비중이 72.38%로 매우 높게 나타나는 특이사항이 있었기 때문이다.

2. 교량 및 터널 TEST BED

가. TEST BED 사업의 개요

교량 및 터널 TEST BED 대상공사의 개요는 다음과 같다.

[표 3-31] 교량 및 터널 TEST BED 대상공사 개요

구분		중군~진정	운암~미원	나전~진부(2)
도로연장		7.81㎞ (폭 원 : 4차로, 20.0m)	5.62㎞ (폭원 : 20.0~25.0m, 4차로)	L=6.19㎞ 폭원 11.5m, 2차로(양방향)
설계속도		80㎞/hr (주간선도로, 국도 I)	본선 - 70㎞/hr	60㎞/hr(보조간선도로(국도 IV))
구조물		교량 8개소/1,496m	교량 3개소 / 146m	교량 4개소/615m
		터널 1개소/3,455m	-	터널 2개소/1,850m
출입시설		입체교차 1개소(다이아몬드)	평면교차로 5개소	평면교차로 3개소
추정 사업비		2,595억원 (공사비 2,501억원, 보상비 94억원)	586억원 (공사비 524억원, 보상비-)	1,047억원 (공사비 1,037억원, 보상비 10억원)
설계준공 년월		2010. 11	2010. 12	2007. 12
TEST BED	교량	·P.S.C 빔교 3개소 ·P.S.C BOX교(ILM) 1개소	·R.C 라멘교 2개소	2008. 01(설계서 6P 설계적용기준)
	터널	·일방향 2차로	-	·STEEL BOX GIRDER교 1개소
				·터널 1개소
구분		와촌~청통~신녕간도로	장안~임랑	진건~오남
도로연장		L = 9.18㎞ (폭원 : B = 18.5m~22.0m, 4차로)	L = 2.5㎞ (폭원 : B = 20.0m~25.0m, 4차로)	L = 4.95㎞ (폭원 : B = 18.5m, 4차로)
설계속도		70㎞/hr (보조간선도로)	60㎞/hr (보조간선도로)	70㎞/hr (보조간선도로)
구조물		교량 7개소 / 406m	교량 3개소 / 311.0m	교량 5개소 / 350.0m
		출입시설	-	터널 5개소 / 2,430.0m
추정 사업비		간이입체교차로 1개소 평면교차로 17개소		평면교차로 3개소
설계준공 년월		688억원 (공사비 : 443억원, 보상비 : 245억원)	164억원 (공사비 112억원, 보상비 52억원)	1028억원 (공사비 822억원, 보상비 206억원)
TEST BED		교량	2010. 3	2009. 3
터널		2009. 4월 자재가격 적용	2010. 3	2009. 01
TEST BED	교량	·I.P.C GIRDER 2개소 ·STEEL BOX GIRDER 1개소	·I.P.C GIRDER 2개소	·P.S.C Beam 1개소 ·R.C 라멘교 1개소
	터널	-	-	·터널 5개소

나. 기획단계 TEST BED 결과

(1) 요약

기획단계 TEST BED 결과를 요약하여 아래 표에 제시하였다.

[표 3-32] 교량 및 터널 기획단계 TEST BED 결과 요약

사업 구간	교량명	교량형식	실제공사비	총공사비		오차율	
				CBR1	CBR2	CBR1	CBR2
와촌 ~청통	신녕과선교	Steel Box	1,935,688,869	1,501,538,147	1,408,744,790	-13%	-19%
	원촌교	IPC Girder	1,093,823,934	1,458,171,267	1,787,243,250	38%	65%
	계지교	IPC Girder	2,006,117,960	2,345,302,059	2,180,767,782	18%	10%
증군 ~진정	신금3교	PSC Beam	730,691,392	1,146,865,576	1,141,588,271	58%	57%
	마룡교	PSC Beam	3,749,450,132	4,874,869,068	5,105,227,122	31%	37%
	정산천교	PSC Beam	840,574,531	1,146,865,576	1,270,379,037	37%	52%
	수어천교	PSC Box	25,007,613,067	29,945,508,152	29,919,329,700	19%	19%
	중군터널		42,608,422,209	46,252,587,668	45,875,926,619	8%	7.%
운암 ~미원	새터교	RC Rahmen	463,311,367	998,566,931	781,666,070	116%	69%
	새터1교	RC Rahmen	218,163,496	218,163,496	185,893,815	115%	83%
나전 ~진부	장전2교	Steel Box	3,127,249,251	2,468,933,526	2,972,969,147	-21%	-0.5%
	장전터널		8,607,674,760	8,523,505,766	7,469,849,440	-1%	-13%
	막동터널		10,627,753,591	11,218,544,812	9,193,387,343	5%	-13%
진건 ~오남	송릉교	RC Rahmen	612,324,821	1,048,380,807	719,496,994	71%	18%
	오남교	PSC Beam	2,247,915,904	2,299,942,777	2,613,842,993	1.7%	16%
	용정1,2,용정터널		10,728,775,962	11,562,811,973	11,579,838,808	8%	8%
	오남터널		12,140,552,917	10,874,907,550	16,122,860,824	-10%	33%

와촌~청통 구간에 Steel Box 교량 1개소에 IPC Girder교량 2개소에 대하여 연도별 면적당 평균공사비를 이용하여 공사비를 산출한 결과, 와촌~청통 구간에서의 CBR1의 평균 오차율은 23%, CBR2의 평균 오차율은 31%로 나타났다. 신녕과선교 교량의 경우 CBR1모델의 경우 13%, CBR2 의 19%로 오차율이 나타났으며, 원촌교 교량의 경우 CBR1모델의 경우 38%, CBR2 의 65%로 오차율이 나타났다. 계지교 교량의 경우 CBR1모델의 18%, CBR2 의 10%로 오차율이 나타났다. 증군~진정 구간에 PSC beam

교량 3개소 PSC box교량 1개소, 터널 구간 1개소에 대하여 기획단계 예측공사비 산출결과 CBR1의 경우 평균 오차율이 24.6%, CBR2의 경우 평균 오차율이 평균 34.4%의 결과를 얻었다. 신금3교 교량의 경우 CBR1모델의 경우 58%, CBR2 의 57%로 오차율이 발생하였다. 마룡교의 경우 CBR1모델의 경우 31%, CBR2 의 경우 37%로 오차율이 나타났으며, 정산천교에서는 CBR1모델의 37%, CBR2 의 52%의 오차율이 발생하였다.

운암~미원 구간에 RC라멘 교량 2개소에 대하여 기획단계 예측공사비 산출결과 CBR1의 오차율 116%, CBR2의 경우 오차율 76%의 결과를 얻었다. 나전~진부 구간에 Steel Box교량 1개소 터널구간 2개소에 대하여 기획단계 예측공사비 산출결과 CBR1의 평균 오차율 9%, CBR2의 경우 평균 오차율 8.8 %의 결과를 얻었다. 장전2교 교량의 경우 CBR1모델의 경우 -21%, CBR2 의 경우 -0.5%로 오차율이 나타났다. 장전 터널의 경우 CBR1모델의 경우 1%, CBR2 의 경우 - 13%로 오차율이 나타났으며, .막동터널은 경우 CBR1모델의 경우 5%, CBR2 의 경우 -13%로 오차율이 나타났다. 진건~오남 구간에 RC라멘 교량 1개소, PSC Beam 교량 1개소, 터널 구간 2개소에 대하여 기획단계 예측공사비 산출결과 CBR1의 평균 오차율 22.7%, CBR2의 경우 평균 오차율 18.8%의 결과를 얻었다. 송릉교 교량 CBR1모델의 경우 71%, CBR2모델의 경우 18%, 의 오차율이 발생하였다. 오남교 교량 CBR1모델의 경우 1.7%, CBR2 의 경우 16%로 오차율 이 발생 하였으며, 용정 1,2 용정터널은 CBR1, CBR2 모델 각각 8%의 오차율을 보였으며, 오남터널은 CBR1 모델의 경우 -10% CBR2 모델의 경우 33% 의 오차율을 보인다.

(2) 구조물 형식별 기획단계 TEST BED 결과 분석

(가) PSC BEAM교량

[표 3-33] PSC BEAM 교량의 CBR1 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
신금3교	7.31	11.47	58	11.53	59.10	12.57	73.41	14.50	100	14.80	104.13
마룡교	37.49	48.74	31	58.16	56.32	69.15	85.87	73.12	96.54	74.62	100.56
정산천교	8.41	11.47	37	11.53	38.30	12.57	50.74	14.50	73.89	14.80	77.45
오남교	22.47	22.99	16	32.63	45.17	36.63	62.95	41.03	82.52	41.87	86.26

PSC BEAM 교량 CBR I 모델은 오차율은 최소 1.7%에서 58% 의 분포를 나타내며, 이는 AACE의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 모델은 AACE의 목표치 의 결과보다 약간 상회 하지만, 반면, 비타당성 모델은 최소 38.30%에서 73.47% 값을, 투자평가지침은 최소 73.89%에서 100.04% 값을, 도로업무편람 모델은 최소 77.45%에서 104.13% 값의 분포를 보인다.

[표 3-34] PSC BEAM 교량의 CBR2 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
신금3교	7.31	11.41	57.45	11.53	59.10	12.57	73.41	14.50	100	14.80	104.13
마룡교	37.49	51.05	37.22	58.16	56.32	69.15	85.87	73.12	96.54	74.62	100.56
정산천교	8.41	12.70	52.31	11.53	38.30	12.57	50.74	14.50	73.89	14.80	77.45
오남교	22.47	26.13	16.28	32.63	45.17	36.63	62.95	41.03	82.52	41.87	86.26

PSC BEAM 교량 CBR II 모델은 오차율은 최소 6%에서 57% 의 분포를 나타내며, 이는 AACE의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 모델은 AACE의 목표치 의 결과보다 약간 상회 하지만, 반면, 예비타당성 모델은 최소 38.30%에서 73.47% 값을, 투자평가지침은 최소 73.89%에서 100.04% 값을, 도로업무편람 모델은 최소 77.45%에서 104.13% 값의 분포를 보인다.

(나) PSC BOX교량

[표 3-35] PSC BOX 교량의 CBR1 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
수어천교	250.07	299.45	19%	345.22	38.5%	401.67	60.62%	272.19	8.85%	277.56	10.99%

PSC BOX 교량 CBR I 모델은 오차율은 19% 로 나타났다. 이는 AACE의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 모델은 AACE의 목표치의 결과안으로 적정하다 볼 수 있다.

[표 3-36] PSC BOX 교량의 CBR2 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
수어천교	250.07	299.19	19%	345.22	38.5%	401.67	60.62%	272.19	8.85%	277.56	10.99%

PSC BOX 교량 CBR II 모델은 오차율은 19% 로 나타났다. 이는 AACE의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 모델은 AACE의 목표치의 결과안으로 적정하다 볼수 있다.

(다) STEEK BOX 교량

[표 3-37] STEEL BOX 교량의 CBR1 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
신녕과선교	17.29	15.01	-13	22.72	31.31	28.74	66.18	39.47	128.16	38.26	121.17
장전2교	31.27	24.69	-21	22.06	-29.46	43.68	39.67	59.97	91.77	58.18	85.89

와촌~청통 구간의 STEEL BOX 교량 CBR I 모델은 오차율은 최소 -21%에서 -13% 의 분포를 나타내며, 이는 AACE의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 모델은 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴한다. 반면, 예비타당성 모델은 최소 39.67%에서 66.18% 값을, 투자평가지침은 최소 91.77%에서 128.16% 값을, 도로업무편람 모델은 최소 85.89%에서 121.17% 값의 분포를 보인다.

[표 3-38] STEEL BOX 교량의 CBR2 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
신녕과선교	19.35	14.08	-19	22.72	31.31	28.74	66.18	39.47	128.16	38.26	121.17
장전2교	31.27	29.72	-0.5	22.06	-29.46	43.38	39.67	59.97	91.77	58.13	85.89

STEEL BOX 교량 CBR II 모델은 오차율은 최소 -19%에서 -0.5% 의 분포를 나타내며, 이는 AACE의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 모델은 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴한다. 반면, 예비타당성 모델은 최소 39.67%에서 66.18% 값을, 투자평가지침은 최소 91.77%에서 128.16% 값을, 도로업무편람 모델은 최소 85.89%에서 121.17% 값의 분포를 보인다.

(라) IPC Girder교량

[표 3-39] IPC Girder 교량의 CBR1 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
원촌교	10.93	14.58	38	16.86	56	25.44	135	20.36	88	21.26	97
계지교	20.06	23.45	18	28.77	45	32.21	62	39.48	99	41.21	108

예비타당성조사 표준지침, 투자평가지침, 도로업무편람의 경우 기존 IPC BEAM모델이 없어 비교/분석을 위해 PSC BEAM 교량의 모델을 적용하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 공사비 산정모델을 PSC BEAM 교량의 투자평가 지침과 도로업무편람으로 비교해 본 결과 전체적인 오차평균값과 표준편차값이 훨씬 더 안정적인 결과 값을 나타냄을 알 수 있다. 다만 PSC BEAM 교에 비해 IPC 거더교의 공사비 단가가 상대적으로 높기 때문에 PSC BEAM 교에 적용하는 모델을 IPC 거더교에 적용함으로써 공사비의 분포가 저평가되어 나타냄을 알 수 있다.

[표 3-40] IPC Girder 교량의 CBR2 모델의 TEST BED 결과

구 분	원 공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위면적(㎡)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
원촌교	10.93	17.87	65	16.86	56	25.44	135	20.36	88	21.26	97
계지교	20.06	21.80	10	28.77	45	32.21	62	39.48	99	41.21	108

예비타당성조사 표준지침, 투자평가지침, 도로업무편람의 경우 기존 IPC BEAM모델이 없어 비교/분석을 위해 PSC BEAM 교량의 모델을 적용하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 공사비 산정모델을 PSC BEAM 교량의 투자평가 지침과 도로업무편람으로 비교해 본 결과 전체적인 오차평균값과 표준편차값이 훨씬 더 안정적인 결과 값을 나타냄을 알 수 있다. 다만 PSC BEAM 교에 비해 IPC 거더교의 공사비 단가가 상대적으로 높기 때문에 PSC BEAM 교에 적용하는 모델을 IPC 거더교에 적용함으로써 공사비의 분포가 저평가되어 나타냄을 알 수 있다.

(마) RC 라멘

RC 라멘 교량의 경우에는 상대적으로 다른 교량보다 비교적 공사비가 적으며, 토공, 기초공 등의 공사비는 전체공사비에 상당한 비율을 차지한다. 그러므로 특수한 현장여건에 의해 기초공, 토공의 금액이 높게 측정되면 전체공사비의 비율이 크게 증가한다. 오차율을 분석한 결과, 추출된 유사사례 교량의 교량제원이 유사한 경우에도 토공, 기초공의 공사비가 검증교량보다 많이 높게 측정되어 높은 오차율이 나타나는 것으로 보인다.

다.. 설계단계 TEST BED 결과

[표 3-41] 교량 및 터널 설계단계 TEST BED 결과

사업 구간	구조물명	구조물형식	실제공사비	추정 전체공사비	오차율
와촌 ~청통	신녕과선교 (단경간)	Steel Box Girder	1,887,947,647	2,050,097,818	9%
	원촌교	IPC Girder	1,081,561,300	1,221,678,892	13%
	계지교	IPC Girder	1,983,627,787	2,286,382,501	15%
증군 ~진정	신금3교	PSC Beam	725,062,817	605,299,583	-17%
	마룡교	PSC Beam	3,721,567,813	3,960,883,723	6%
	정산천교	PSC Beam	834,099,517	708,251,317	-15%
	수어천교	PSC Box	25,007,613,067	26,248,925,544	5%
	중군터널	2차로 병설	42,608,422,209	48,854,212,499	15%
운암 ~미원	새터교	RC Rahmen	486,309,716	578,043,274	18.9%
	새터1교	RC Rahmen	108,411,592	101,225,901	6.7%
나전 ~진부	장전2교 (다경간)	Steel Box Girder	3,127,249,251	3,395,537,155	9%
	장전터널	2차로 대면	8,607,674,760	8,143,804,558	5%
	막동터널	2차로 대면	10,627,753,591	10,936,207,195	3%
진건 ~오남	송릉교	RC Rahmen	612,324,821	571,534,350	6.4%
	오남교	PSC Beam	2,247,915,904	2,499,836,085	11%
	용정1,2,용정 터널	2차로 병설	10,728,775,962	9,800,166,706	9%
	오남터널	2차로 병설	12,140,552,917	12,099,651,460	0.3%

와촌~청통 구간에 Steel Box Girder교량 1개소와 IPC 교량 2개소에 대하여 설계단계 예측공사비 산출 결과 오차율이 평균 29%의 결과를 얻었다.

증군~진정 구간에 PSC beam 교량 4개소와 PSC box교량 1개소, 터널 구간 1개소에 대하여 설계단계 예측공사비 산출 결과 오차율 평균 11%의 결과를 얻었다. 증군~진정 구간에서의 PSC BEAM 교량에서의 정산천교와 신금3교 교량의 경우에는 하부공의 교각부와 기초부의 내역서가 존재 하지 않는다. 따라서 정산천교와 신금3교 교량에서 원설계가 보다 설계단계 모델에서 추정한 예측 금액이 적정하다고 볼 수 있다.

운암~미원 구간에 RC라멘 교량 2개소에 대하여 설계단계 예측공사비 산출결과 오차율 평균 12%의 결과를 얻었다.

나전~진부 구간에 Steel Box교량 1개소 터널구간 2개소에 대하여 설계단계 예측공사비 산출결과 오차율 평균 12%의 결과를 얻었다.

진건~오남 구간에 RC라멘 교량 1개소, PSC Beam 교량 1개소, 터널 구간 2개소에 대하여 설계단계 예측공사비 산출결과 오차율 평균 8%의 오차율을 보였다.

3. 하천공사 TEST BED

본 연구에서는 연구를 통해 개발한 물량기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델, 사례기반추론기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델, 사례기반추론기반 자연형 하천 개략공사비 산정 모델, 물량기반 준설공사 개략공사비 산정 모델의 4가지 모델을 실제 수행된 하천공사에 적용하여 테스트 베드를 수행하였다.

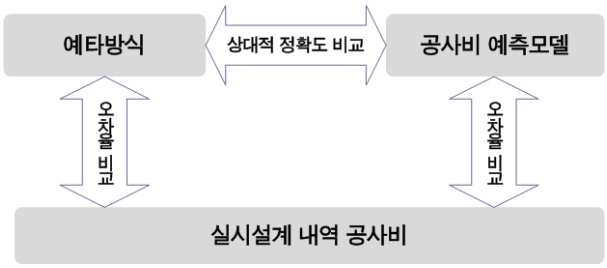
시나리오 기반 자연형 하천 견적 모델은 공사비를 산출하는 모델이 아니므로 테스트 베드를 수행하지 않았다. 테스트 베드의 성격 상 실제 기획단계나 기본설계가 수행 중인 사업을 대상으로 적용을 수행해야 하지만 현재 수행 중인 하천 사업이 4대강 준설공사 위주라는 한계가 존재하고 있었다.

이에 따라 물량기반 준설공사 개략공사비 산정 모델은 실시설계가 최근에 완료된 4대강 하천정비 사업에 대해 테스트 베드를 수행하고, 나머지 3개 모델은 실적 자료 중 임의의 사례들을 무작위 추출하여 테스트 베드를 수행하였다.

가. 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델 테스트 베드

(1) 이치수형: 물량기반 모델

이치수형 하천 개략공사비 산정 모델의 적정성을 검증하기 위하여 수집된 실적 자료 중 5건의 사례를 무작위로 추출하였다. 이 5건의 사례에 대하여 실시설계 직접공사비 대비 모델로 예측한 직접공사비를 비교하고 오차율을 분석하였다. 여기에 예비타당성조사 방식에서 제시하고 있는 공사비 예측 방식과의 비교를 통해 개발된 모델의 적정성을 확인하였다.



<그림 3-83> 테스트 베드 방법

예비타당성조사 방식에서 제시하고 있는 공사비 예측 방식을 간략히 요약하면,

축제공, 호안공, 구조물공, 차수공, 부대공의 공사비를 합하여 전체 공사비를 산출하도록 하고 있다.

축제공 공사비는 순성토 공사비와 유용성토 공사비의 합계에 1.47을 곱하여 산출된다. 여기서 순성토 공사비와 유용성토 공사비는 각각의 물량에 기준단가(순성토: ㎥ 당 7,100원, 유용성토: ㎥ 당 700원)를 곱하여 산출되며, 이에 필요한 물량은 견적자가 예측하도록 하고 있다.

호안공 공사비는 비탈면보호공 공사비의 합계에 1.438 곱하여 산출된다. 여기서 비탈면 보호공 공사비는 해당 물량에 기준단가(㎡ 당 재료별 단가)를 곱하여 산출되며, 이에 필요한 물량은 견적자가 예측하도록 하고 있다.

구조물공 공사비는 각 구조물에 대한 터파기, 되메우기 등의 상세한 수량과 규모를 결정하여 산출하거나, 구조물 별 개략 단가를 이용하여 산출하도록 하고 있다.

차수공 공사비는 발주기관의 필요에 의하여 차수공 필요성 발생 시, 차수방식과 심도를 결정하여 예측하도록 하고 있다.

부대공 공사비는 축제공과 호안공 공사비 합계의 23%로 예측한다.

라고 제시하고 있다.

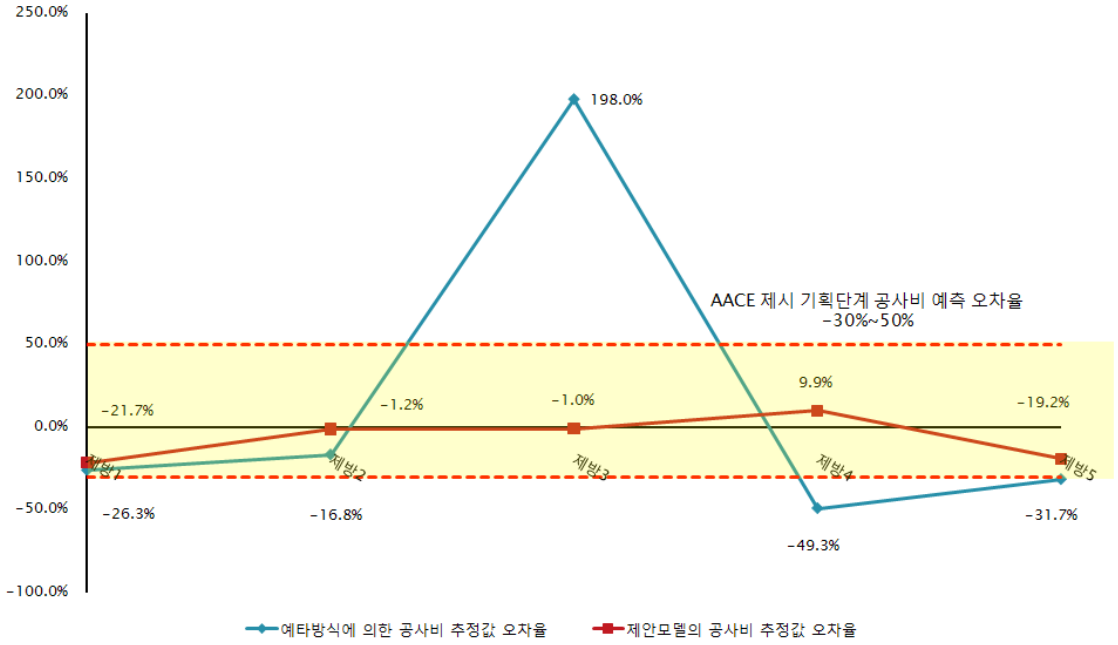
이러한 방식으로 공사비를 예측하는 예비타당성조사의 방식의 특성 상, 실시설계 공사비와의 직접적인 비교는 사실상 불가능하다. 왜냐하면, 축제공, 호안공의 물량을 결정할 수 있는 어떠한 방법도 제시되고 있지 않고, 구조물공, 차수공의 규모 및 규격을 결정하는 방법 또한 제시되어 있지 않기 때문이다.

그러므로, 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델과의 비교를 위해 예비타당성조사의 공사비 예측 방식에 필요한 축제공, 호안공의 물량을 비교 대상인 실시설계 내역서 상에 나와 있는 물량값을 그대로 적용하고, 구조물공 공사비 역시 실시설계 내역서 상의 구조물공 공사비를 그대로 적용하였다. 차수공은 기획단계에서 고려되지 않으므로, 차수공이 포함된 사례는 검증 사례에서 제외하였다.

[표 3-42] 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

사례	실시설계 공사비(원)	예비타당성조사 방식		물량기반 개략공사비 산정 모델	
		공사비(원)	오차율	공사비(원)	오차율
낙동강 갈전지구 외 1개 지구 하천개수공사 (대산제 3공구)	688,573,808	507,628,424	-26.3%	539,435,684	-21.7%
소성천 소성제 개수공사 (화룡제)	1,223,376,904	1,017,446,136	-16.8%	1,208,729,659	-1.2%
어천제 축제공사 (신월2제)	389,068,296	1,159,482,653	198.0%	385,015,082	-1.0%
어천제 축제공사 (신월3제)	1,783,750,264	904,681,668	-49.3%	1,960,071,452	9.9%
어천제 축제공사 (신월8제)	1,450,611,539	990,560,226	-31.7%	1,171,395,339	-19.2%

오차율 검증 결과		예타	예측 모델
	오차율(절대값) 평균	64.42%	10.6%
	오차율 표준편차	103.10%	13.41%
	오차율 범위	-49.3~+198.0%	-21.7~+9.9%



<그림 3-84> 물량기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

테스트 베드 결과를 보면, 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델은 평균 오차율 10.60%이며, 공사비 예측의 오차율 범위가 -21.7~+9.9%이다. 또한 표준편차는 13.41%

로 안정적인 모델임을 보여주고 있다. 이는 본 모델의 적용 단계인 기획단계와 설계단계 중, 선행 단계인 기획단계를 기준으로 보았을 때 AACE의 개략공사비 산정 모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 5건의 사례 모두 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴한다. 이는 초기단계 견적에 대한 선행 연구(AACE)의 결과 등에 비추어 볼 때, 적정한 모델의 개발이 이루어졌음을 보여준다.

이에 반해 예비타당성조사의 공사비 예측 방식은 축제공과 호안공의 물량과 구조물공의 실제 공사비를 실시설계 값을 그대로 적용했음에도 불구하고 평균 오차율 64.42%, 공사비 예측의 오차율 범위가 -49.3%~+198.0%로 나타났다. 특히 테스트 베드 사례의 공사비 예측에 있어서 편차가 103.10%로 매우 불안정한 결과를 보였다.

(2) 이치수형: 사례기반추론기반 모델

사례기반추론기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델의 적정성을 검증하기 위하여, 모델개발에 이용된 163건의 사례를 제외한 15건의 사례를 무작위로 추출하였다. 이 15건의 사례에 대하여 실시설계 직접공사비 대비 모델로 예측한 직접공사비를 비교하고 오차율을 분석하였다. 여기에 예비타당성조사 방식에서 제시하고 있는 공사비 예측 방식과의 비교를 통해 개발된 모델의 적정성을 확인하였다.



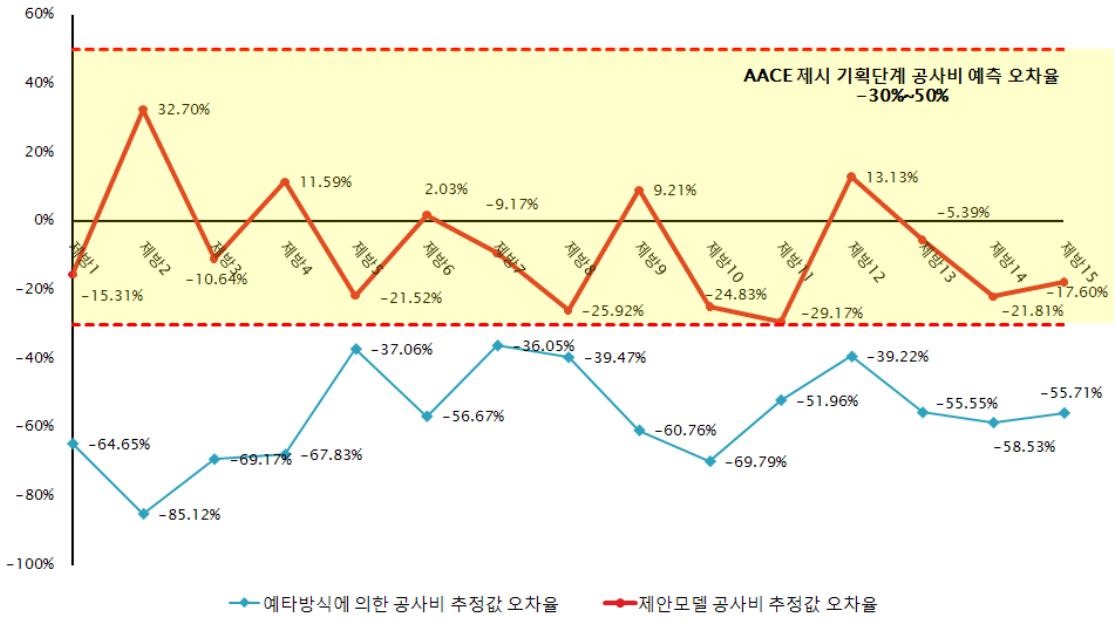
<그림 3-85> 테스트 베드 방법

이 모델 역시 앞서 물량기반 모델과 마찬가지로 개략공사비 산정 모델과의 비교를 위해 예비타당성조사의 공사비 예측 방식에 필요한 축제공, 호안공의 물량을 비교 대상인 실시설계 내역서 상에 나와 있는 물량값을 그대로 적용하고, 구조물공 공사비 역시 실시설계 내역서 상의 구조물공 공사비를 그대로 적용하였다. 차수공은 기획단계에서 고려되지 않으므로, 차수공이 포함된 사례는 검증 사례에서 제외하였다.

[표 3-43] 사례기반추론기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

사례	실시설계 공사비(원)	예비타당성조사 방식		사례기반 개략공사비 산정 모델	
		공사비(원)	오차율	공사비(원)	오차율
낙동강 적곡지구 하천개수공사 (대산제)	8,505,524,882	3,006,661,131	-64.65%	7,203,309,434	-15.31%
만경강수계치수사업 만경제등 4개소 실시설계 3차 (좌안2지구)	335,355,486	49,911,973	-85.12%	445,003,935	32.70%
황강 하회지구 하천개수공사 (죽고제)	3,053,864,325	941,405,966	-69.17%	2,728,860,898	-10.64%
서곡천(흥업좌안3지구 등10개소) 개수공사 (무실우안3지구)	606,928,910	195,275,963	-67.83%	677,279,462	11.59%
어천제 축제공사 (석곡3지구)	684,676,448	430,946,664	-37.06%	537,318,127	-21.52%
곡교지구 기성제 보강공사 (신곡2제)	3,085,826,739	1,336,963,647	-56.67%	3,148,553,527	2.03%
낙동강 갈전지구외 1개지구 하천개수공사 (대산제3공구)	793,751,953	507,628,424	-36.05%	720,934,641	-9.17%
낙동강 대곡지구 하천개수공사 (송진제)	1,689,429,881	1,022,606,308	-39.47%	1,251,595,895	-25.92%
곡교지구 기성제 보강공사 (신곡1제)	1,346,911,784	528,538,243	-60.76%	1,471,012,600	9.21%
황강 하회지구 하천개수공사 (모리제)	4,860,485,651	1,468,280,096	-69.79%	3,653,442,016	-24.83%
금호강 영천지구 하천개수공사 실시설계용역 (완산제)	1,207,050,930	579,856,365	-51.96%	854,992,106	-29.17%
금강수계 치수사업 금강 장수제 개수공사 (동정지구)	2,452,721,144	1,490,765,409	-39.22%	2,774,651,855	13.13%
낙동강수계 어서지구 하천개수공사 (구기제)	5,428,615,020	2,413,209,026	-55.55%	5,136,239,081	-5.39%
탐진강 순지제외 1개지구 하천개수공사 (순지제)	3,112,996,745	1,290,981,495	-58.53%	2,434,126,969	-21.81%
밀양강 중도지구 하천개수공사 (가곡제상류)	1,339,385,332	593,245,327	-55.71%	1,103,678,298	-17.60%

오차율 검증 결과		예타	예측 모델
	오차율 평균(절대값)	56.50%	16.67%
	오차율 표준편차	14.09%	17.86%
	오차율 범위	-85.12~-36.05%	-29.17~32.70%



<그림 3-86> 사례기반추론기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

테스트 베드 결과, 사례기반추론기반 이치수형 하천 개략공사비 산정 모델은 평균 오차율 16.67%이며, 공사비 예측의 오차율 범위가 -29.17%~+32.70%이다. 또한 표준편차는 17.86%로 안정적인 모델임을 보여주고 있다. 결과적으로, 본 모델의 적용 단계인 기획단계와 설계단계 중, 선행 단계인 기획단계를 기준으로 보았을 때 AACE의 개략공사비 산정 모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 15건의 사례 모두 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴한다. 이는 초기단계 견적에 대한 선행연구(AACE)의 결과 등에 비추어 볼 때, 적정한 모델의 개발이 이루어졌음을 보여준다.

이에 반해 예비타당성조사의 공사비 예측 방식은 축제공과 호안공의 물량과 구조물공의 실제 공사비를 실시설계 값을 그대로 적용했음에도 불구하고 평균 오차율 56.50%, 공사비 예측의 오차율 범위가 -85.12%~-36.05%로 나타났다. 특히 15건의 사례의 예측 공사비가 모두 과소 예측되는 불안정한 결과를 보였다. 그러므로 예타방식에서 나타난 표준편차 14.09%는 의미를 갖고 있다고 보기 어렵다.

나. 자연형 하천 개략공사비 산정 모델 테스트 베드

사례기반추론기반 자연형 개략공사비 산정 모델의 적정성을 검증하기 위한 테스트 베드에는 모델 개발에 사용되지 않은 3개의 제방을 임의로 선정하여 실시설계 직접공

사비 대비 모델이 예측한 직접공사비와의 오차율을 분석하였다. 예타지침 4판에서는 자연형 하천의 공사비 예측 방법론에 대해 제시하고 있지 않기 때문에 예비타당성조사 방식과의 비교는 불가능하다.



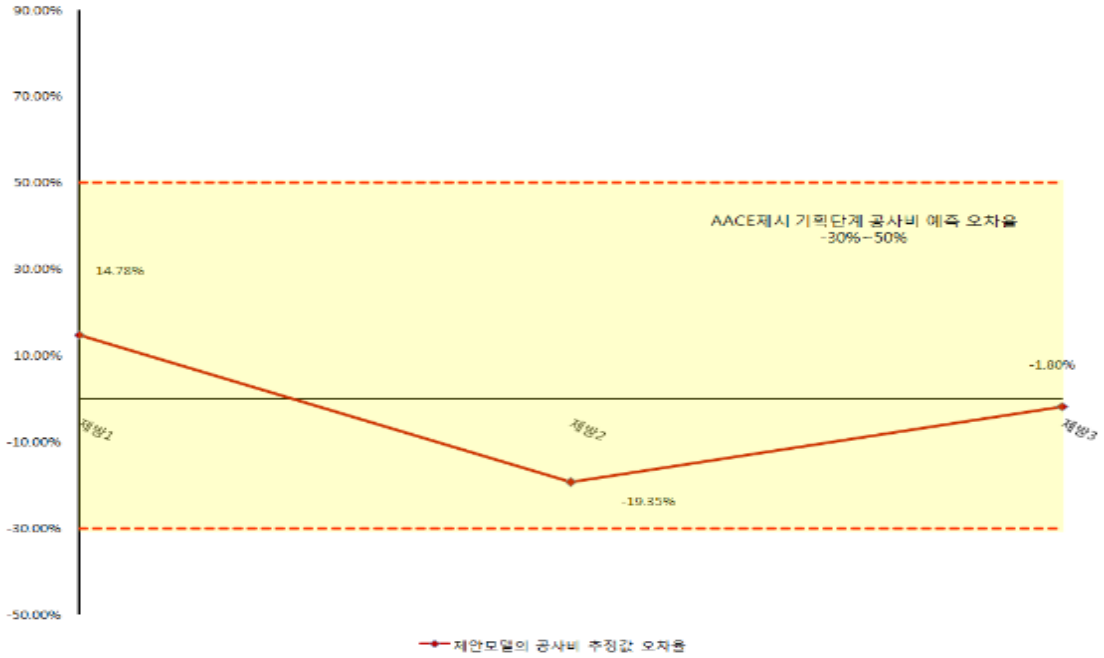
<그림 3-87> 테스트 베드 방법

테스트 베드 사례로 선정한 영천 11구간, 12구간, 14구간은 2008년 12월 설계된 자연형 하천 제방으로 자연형 구조물공의 경우 사례유사도 점수 상위 3순위, 자연형 포장공의 경우 상위 7순위까지 추출하였으며, 적용된 속성 가중치 및 공사비 보정은 개발한 산식을 이용하였다.

[표 3-44] 사례기반추론기반 자연형 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

사례	실시설계 공사비(원)	예비타당성조사 방식		사례기반 개략공사비 산정 모델	
		공사비(원)	오차율	공사비(원)	오차율
영천지구 생태하천 조성사업 (11구간)	3,768,803,313	적용 불가		4,325,646,290	14.78%
영천지구 생태하천 조성사업 (12구간)	2,047,210,684			1,651,155,061	-19.35%
영천지구 생태하천 조성사업 (13구간)	14,897,355,334			14,628,838,056	-1.80%

오차율 검증 결과		예타	예측 모델
	오차율(절대값) 평균	적용 불가	11.98%
	오차율 표준편차		17.09%
	오차율 범위		-19.35%~14.78%

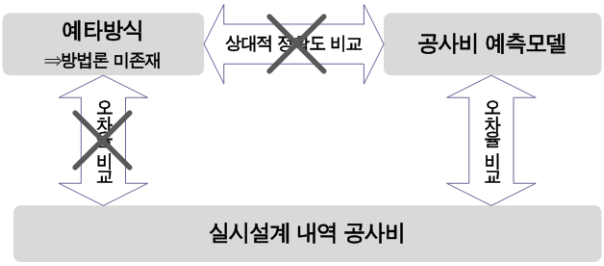


<그림 3-88> 사례기반추론기반 자연형 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

3건의 실적자료를 대상으로 테스트 베드를 실시한 결과는 위와 같으며, 3건에 대한 오차율은 절대값으로 변환했을 경우 평균 오차율 11.98%이고, 공사비 예측의 오차율 범위는 -19.35%~14.78%이다. 또한 표준편차는 17.09%로 안정적인 모델임을 보여주고 있다. 결과적으로, 본 모델의 적용 단계인 기획단계와 설계단계 중, 선행 단계인 기획단계를 기준으로 보았을 때 AACE의 개략공사비 산정 모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 15건의 사례 모두 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴한다. 이는 초기단계 견적에 대한 선행 연구(AACE)의 결과 등에 비추어 볼 때, 적정한 모델의 개발이 이루어졌음을 보여준다.

다. 준설공사 개략공사비 산정 모델 테스트 베드

물량기반 준설공사 개략공사비 산정 모델의 적정성을 검증하기 위하여 3건의 최근 설계완료 사례를 수집하고 1건의 사례를 수집 자료 중 임의로 추출하였다. 이 4건의 사례는 4대강 정비사업 사례 3건과 저수심 하천 준설공사 1건으로 구성되어 있다. 이 4건의 사례에 대하여 실시설계 직접공사비 대비 모델로 예측한 직접공사비를 비교하고 오차율을 분석하였다. 예타지침 4판에서는 준설공사의 공사비 예측 방법론에 대해 제시하고 있지 않기 때문에 예비타당성조사 방식과의 비교는 불가능하다.



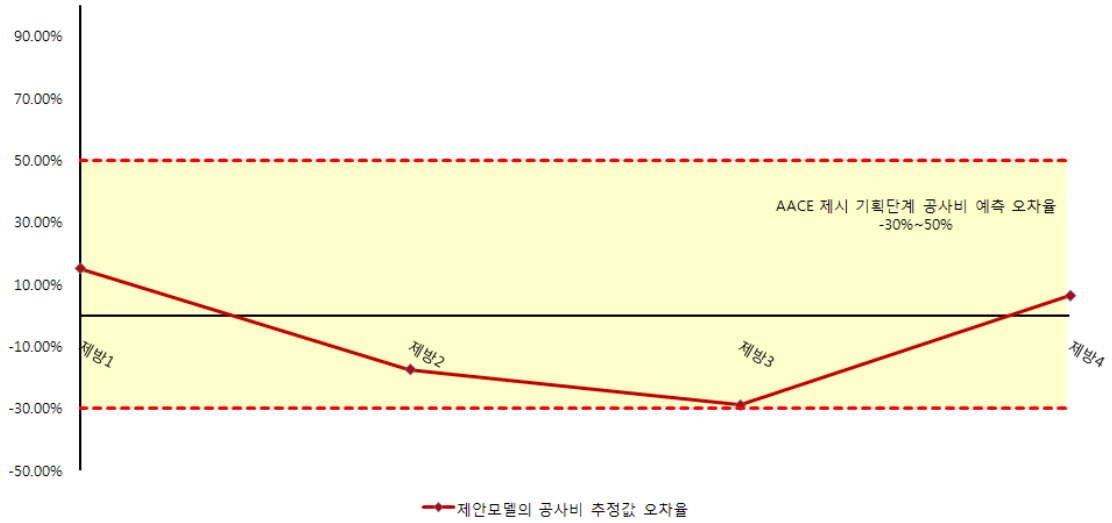
<그림 3-89> 모델검증 방법

4건의 검증 사례에 대하여 개략공사비 산정 모델을 적용시킨 결과는 다음과 같다.

[표 3-45] 물량기반 준설공사 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

사례	실시설계 공사비(원)	준설공사비모델	
		공사비(원)	오차율
낙동강살리기(6공구)	50,439,372,310	58,120,049,711	15.23%
낙동강살리기(7공구)	26,047,287,442	21,532,507,256	-17.33%
낙동강살리기(8공구)	76,073,108,807	54,127,332,743	-28.85%
승기천	91,903,308	97,797,512	6.41%

오차율 검증 결과		물량기반 모델
	오차율 평균	-6.14%
	오차율 표준편차	20.45%
	오차율 범위	-28.85%~6.41%



<그림 3-90> 물량기반 준설공사 개략공사비 산정 모델의 테스트 베드 결과

테스트 베드 결과를 보면, 물량기반 준설공사 개략공사비 산정 모델은 평균 오차율 17.0%이며, 공사비 예측의 오차율 범위가 -28.85~+15.23%이다. 또한 표준편차는 20.45%로 안정적인 모델임을 보여주고 있다. 결과적으로, 본 모델의 적용 단계인 기획단계와 설계단계 중, 선행 단계인 기획단계를 기준으로 보았을 때 AACE의 개략공사비 산정 모델의 목표인 하한값 -15%~-30%, 상한값 +20%~+50%와 비교할 경우 4건의 사례 모두 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴한다. 특히 대규모 준설과 소규모 준설 모두 적정한 수준의 오차율을 보이고 있다. 이는 초기단계 견적에 대한 선행 연구(AACE)의 결과 등에 비추어 볼 때, 적정한 모델의 개발이 이루어졌음을 보여준다.

4. 공공청사 TEST BED

가. TEST BED 대상공사 개요

공공청사 적정공사비 산정 시스템 테스트베드를 위해 2005년 이후 설계된 업무시설 중심의 청사 3건을 테스트베드 대상 사례로 선정하였다. 선정된 사례들의 개요정보는 표1과 같다. 테스트베드는 각 사례들의 실시설계도서로부터 각 단계에 적합한 입력정보를 도출하여 시스템에 입력하는 방식으로 진행하였다. 특히, 설계도서를 바탕으로 별도 분석 작업이 필요한 계획설계 단계 시스템의 마감공사 입력정보와 기본설계단계의 골조공사, 마감공사 입력정보의 경우는 견적 전문가에 의뢰하여 도출하였다. 기획단계의 골조, 마감, 건축외 부문과 계획설계단계의 골조, 건축외 부분의 경우 CBR을 통해 유사사례를 선택해야하는데, 기본적으로 시스템에서 제시하는 사례 중 상위 1~2건의 사례를 선택하여 공사비 산정을 진행하였다. 최종적으로 시스템을 통한 산정된 공사비를 각 사례의 설계가와 비교하여 검증을 수행하였다.

[표 3-46] 공공청사 적정공사비 산정시스템 테스트베드 사례 개요

구분	A 국세청	B 구청	C 지방법원 청사
청사유형 및 기능	국세청 단일	구청사 복합	기타 청사 단일
설계년도	2007년	2005년	2008년
대지면적	9,524㎡	16,604.22㎡	27,358.8㎡
연면적	17,501.72㎡	39,399㎡	12,783.98㎡
건폐율	21.07%	37.25%	13.18%
용적율	118.48%	137.94%	39.72%
조경면적	1,655.36㎡	3,661.3㎡	10,153.23㎡
공개공지	1017.77㎡	2100㎡	2,992.66㎡
주차대수	200대	307대	171대
친환경인증등급	없음	없음	없음
구조형식	철근콘크리트 구조 (RC)	철골철근콘크리트+철골 구조 (SRC+S)	철근콘크리트 구조 (RC)
지하층수	2층	2층	1층
지상층수	10층	12층	6층
외부마감 종류	칼라 복층유리, 석재판넬(화강석)	칼라 로이(Low-E)유리, 알루미늄판넬, 압출성형시멘트패널	칼라 복층유리, 불소코팅 알루미늄 커튼월, 화강석마감, 불소코팅 알루미늄판넬
정보통신등급	2등급	없음	없음

[표 3-47] 공공청사 적정공사비 산정 시스템 테스트베드 결과 (사례 3건)

A사례(국세청), 설계년도:2007년, 연면적:17501.72m²

구분	단계	기획 단계			계획설계 단계			기본설계 단계		
	실제값	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율
골조	4,559,624,351	4,973,918,817	9.09%	1.21%	5,268,063,295	15.54%	2.06%	4,535,717,552	-0.52%	-0.07%
마감	8,076,605,567	8,227,856,101	1.87%	0.44%	7,145,373,801	-11.53%	-2.71%	7,271,918,014	-9.96%	-2.34%
건축외	12,867,306,579	10,051,377,809	-21.88%	-8.20%	11,535,883,633	-10.35%	-3.88%	13,329,810,707	3.59%	1.35%
간접비	8,849,727,164	8,068,843,996	-8.82%	-2.27%	8,310,414,293	-6.09%	-1.57%	9,628,728,290	8.80%	2.27%
총계	34,353,263,661	31,321,996,723	-8.82%		32,259,735,022	-6.09%		34,766,174,563	1.20%	

B사례(구청), 설계년도: 2005년, 연면적: 39399.12m²

구분	단계	기획 단계			계획설계 단계			기본설계 단계		
	실제값	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율
골조	13,716,342,713	13,626,222,948	-0.66%	-0.11%	14,304,275,829	4.29%	0.74%	14,669,054,915	6.95%	1.20%
마감	15,379,772,656	14,787,784,266	-3.85%	-0.75%	14,642,446,007	-4.79%	-0.93%	14,092,090,727	-8.37%	-1.62%
건축외	32,036,101,392	28,963,780,860	-9.59%	-3.87%	30,057,083,390	-6.18%	-2.49%	32,008,986,598	-0.08%	-0.03%
간접비	18,217,400,595	17,098,580,846	-6.14%	-1.41%	17,583,133,957	-3.48%	-0.80%	22,227,249,994	22.01%	5.05%
총계	79,349,617,356	74,476,368,920	-6.14%		76,586,939,183	-3.48%		82,997,382,234	4.60%	

C사례(지방법원), 설계년도: 2008년, 연면적: 12783.98m²

구분	단계	기획 단계			계획설계 단계			기본설계 단계		
	실제값	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율
골조	4,904,485,682	3,856,377,055	-21.37%	-3.88%	4,520,400,006	-7.83%	-1.42%	5,159,677,998	5.20%	0.94%
마감	5,659,486,343	5,076,032,667	-10.31%	-2.16%	5,244,305,012	-7.34%	-1.54%	5,260,705,613	-7.05%	-1.48%
건축외	9,064,136,494	8,517,710,195	-6.03%	-2.02%	8,402,140,682	-7.30%	-2.45%	9,337,145,812	3.01%	1.01%
간접비	7,399,796,912	6,578,695,209	-11.10%	-3.04%	6,848,900,829	-7.44%	-2.04%	8,084,194,256	9.25%	2.53%
총계	27,027,905,431	24,028,815,126	-11.10%		25,015,746,529	-7.44%		27,841,723,679	3.01%	

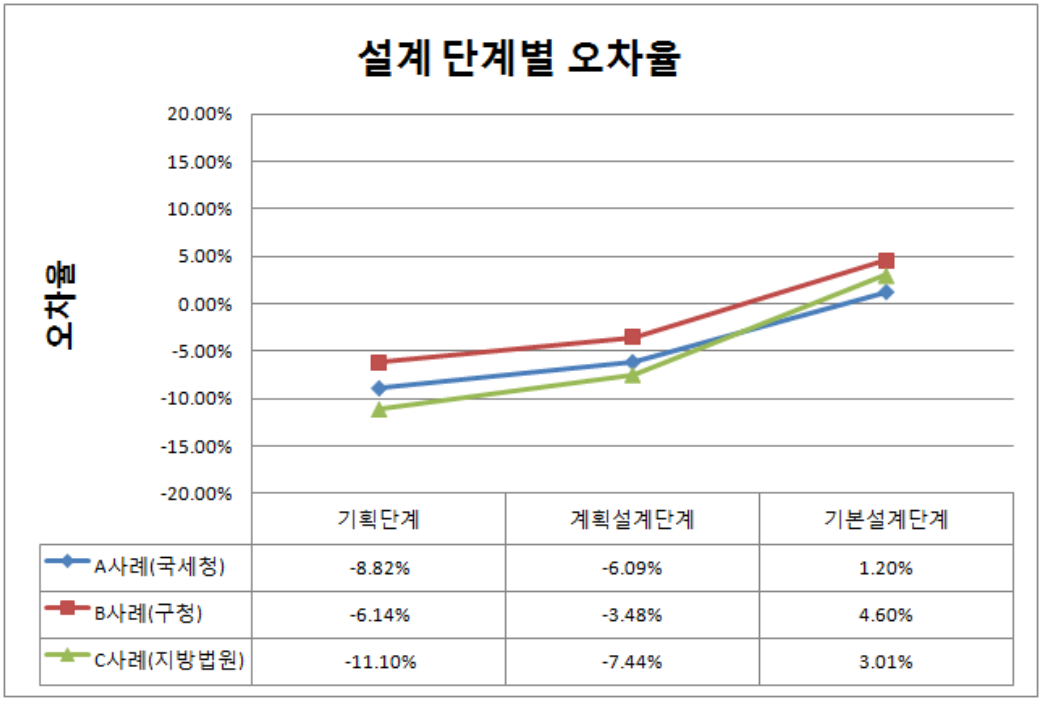
기획단계, 계획설계단계, 기본설계단계의 평균 오차율은 각각 8.69%, 5.67%, 2.94%로서 단계가 진행됨에 따라 공사비 산정의 정확도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 오차율 표준편차의 경우도 단계가 진행됨에 따라 2.48%, 2.01%, 1.70%로 점차 감소하는데, 이는 단계가 진행됨에 따라 공사비 산정 결과 수준이 일정해진다고 볼 수 있다.

[표 3-48] 공공청사 적정공사비 산정 시스템 각 단계별 테스트베드 결과

구분		기획단계	계획설계단계	기본설계단계
해외 목표 오차율 범위*		-25% ~+25%	-15% ~+15%	-5% ~+5%
본 시스템 목표 오차율 범위		-15% ~+15%	-10% ~+10%	-5% ~+5%
분석건수		3건	3건	3건
검증 결과	평균 오차율	8.69%	5.67%	2.94%
	오차율 범위	-11.1% ~ -8.82%	-7.44% ~ -3.48%	+1.2% ~ +4.6%
	오차율 표준편차	2.48%	2.01%	1.70%

* Association of Cost Engineers(UK)[13]에서 제시하는 단계별 오차율 범위

오차율 범위는 기획단계는 -11.1%~-8.82%, 계획설계단계는 -7.44%~-3.48%, 기본설계단계는 +1.2%~+4.6%이다. 단계별 오차율 범위는 본 연구의 단계별 목표 오차율 범위인 기획단계 ±15%, 계획설계단계 ±10%, 기본설계단계 ±5%를 충족한다.



<그림 3-91> 단계별 오차율 (검증사례 3건)

13) AACE International Recommended Practice No.18R-97, 2005

기획단계의 경우 시스템을 이용한 공사비 산정 결과가 실제 공사비보다 낮게 산정되는 경향이 있다. 이는 테스트베드 대상 사례 3건의 연면적당 공사비가 DB를 구성하는 사례들의 단위면적당 공사비와 비교했을 때 상대적으로 크기 때문일 것으로 보인다. 각 사례의 단위면적 당 공사비를 보면 A국세청 1,962,851원/m^2, B구청 2,013,995원/m^2, C지방법원 2,114,201원/m^2 으로 시스템 DB를 구성하는 사례들의 단위면적 당 공사비 평균인 1,857,350원/m^2(2008년 기준 보정값)보다 높다. 또, 테스트베드 대상 사례 3건의 단위면적당 공사비가 DB 상에서 상위 10%에 포함되는 것을 볼 수 있다. 이에 따라, 표4의 각 공종별 기획단계 오차율이 마이너스로 치우친 것으로 보인다.

계획설계단계의 골조공사비의 경우 기획단계의 산정결과보다 증가하고 오차율이 감소한다. 하지만 A국세청의 경우 과다하게 증가하여 오차율이 오히려 증가하는데, 이는 철골공사의 유사사례 선택 시 발생한 오차 때문이다. A국세청의 경우 지하 일부에 SRC구조가 사용된 청사인데 유사사례 선택 시 지상, 지하 모두에 SRC구조가 사용된 사례가 선택됨에 따라 철골공사비가 증가하게 되었다. 기본설계단계의 골조공사비 산정 결과는 계획설계단계 산정 결과에 비해 증가하며 오차율 범위는 -0.52%~+6.95%로 정확도가 대체적으로 증가한다.

마감공사의 경우 계획설계단계와 기본설계단계에서의 산정결과가 기획단계의 산정결과보다 낮아지고 오차율은 증가하는 경향을 보인다. 이는 시스템 입력정보 도출을 위해 설계도서로부터 실/부위별 소요면적을 분석할 때 일부 면적이 누락되는 것에 대한 보정을 하지 않았기 때문이다. 또, 마감아이템 선택과정에서 일부 단가가 낮은 아이템이 선택되는 것 또한 공사비가 낮게 산정되는 원인으로 볼 있다. 마감공사의 경우 다양한 마감아이템이 존재하기 때문에 100% 일치하는 마감아이템을 선택하는 것에는 제한이 있지만 DB 상의 마감아이템을 추가한다면 선택의 다양성이 커져 오차율을 감소시킬 수 있을 것이다.

건축외 공사비의 경우 각 단계별 오차율과 오차율 범위는 점차 감소한다. 건축외 공사비를 구성하는 세부공종별(토목, 조경, 기계, 전기, 통신) 공사비의 오차율은 각 단계별로 특정 경향성 없이 다양하게 나타나는데, 이는 건축외공사가 다른 공종에 비해 변수가 많고 프로젝트마다 다양한 특성을 지니기 때문이다. 건축외 공사 세부공종별 산정결과의 총 공사비 대비 오차율 범위는 -5.49%~+3.77%로 골조 -3.88%~+2.06%, 마감 -3.85%~+0.44%보다 상대적으로 높은 편이다. 따라서 건축외공사의 경우 골조공사, 마감공사에 비해 프로젝트 특성에 맞는 전문가의 조정 작업이 더 필요할 것으로 보인다.

[표 3-49] 공공청사 적정공사비 산정 시스템 테스트베드 결과: 공종별 결과 정리

구분		기획단계	계획설계단계	기본설계단계
골조	평균 오차율	10.37%	9.22%	4.22%
	오차율 편차	15.55%	12.71%	3.91%
	오차율 범위	-21.37%~+9.09%	-7.83%~+15.54%	-0.52%~+6.95%
마감	평균 오차율	5.34%	7.89%	8.46%
	오차율 편차	6.09%	3.40%	1.46%
	오차율 범위	-10.31%~+1.87%	-11.53%~-4.79%	-9.96%~-7.05%
건축외	평균 오차율	12.50%	7.94%	2.23%
	오차율 편차	8.32%	0.96%	1.70%
	오차율 범위	-21.88%~-6.03%	-10.35%~-6.18%	-0.08%~+8.8%

간접비는 기획단계와 계획설계단계의 경우 직접공사비에 대한 비율로서 산정되기 때문에 직접공사비 산정결과에 따라 그 오차율이 결정된다. 하지만 기본설계단계에서는 간접비 항목별로 요율을 적용하여 산정하게 되어있기 때문에 직접공사비 중 재료비, 노무비, 경비 각각이 차지하는 비중과 적용 요율에 따라 산정 결과가 달라진다. 기본설계단계에서 산정된 간접비는 실제 간접비보다 높게 산정되는 경향을 가진다. 각 사례의 실제 간접비 비율은 34.7%, 29.8%, 37.7%이고 기본설계단계에서 산정된 간접비 비율은 38.3%, 36.6%, 40.9%이다. 이는 간접비 비율이 약 4~7%정도 증가하는 것이며 총 공사비로 봤을 때 약 2~5% 증가하는 것이다. 공종별 오차율 편차는 각 단계별로 골조공사의 경우 15.55%, 12.71%, 3.91%, 마감공사의 경우 6.09%, 3.40%, 1.46%, 건축외공사의 경우 8.32%, 0.96%, 1.7%로 대체로 감소한다.

4. 아파트 TEST BED

가. TEST BED 개요

공공아파트 적정공사비 산정 시스템의 테스트베드를 위해 기획단계, 계획설계단계, 설계단계 각 10건, 10건, 3건을 테스트베드 사례로 선정하여, 시스템을 통해 산정된 총공사비를 각 사례의 설계가와 비교·분석하여 검증을 수행하였으며, 건축부문(건축공사), 건축외 부문(토목공사, 기계공사, 전기공사, 통신공사, 조경공사), 직접공사비, 간접비, 총공사비를 비교·분석하는 방식으로 진행하였다.

[표 3-50] 공공아파트 TEST BED 대상공사 개요

No.	설계 년도	연면적 (m^2)	건축면적 (m^2)	건폐율 (%)	용적율 (%)	지하 층수	지상층 수	주차대 수	동수	총세대 수	총공사 (백만원)
1	'05.06	37426	4265	17.38	116	2	5~12	327	9	282	34,077
2	'05.06	84759	5876	15.92	170	1	12~15	814	13	722	63,006
3	'05.06	94038	6983	17.05	177	1	12~15	798	14	694	78,025
4	'08.02	71624	7198	20.57	142	3	6~13	592	25	475	82,175
5	'08.02	79903	16186	3151	105	2	3~7	646	29	471	93,410
6	'08.02	38672	3024	22.74	189	2	9~15	305	8	235	44,782
7	'08.07	19588	2774	22.01	101	1	5~7	153	11	133	25,738
8	'08.07	75840	6094	21.68	191	2	13~17	602	13	509	87,211
9	'08.07	50285	4457	21.51	163	2	10~17	430	12	382	54,653
10	'08.07	33202	2456	18.79	171	2	10~17	305	7	275	35,978

나. TEST BED 결과

기획단계, 계획설계단계, 기본설계단계 개략공사비 예측 시스템의 결과값을 실제 공사비와 비교한 결과를 다음 표에 제시하였다.

[표 3-51]아파트 TEST BED 결과

A사례, 설계년도:2005년06월, 연면적:37426.94㎡

구분	단계	기획 단계			계획설계 단계			설계 단계		
	실제값	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율
건축	15,498,678,594	15,341,147,096	-1.02%	-0.46%	15,341,147,096	-1.02%	-0.46%			
건축외	10,097,635,593	9,601,857,621	-4.91%	-1.45%	9,060,795,652	-10.27%	-3.04%			
직접비	29,391,221,352	28,737,911,882	-2.22%	-1.92%	28,196,849,913	-4.06%	-3.50%	28,111,081,191	-4.36%	-3.76%
간접비	3,379,757,073	4,109,521,399	21.59%	2.14%	4,032,149,538	-19.30%	1.91%	4,019,884,610	18.94%	1.88%
총공사비	34,077,412,926	34,577,455,577	1.47%		33,926,449,816	-0.44%		33,823,252,889	-0.75%	

B사례, 설계년도: 2005년06월, 연면적: 84759.32㎡

구분	단계	기획 단계			계획설계 단계			설계 단계		
	실제값	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율
건축	30,216,080,530	31,483,237,988	4.19%	2.01%	31,483,237,988	4.19%	2.01%			
건축외	18,163,854,408	18,240,059,685	0.42%	0.12%	16,711,198,553	-8.00%	-2.31%			
직접비	52,791,778,872	54,135,141,607	2.54%	2.13%	52,606,280,474	-0.35%	-0.29%	55,241,189,811	4.64%	3.89%
간접비	8,244,029,186	7,741,325,250	-6.10%	-0.80%	7,522,698,108	-8.75%	-1.14%	7,899,490,143	-4.18%	-0.55%
총공사비	63,006,157,710	65,135,402,381	3.38%		63,295,876,667	0.46%		66,466,199,581	5.49%	

C사례, 설계년도: 2005년06월, 연면적: 94038.23㎡

구분	단계	기획 단계			계획설계 단계			설계 단계		
	실제값	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율	공사비	오차율	총공사비대비 오차율
건축	37,600,040,169	36,174,835,616	-3.79%	-1.83%	36,174,835,616	-3.79%	-1.83%			
건축외	19,547,796,912	21,643,563,684	10.72%	2.69%	19,919,521,907	1.90%	0.48%			
직접비	61,494,730,124	62,165,292,343	1.09%	0.86%	60,441,250,566	-1.71%	-1.35%	57,233,410,117	-6.93%	-5.46%
간접비	11,817,323,316	12,606,066,715	2.05%	0.31%	11,725,602,610	-0.78%	-0.12%	11,103,281,563	-6.04%	-0.92%
총공사비	78,025,908,838	79,549,636,998	1.95%		77,355,212,092	-0.86%		73,272,152,696	-6.09%	

기획단계, 계획설계단계, 설계단계의 각 평균 오차율은 6.15%, 5.11%, 4.11%로써 단계가 진행되고 설계정보가 상세화 되어감에 따라 시스템의 총 공사비 산정에 대한 정확도가 높아지는 것을 알 수 있다.

[표 3-52] 공공아파트 적정공사비 산정시스템 각 단계별 테스트베드 결과

구분		기획단계	계획설계단계	설계단계
ACE* 오차율 범위		-25% ~+25%	-15% ~+15%	-5% ~+5%
AACE* 오차율 범위		-20% ~+30%	-15% ~+20%	-10% ~+15%
분석건수		10건	10건	3건
검증 결과	평균 오차율	6.15%	5.11%	4.11%
	오차율 표준편차	4.39%	4.38%	5.80%
	Max	13.74%	10.89%	5.49%
	Min	1.47%	-0.86%	-6.09%

* Association of Cost Engineers(UK)

** Americal Association of Cost Esgineers(US)

기획단계, 계획설계단계, 설계단계 각 10건, 10건, 3건의 사례 검증 결과의 오차율 범위는 기획단계 +1.47% ~ +13.74%, 계획설계단계 -0.86% ~ +10.89%, 설계단계 -6.09% ~ +5.49%이다. 이는 ACE나 AACE가 분석하고 있는 통상의 단계별 공사비 예측 오차율의 범위를 벗어나지 않는 양호한 결과라 할 수 있다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표 달성도

연차별 연구개발 목표를 계획대로 달성하였으며, 연차별 주요 연구개발 결과를 요약하면 다음과 같다.

연 차	주요 연구 결과
1차년도	▪현행 공사비 산정 및 관리시스템 평가, 개선 framework 설정 ▪실적공사비 보정체계 제시 및 표준품셈 관리 시스템 구축 ▪설계예산서, 산출근거, 도면 등 설계자료 조사 및 공사비 영향요인 분석
2차년도	▪국도(교량, 터널 포함), 하천, 청사, 공동주택 등 시설물별 공사비구조 분석 ▪시설물별 major items 설정 ▪minor items 금액비율, 경비율 등 분석 ▪대표물량기반 개략공사비 예측모델 개발 ▪웹기반 대표물량기반 개략공사비 예측시스템 및 DB 구축 ▪LCC 분석 및 평가요령 제시
3차년도	▪DB 확충 및 시스템 검증 ▪PC Box교량, Steel Plate교량 등 대상시설물 확대 (연차평가의견 반영) ▪시설물별 대표단위(km, ㎡/평 등) 단가 및 parameter 분석 ▪CBR 기반 개략공사비 예측 모델 개발 ▪웹기반 CBR 개략공사비 예측 시스템 및 DB 구축
4차년도	▪작업조 기반 차세대 cost data prototype 제시 ▪대표물량기반 개략공사비 DB 및 CBR DB 확충 ▪물량산출/공사비 산정 연계 모듈 개발
5차년도	▪개략공사비 예측 시스템 인터페이스 통합 ▪개략공사비 예측 시스템 및 공사비 산정기준 정보시스템 등을 주요 컨텐츠로 하는 건설코스트 인터넷 포털 구축 ▪개략공사비 산정 시스템 TEST BED

제 2 절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 측면

1) 공사비 예측 기술 및 사업비 관리 기술 발전 토대 제공

다양한 공사비 예측 방법론을 적용할 수 있는 기본적인 인프라라 할 수 있는 공사비 예측 기초자료를 체계적으로 제공함으로써 엔지니어링업계, 건설업계, 감리업계, 적산업계 등의 공사비 예측 기술과 사업비 관리 기술 발전의 토대를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

2) 전반적인 관리 기술력 제고의 계기

공사비 예측 기술과 사업비 관리 기술 발전은 공정관리 기술이나 품질관리 기술 등 유관 기술 발전의 직접동인으로 작용하여 전반적인 관리 기술력 제고의 계기가 될 것으로 기대된다.

3) 건설기술 전반의 최적화 및 선진화 기반 구축

공사비 예측기술과 사업비관리 기술은 건설기술의 소프트웨어에 해당하지만 건설공법이나 장비, 노동생산성 등을 금액으로 환산하여 관리하기 위한 기술이므로 하드웨어 건설기술 최적화 및 선진화 기반이 마련될 수 있을 것으로 기대된다.

2. 사회·경제적 측면

1) 국가재원 투자효율 제고 및 품질확보

품질을 확보하면서 예산낭비를 방지할 수 있는 적정 공사비 책정은 국가재원 투자효율 제고의 출발점이며 부실공사 방지 및 시공업체 경영합리화의 토대가 될 수 있을 것으로 기대된다.

2) 국내 건설산업의 수익성 제고 및 국제시장 점유율 확대

상대적으로 고부가가치인 소프트 건설 부문의 경쟁력 강화를 통한 수익성 제고 및 국제 시장 점유율 확대 기반 마련될 것으로 기대된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구성과 활용의 제도적 근거 마련

개략공사비 산정은 Pre-Construction 단계의 다양한 엔지니어링 활동에 필수적으로 수반되는 과정이므로, 본 연구의 결과는 건설공사 기획, (예비)타당성조사, 설계대안 검토 등을 위한 개략공사비 예측 업무 뿐 아니라 설계 VE(Value Engineering), 민간투자사업의 사업성 평가, 일괄입찰공사 등의 추정가격 산정 등과도 밀접한 관련이 있다.

개략공사비 산정 결과를 검증할 수 있는 tool로서 본 연구의 성과인 웹기반 개략공사비 예측 시스템을 활용할 경우 개략공사비 예측 업무의 일관성 및 투명성 제고에 기여도가 클 것으로 판단되나, 공공부문 활용을 위해서는 제도적 근거가 필요하다.

KDI의 예비타당성조사지침이나 국토부의 교통시설투자분석평가지침, 도로업무편람 등에 본 연구성과를 사용할 수 있는 제도적 근거 마련을 추진하고, 연구성과 전체의 사용근거 반영이 곤란할 경우 기존 지침에서 제시된 공사비 산정기준의 개선시 연구성과의 일부(기타공 비율산정기준 등)의 반영을 추진코자 한다.

제 2 절 산업계 활용계획

본 연구개발의 결과는 1차 수요자는 국토해양부 및 산하 발주청과 기획재정부 및 KDI, 설계 및 엔지니어링 업무주체인 용역업계가 될 것으로 판단되며, 연구개발 참여기업들을 중심으로 엔지니어링 실무에 시범적용할 예정이다.

[표 5-1] 참여기업 연계방안

기업명	과제에 대한 기업 관심영역	기업 활용	장비 활용	교육 연계	기술 상담	정보 제공	기술 지도	기술 이전	공동 연구	창업 지원
내경ENG	경제적 타당성 평가, 설계대안 평가	V				V			V	
(주)천일기술단	경제적 타당성 평가, 설계대안 평가	V				V			V	
(주)도화엔지니어링	경제적 타당성 평가, 설계대안 평가	V				V			V	
한미글로벌	설계대안별 경제성 비교 건설사업비관리	√	√		√	√	√	√	√	
SH공사	· 사업성 분석 및 분양가 결정	√	√		√	√	√	√	√	
희림종합건축사사무소	설계대안별 경제성 비교 건설사업비관리	√	√		√	√	√	√	√	
건원엔지니어링	설계대안별 경제성 비교 건설사업비관리	√	√		√	√		√		

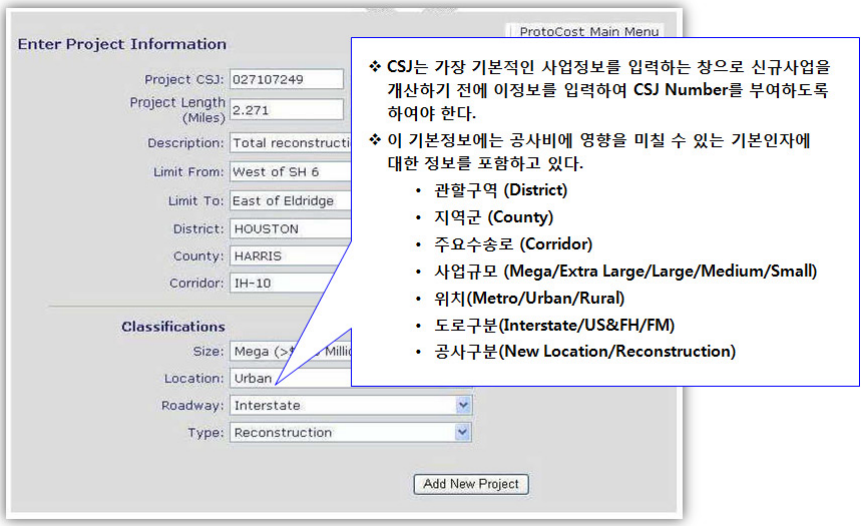
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 미국 DOT의 공사비 산정 시스템

본 연구는 실무적 성격이 짙기 때문에 해외과학기술정보는 실무에서 활용되고 있는 기술을 중심으로 수집되었다. 공사비 예측 업무가 활성화되어 있고 관련 기술에 대한 축적이 이루어진 미국 교통국(Department of Transportation)의 자료를 집중적으로 수집하였다. 다음은 텍사스 교통국에서 현재 활용하고 있는 개략공사비 모형의 주요 내용으로 Parsons Brinckerhoff Americas가 개발한 웹기반(Web-based) 공사비 예측 및 관리 시스템이다.

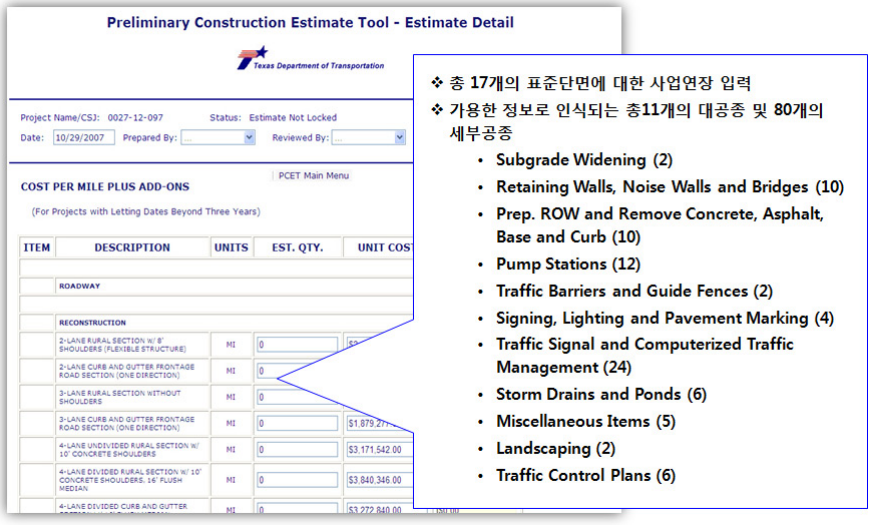


<그림 6-1> TxDOT ProtoCost의 주요 구성

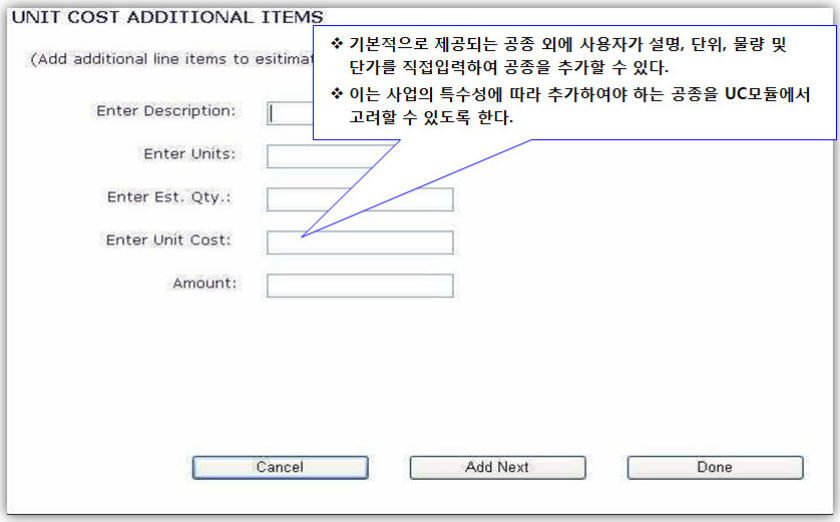


<그림 6-2> TxDOT ProtoCost의 Control Section Job 입력 화면

Control Section Job은 가장 기본적인 사업정보를 입력하는 창으로 신규사업을 개산하기 전에 이 정보를 입력하여 CSJ Number를 부여하도록 하여 지속적인 공사비 관리가 이루어지게 시스템을 구성하였다. 이 기본정보에는 공사비에 영향을 미칠 수 있는 기본인자에 대한 정보를 포함하고 있으며 구체적으로 다음과 같다. 관할구역, 지역군, 주요수송로, 사업규모, 위치, 도로구분, 공사구분 등이 그 구성항목으로 공사비 주요 공사비 변동요인을 포함하고 있다.



<그림 6-3> TxDOT ProtoCost의 물량입력화면



<그림 6-4> TxDOT ProtoCost에서 공종 추가입력 화면

[표 6-1] ProtoCost의 표준 단면 구성 및 단위길이당 공사비

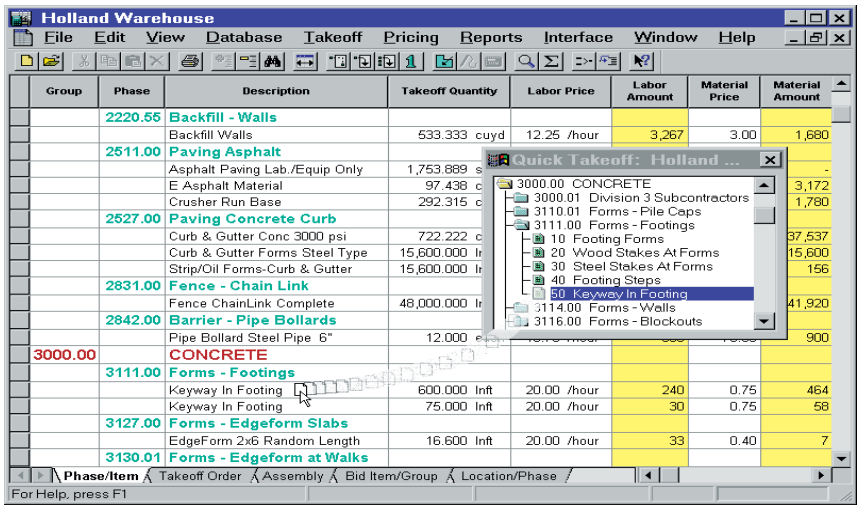
DESCRIPTION	estimated cost / mile	
	(Calc)	(Use)
2-Lane Rural Section w/8′ Shoulders (Flexible Structure)	3.91	3.95
2-Lane Curb and Gutter Frontage Road Section (One Direction)	4.51	4.55
Existing 2-Lane Rural Section w/10′ Shoulder Widening and Overlay (No New ROW)	2.21	2.25
3-Lane Rural Section without Shoulders (Flexible Structure)	4.25	4.25
3-Lane Curb and Gutter Frontage Road Section (One Direction)	6.22	6.25
4-Lane Undivided Rural Section w/10′ Concrete Shoulders	7.42	7.45
4-Lane Undivided Rural Section w/10′ Asphalt Shoulders	7.41	7.45
4-Lane Divided Rural Section w/10′ Concrete Shoulders (16′ Flush Median)	8.51	8.55
4-Lane Divided Rural Section w/10′ Asphalt Shoulders (16′ Flush Median)	8.50	8.50
4-Lane Divided Curb and Gutter Section (16′ Flush Median)	8.98	9.00
6-Lane Divided Rural Section w/10′ Concrete Shoulders (16′ Flush Median)	12.47	12.50
6-Lane Divided Curb and Gutter Section (13′ Raised Median)	11.75	11.75
8-Lane Divided Rural Section w/10′ Concrete Shoulders (16′ Flush Median)	14.46	14.50
8-Lane Divided Curb and Gutter Section (13′ Raised Median)	17.08	17.10
10-Lane Freeway Mainlane Section (No Frontage Roads)	19.79	19.80
10-Lane Freeway Mainlane Section with One Lane HOV (No Frontage Roads)	21.60	21.60
10-Lane Freeway Mainlane Section with Two Lane HOV (No Frontage Roads)	22.71	22.75
12-Lane Freeway Mainlane Section (No Frontage Roads)	21.67	21.70
12-Lane Freeway Mainlane Section with Two Lane HOV (No Frontage Roads)	24.55	24.55
14-Lane Freeway Mainlane Section (No Frontage Roads)	24.77	24.80
Single 12′-Lane w/10′ Shoulder Widening Section for Concrete Pavement	1.79	1.080
8-Mainlanes, 4 HOV Lanes, 6 Shoulders and 2 to 3 Land Frontage Roads and Auxiliary Lanes	41.52	43.70
Interchange	300.00 - 345.00	

Cost Element	Basic Estimate (Current Dollars) (Millions)	Basic Estimate (YOE* Dollars) (Millions)	Contingency Amount (YOE* Dollars) (Millions)	Projected Total Cost (YOE* Dollars) (Millions)
Construction	$50.000	$57.5003	$27.1564	$84.6567
ROW	$11.2000	$12.6822	$4.0583	$16.7405
Utilities	$6.3500	$6.7948	$2.1743	$8.9692
Prelim Engineering (Schematic)	$0.2500	$0.2500	$0.1500	$0.4000
Environmental Documentation	$1.0000	$1.0000	$0.3000	$1.3000
Detailed Design	$2.0000	$2.0000	$0.4000	$2.4000
Design Support	$0.3000	$0.3000	$0.0600	$0.3600
Environmental Mitigation	$0.7500	$0.8625	$0.4170	$1.2795
Drainage Mitigation	$0.5000	$0.5750	$0.2780	$0.8530
Historic Preservations	$1.1000	$1.2650	$0.6116	$1.8766
Aesthetic Treatments	$0.2000	$0.2300	$0.1112	$0.3412
ITS **	$0.5000	$0.5750	$0.2780	$0.8530
Pulbic Involvement	$0.1500	$0.1725	$0.0834	$0.2559
TxDOT Construction Mgmt	$1.7500	$2.0125	$0.9730	$2.9856
PM *** (Consultant)	$3.0000	$3.0000	$0.6000	$3.6000
PM *** (TxDOT)	$1.0000	$1.1500	$0.5560	$1.7060
TxDOT Indirect Cost	$5.6035	$6.3259	$2.6745	$9.0004
TOTAL	$85.6535	$96.6958	$40.8819	$137.5777

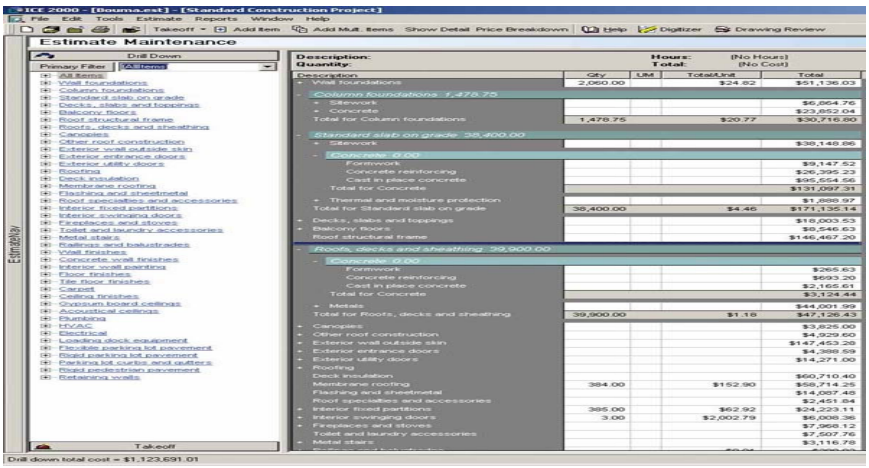
<그림 6-5> 텍사스 DOT 공사비 관리 시스템의 결과값

2. 상용 공사비 산정 소프트웨어

다음 그림 원가산정 소프트웨어를 이용하여 이러한 공종별 단위 물량당 가격(단가: unit cost)에 산출한 작업물량을 입력하여 해당 공종에 대한 공사비를 산출하고, 공사 목적물에 소요되는 모든 공종의 공사비를 합계하여 공사비를 산정하는 예를 보여주고 있다.

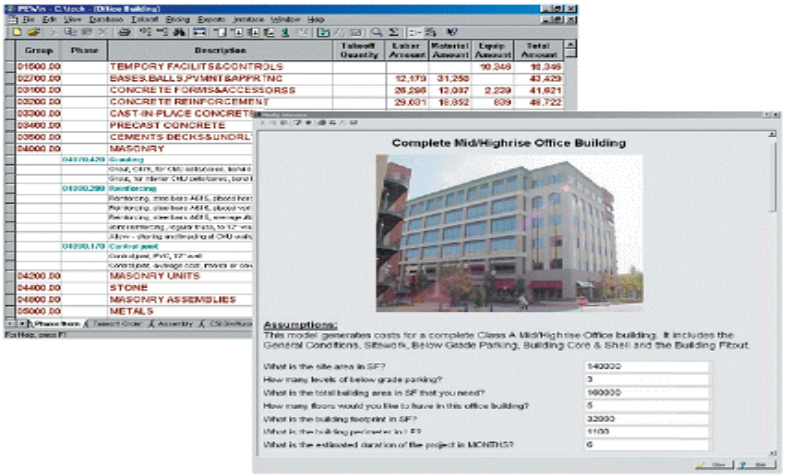


<그림 6-6> Timberline 원가산정기준 DB 활용



<그림 6-7> MC2 원가산정 예

다음 그림은 실적 데이터베이스를 이용하여 시설물에 대한 개략적인 정의를 바탕으로 개략 공사비를 산정할 수 있도록 지원하는 전산 시스템을 보여주고 있다.



<그림 6-8> 개산견적 지원기능의 예

다음 그림은 캘리포니아 교통국에서 매년 제공하고 있는 고속도로 건설공사의 계약 항목에 대한 계약 실적단가 데이터의 예를 보여주고 있음. 주요 내용은 해당 공종에 대한 표준코드, 물량산출 단위(UNIT), 프로젝트가 수행된 지역(DIST)의 위치, 수행한 프로젝트의 수, 작업 수량, 단위당 평균가격, 총 공사비에 대한 데이터를 보여준다.

State of California - Department of Transportation
CONTRACT ITEM COST DATA

ITEM CODE	ITEM DESCRIPTION		UNIT	DIST	NO. OF PROJ	QUANTITY	AVE PRICE PER UNIT	TOTAL AMOUNT
		Unit Sub Total	M3		3	131.00	$513.74	$67,300.00
	Item Code 510000	Total No. of Proj.			3		Total Amount	$67,300.00
510050	STRUCTURAL CONCRETE		M3	4	2	263.00	$355.93	$93,610.00
			M3	7	1	204.00	$908.00	$185,232.00
			M3	11	1	1,625.00	$600.00	$975,000.00
		Unit Sub Total	M3		4	2,092.00	$599.35	$1,253,842.00
	Item Code 510050	Total No. of Proj.			4		Total Amount	$1,253,842.00
510051	STRUCTURAL CONCRETE, BRIDGE FOOTING		M3	1	5	290.00	$705.59	$204,620.00
			M3	2	4	159.50	$1,020.33	$162,742.50
			M3	4	5	11,398.00	$813.27	$9,269,640.00
			M3	6	2	206.00	$415.53	$85,600.00
			M3	7	4	3,187.00	$402.36	$1,282,320.00
			M3	8	1	5,060.00	$175.00	$885,500.00
			M3	10	1	720.00	$600.00	$432,000.00
			M3	11	5	3,428.00	$327.03	$1,121,050.00
		Unit Sub Total	M3		27	24,448.50	$549.87	$13,443,472.50
	Item Code 510051	Total No. of Proj.			27		Total Amount	$13,443,472.50
510053	STRUCTURAL CONCRETE, BRIDGE		M3	1	6	1,769.00	$1,022.62	$1,809,009.00
			M3	2	5	2,901.50	$971.27	$2,818,135.00
			M3	3	1	3.00	$2,000.00	$6,000.00
			M3	4	5	19,241.00	$697.73	$13,425,078.00
			M3	6	4	2,115.00	$893.88	$1,890,560.00
			M3	7	7	12,157.00	$755.04	$9,179,060.00
			M3	8	3	52,485.40	$446.34	$23,426,570.00
			M3	10	3	4,586.00	$737.21	$3,380,840.00
			M3	11	6	36,489.00	$573.48	$20,925,690.00
		Unit Sub Total	M3		40	131,746.90	$583.40	$76,860,962.00
	Item Code 510053	Total No. of Proj.			40		Total Amount	$76,860,962.00

<그림 6-9> CALTRANS 교량 계약실적 데이터(구조용 콘크리트)

3. 미국 건축공사비 산정 시스템

1) 공사비 산정 절차

시공 전 단계에서의 공사비산정 작업은 1)발주자의 예산 증가 없이 발주자의 요구와 기대에 대한 만족 2) 설계 취지의 만족 3) 시공사의 위험요소 감소를 그 목적으로 하여 진행된다. 이러한 공사비산정 작업은 일련의 절차를 바탕으로 수행되는데, 다음은 Turner에서 따르고 있는 건축공사비 산정을 위한 진행절차이다.

(1) 1단계 : 데이터 수집

견적작업의 첫 번째 단계는 견적작업을 위해 바탕이 되는 모든 유용한 데이터를 수집하는 것이다. 이번 단계에서는 일반적으로 다음의 정보들이 모인다.

· Turner 社의 과거 데이터를 바탕으로 하는 일반 정보
· 설계 문서, 스케치, 회의록 등의 프로젝트 특정(specific) 정보
· 시공 일정, 단계구분과 논리적 계획 등에서 알 수 있는 시공 정보
· 기술적 정보와 예산집행을 위한 전문 건설업체 투입
· 발주자와의 계약 기간과 상황

(2) 2단계 : 프로젝트 평가 준비

견적을 위한 두 번째 단계는 프로젝트 평가를 준비하는 단계로 일반적으로 이 단계 동안에는 다음과 같은 업무들이 실시된다.

· Turner의 과거 데이터 평가
· 사업의 특정 정보에 대한 평가, 물량조사, Pricing
· 비용모델 견적 또는 Milestone 견적의 제공
· 일반적인 상황에 대한 준비
· 위험요소 분석 준비

(3) 3단계 : 견적작업 준비

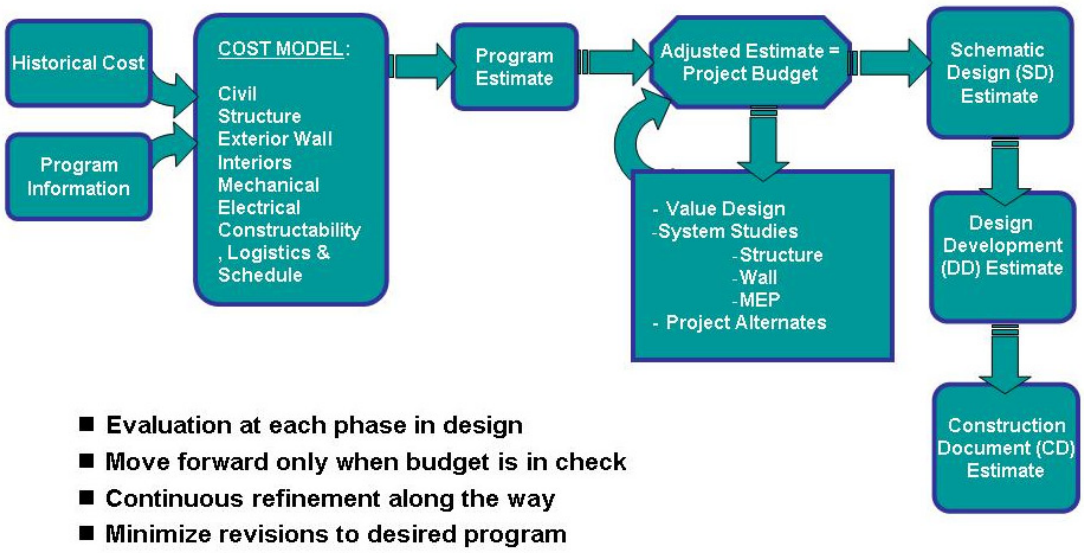
다음 단계는 견적을 준비하는 것이다. T-Company견적은 일반적으로 다음의 item을 포함한다.

· 실행 개요(executive summary)를 통한 Cover letter
· 개요를 견적하고 상세를 견적한다.
· Assumption과 Qualification
· 견적의 기본으로서 서비스하는 문서의 목록
· Allowance와 Alternate의 개요
· schedule)
· 가치공학 분석
· 분산 보고와 예산 대조

(4) 4단계 : 완료 및 수정

앞 단계를 거쳐 완성된 견적내용을 프로젝트 팀에게 전달하고 조사결과들을 문서로 기록하여 견적작업을 마무리 한다. 또한 만약 필요하다면, 조사결가들을 바탕으로 견적된 내용을 수정하고 기록하여, 향후에 유사한 작업을 수행하는데 벤치마킹 할 수 있도록 한다.

이러한 프로세스로 진행되는 공사비산정 작업은 기본적인 데이터를 바탕으로 각 부문별 비용모델을 작성한 이후, 각 단계별로 개념견적(Concept Estimate)부터 시작하여 시공상세견적(Construction Document Estimate)까지 이루어진다. 다음 그림은 하나의 건축공사 프로젝트에서 공사비산정을 위한 진행절차이다.



<그림 6-10> Cost Estimating Process

이러한 프로세스를 따라 각 단계별로 완성되고 제출되어야 하는 제품(Product)들은 다음 표를 통해 살펴볼 수 있다. Concept 단계에서 Construction Document 단계로 이동하면서 완성되는 제품들의 수 또한 점점 증가하는 것을 알 수 있다.

[표 6-2] Turner's Product

Concept	SD	DD	CD
• Estimate Summary • A's & C's	• Estimate Summary • Estimate Detail • A's & C's • GSF Table	• Estimate Summary • Estimate Detail • A's & C's • GSF Table • Variance Report • Value Design Log • Document List	• Estimate Summary • Estimate Detail • A's & C's • GSF Table • Variance Report • Value Design Log • Document List • Project Schedule • Logistics Plan

2) 건축공사비 산정 단계별 특징

목표예산은 프로그램, 토질정보, 빌딩시스템에 대한 설명과 도면정보와 관련된 기타 항목들을 포함해야 하며 PCS팀은 현장 및 공공설비의 위치, 현장 세부계획 등에 대하여 숙지하고 이해해야 한다. 발주자를 위한 초기 시공예산의 제시를 위하여 문서의 완성도 보다 의사소통이 더 중요한 사안이 된다.

발주자팀과 함께 한다는 기회는 가격책정을 위해 제공되는 문서만큼이나 중요하다. 이것의 주된 목적은 빌딩운영에 필요한데 반해 아직까지 정의되지 않은 항목들까지 포함하여 완전한 작업범위를 확정하기 위함이다. 이러한 예산과 그에 수반하는 문서들은 프로젝트의 계획된 범위를 정의하고 모든 미래 예산의 책정을 위한 기초가 된다.
프로젝트 대표자와 (또는) PCS관리자는 발주자 팀과 함께하는 집중적인 시공 검토를 계획하고 프로젝트 발주자 팀은 Turner의 IBP(Interactive Budgeting Program)와 프로그램 질문서를 사용하여 목표예산을 확정한다. 이러한 절차상의 진행은 제안된 프로젝트를 대표자에게 제시하고 기대예산의 제한에 맞추기 위하여 프로젝트를 보다 잘 계획하고 프로그램에 대해 논의 할 수 있도록 예산편성 과정에서 항상 첫 번째 단계가 되어야 한다. 목표예산에 포함되는 항목들은 아래와 같다.

· 프로그램 질문서(Program Questionnaire)
· 현장조사(Site Investigation)
· 빌딩지역개요(Building Area Summary)
· 가치관리(Value Management)

(1) 개념적인 공사비 산정

개념적인 문서를 확립(The conceptual document development)하는 동안, 견적작업은 시스템 분석을 기반으로 수행된다.

문서가 개략단계와 그 이후 단계에 걸쳐 발전하기 때문에, 우리의 견적은 보다 전통적인 거래항목으로 전환된다. 이러한 견적들은 조직 내에서 완성되나 완성된 제품의 적절한 예상과 개념화가 가격 매겨질 수 있도록 빌딩형식에 따른 지식과 전문 하수급자들을 통해 확인된다.

이용 가능한 문서분류 시스템의 수준에 따라, PCS 팀은 상세한 수량산출과 단위면적당 가격을 이용하여 개념적으로 비용을 견적한다. 그 예산은 다시, 비교가 가능하도록 하기 위하여 매개변수나 시스템 양식으로 요약될 것이다. 경험의 강점과 시공 전 단계에서의 직원들의 능력 그리고 지역건축시장, 현재의 빌딩 시스템, 과거 데이터베이스와 결부된 총합 금액에 대한 지식과 견적프로그램들은 우리에게 상세하고 완전한, 그리고 정확한 견적을 최소한의 설계정보를 가진 시점에 생산할 수 있도록 한다. 개념단계제시(Conceptual Phase Presentation)에 포함된 정보는 다음과 같다.

· 목차(Table of Contents)
· 설명서(Cover letter)
· 견적개요(Estimate Summary)
· 비용비교(유사한 프로젝트)(Cost Comparison)
  · 가치분석과 비용대안(적용할 수 있는 만큼)(Value Analysis and Cost Alternatives)
· 예비비항목(적용할 수 있는 만큼)(List of Allowance)
  - 예비비(Allowance)는 정의되지 않은 작업항목의 범위를 보다 잘 정의내릴 수 있도록 만들어진 자금, 수량의 합계나 단가를 말한다.
  - AIA 협약에서 특별히 정의된 항목들과 모순되는, 제시된 예비비들은 실제로 우리에게 불리하게 작용할 수 있으므로 그 같은 상황을 피하기 위하여 주의가 필요하다.
  - 예비비(Allowance)는 그들의 범위 안에서 명백한 반면, Contingency는 알려지지 않은 잠재적 작업변화 범위에 대한 비율을 나타내므로 Contingency와 혼동되어서는 안된다.
  - 예비비는 명확한 거래 패키지 범위에 할당되도록 하는 거래 패키지 명세서이다.
  - 예비비는 문서검토나 수량을 통해 확인된다. 그리고 향후를 위해 Timberline과 같이 코드화 된다.
· 사용된 문서와 관련된 설명(Clarification)과 가정(Assumption)
· 예산 세부사항(Budget Details)
· 설계·시공 일정(설명부분)-(Design and Construction Schedule)(Narrative)
· 빌딩지역개요(Building Area Summary)

(2) 개략공사비산정

개략설계(Schematic Estimate)과정 동안에 PCS 팀은 시공일정과 다양한 빌딩 시스템의 품질, 예산의 제공과 주요항목(Lead Item) 등의 분석을 통해 빌딩 시스템의 선정에 도움을 준

다. 이러한 SSS(Systems Selection Studies)는 개략설계과정과 문서작성과정 전체에 걸쳐 지속된다.

LCS(Life Cycle Studies)는 초기비용 및 빌딩시스템의 운영비용과 유지비용에 대한 분석이다. PCS 팀은 건축가, 엔지니어와 협동하여 다양한 HVAC와 그 밖의 빌딩 시스템들에 대한 비용정보를 제공하는 이러한 연구를 준비하고 희망했던 비용과 품질의 결합을 성취한다.

가치분석제안은 모든 팀 멤버들로부터 요청되고, Turner에 의해 분석되고, 가격이 매겨지고 예산관리보고서(Budget Control Report)에서 감시될 것이다. 이 보고서는 모든 가치분석 옵션, 비용 삭감 제안 및 주요한 견적작업 노력들 사이의 변경들을 기록한다.

· 개략설계단계의 가격편성(Schematic Design Phase Pricing)
  - 도면(Drawing)
  - 요약 시방서(outline specifications)
    - 프로젝트 구성요소와 프로그램의 관계 및 규모를 발주자에게 설명하는 기타 문서들
  - 계획 비용들은 다음을 사용하여 확정된다:
  - 과거경험을 바탕으로 하는 빌딩 시스템과 구성요소의 단위면적 비용
  - 과거경험을 바탕으로 하는 유사한 프로젝트의 단위면적 비용
  - 수급자의 과거 경험에 바탕을 둔 광범위한 가정
  - 인플레이션과 수요에 대한 '최적의 추측'
  - '알려지지 않은' 요소들을 수용하기 위한 임시비용(Contingency)
  - 프로젝트의 명백히 드러나는 독특한 요구사항들의 분석과 원가계산
  - 최적의 비용효율적인 구성요소를 결정하기 위한 제품과 시스템 분석

· 개략설계단계 제시(Schematic Design Phase Presentation)

- 목차
- 설명서
- 견적개요
- 비용비교
- 프로젝트 범위 관리자 도구
- 예산 관리자 도구
- 가치분석과 비용대안
- 예비비항목
- 설명과 가정
- 견적 세부사항
- 설계·시공 일정
- 빌딩지역 개요
- 빌딩지역 비교

(3) Design Development Estimate

문서들이 대략 40%정도 완성되는 시점에 PCS 팀은 전체 프로젝트를 위한 설계 확정 예산을 제공한다. 이 예산은 도면상에는 아직 표현되지 않았으나 완료되어야 하는 항목들을 포함할 뿐만 아니라 도면과 시방서를 바탕으로 완전한 수량조사를 기반으로 한다. 이러한 상세한 노력은 프로젝트에 소요되는 실제 비용을 상세히 구분하고 이에 초점을 맞출 수 있도록 한다. 이것은 프로젝트의 시공을 위해 사용될 문서들을 기반으로 하기 때문에 가장 중요한 예산이 된다.

PCS팀은 완료된 견적작업을 검토하기 위하여 KEY 하수급자의 투입을 요청할 것이다. 이러한 검토 기간과 동시에, 비용과 일정에 대한 특별하고 독특한 프로젝트의 영향을 완전히 이해하기 위하여 시스템에 대한 조사는 완료된다. 현금흐름의 예측뿐만이 아니라 상세한 예비 시공일정, 구매계획 및 세부계획들은 시공 전 단계 동안에 완료되고 프로젝트 비용에 대한 그러한 사항들의 영향 또한 분석되고 가격 책정된다.

시공성 검토(Constructability)는 선호되는 영향을 최대로 하고 불완전한 설계, 자재의 불완전한 구매 등 시공에 부정적인 요소들은 완화시키기 위하여 수행된다. 이러한 정보들은 프로젝트 발주자 팀에게 제출하기 위하여 하나의 보고서로 통합된다.

PCS 팀은 프로젝트 도면, 시방서 및 세부항목들의 전반적인 조정에 대해 다루는 시공성 분석 보고서를 발주자와 건축가에게 넘겨준다. 그리고 일단 프로젝트의 공사가 시작되었을 때, 발생할 수 있는 설계변경이나 클레임과 같은 모순에 대하여 정의 내린다. 시공성 분석 보고서는 시공 전 단계 동안에 최소한 한달에 한번 업데이트 되어야 하고, 이러한 진행은 그 후 수개월동안 지속되어야 한다.

시장 상황에 관한 연구는 프로젝트의 주요 특징(예를 들어 기초, 골조, 커튼월, 엘리베이터 및 MEP)에 영향을 주는 노무의 가용성의 평가를 위해 준비될 것이다.

· Design Development Phase Pricing
  - 토목, 구조, 기계, 전기 도면
  - 명확한 재료와 빌딩 구성요소
  - 수량을 산출하기 위한 기초 크기나 구조형식
  - 프로젝트 설계 공학자에 의해 치수가 결정된 주요 기계, 전기 시스템 요소들
  - 공기, 물, 동력, 조명, 의사소통 시스템과 관련된 역사를 바탕에 둔 정보
  - 인테리어 마감과 시스템을 위한 역사를 바탕으로 하는 비용
    - 가정된 마감을 정의하기 위한 시공관리자에 의해 확정된 'Preliminary' 마무리 일정
    - 설계자에 의해 제시된 초안 시방서를 보충하는 한정된 가정(assumptions) 스펙트럼
    - 빌딩 높이 및 전형적인 상세를 이용하는 빌딩 스킨과 인클로져 요소에 대한 시스템 비용
  - 예상되는 인플레이션 효과와 세부항목의 발전을 수용하기 위한 예비비
    - 증가된 비용부분을 정의하고 예산범위 안에서 팀이 프로젝트를 수행하수 있도록 원래의 계획에 대한 범위를 줄이기 위해 수행되는 이전 견적과의 비교
  - 전반적인 프로젝트 기간을 확정하기 위한 예비적인 일정
· Trade Contractor는 지역 시장 상황의 고려와 함께 주요구성요소에 대한 비용과 작업을 위한 시스템의 증명을 위해 투입한다.

3) 건축공사비 산정 소프트웨어

건축공사비의 산정을 위하여 국내의 물가정보지와 같은 단가집 뿐만 아니라, RSMeans 등의 보다 자세히 기술 되어있는 자료집들을 참고로 한다. 공사비산정을 위하여 이러한 기본 데이터들은 바탕으로 하고 별도의 시스템을 사용하기도 하는데, 각

기관별 공사비 산정 시스템은 다음과 같다.

[표 6-3] 개산견적 시스템

설계사		시공사
PERKINS EASTMAN	PERKINS + WILL	TURNER
▪필요시 관련도서 사용(단가집, R.S. MEANS 등) ▪다른 방법으로 시공자 및 견적전문가의 시스템을 사용	▪부분적 엑셀기반 시스템 소유 - 각 부분 시스템을 선정 후 보정	▪팀블라인 및 엑셀 프로그램 사용 ▪지역비용지수산정 시, R.S. MEANS 데이터 대신 자사 데이터의 사용비중이 큼

시행사	견적용역회사	연구기관
CH2M HILL	CCS	PURDUE UNIV.
▪오피스 빌딩에 관련된 견적시스템 소유	▪팀블라인 프로그램을 사용 ▪주요 요인을 분석하기 위한 CHECK LIST 사용	▪필요시 관련도서 및 프로그램 사용 (R.S. MEANS, 엑셀 프로그램 등)

제 7 장 참고문헌

강명석, 김광우, 1993, “인텔리전트 빌딩 시스템의 개산견적을 위한 데이터모델에 대한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 (계획계), 대한건축학회, 13(2), pp.397～402

강태경, 백승호, 안방률, 조훈희, 이유섭, 2001, 건설사업관리 요소기술 Benc- hmarking 및 적용기반 연구-사업비관리를 중심으로, 한국건설기술연구원

건설교통부, 1997, 토목·건축·기계설비공사 수량산출기준.

건설교통부, 2003, 설계도서 작성기준, 건설교통부고시 제2003-11호, 건설교통부

건설교통부, 공공건설사업 효율화 종합대책 정책자료집, 1993.3

건설물가조사회, 1995, 건설 디플레이터의 개선검사, 건설경제분석 시리즈, No. 45, 동경: 재단법인 건설물가조사회

건설물가조사회, 1996, 건설 디플레이터의 기준개정평성 2년도, 건설경제분석 시리즈, No. 46, 동경 : 재단법인 건설물가조사회

건설물가조사회, 2000, 월간물가지수월보 11, 동경 : 재단법인 건설물가조사회

경희대학교, 2001, Expert System에 의한 공사실적정보관리시스템 개발 연구보고서, 건설교통부

국토해양부 (2005) 하천설계기준, 국토해양부

국토해양부 (2006) 하천설계실무요령, 국토해양부

국토해양부 (2007) 도로업무편람, 국토해양부

국토해양부(2005) 2005년도 국도건설공사 설계실무요령, 국토해양부

김경래, 1997, 실적공사비 적산제도를 통한 적정공사비 산정 및 관리, 건설산업동향, 한국건설산업연구원

김광희, 강경인, 2003, “공동주택 프로젝트의 초기 공사비 예측을 위한 신경망학습에 유전자 알고리즘을 적용한 모델에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 19(10), pp.133～142

김광희, 강경인, 2004, “사례기반추론기법을 이용한 공동주택 초기공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 20(5), pp.83～92

김광희, 강경인, 2004, “유전자 알고리즘에 의한 신경망 학습의 최적화를 이용한 공동주택의

초기공사비 예측에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 20(2), pp.81～88

김광희, 김상용, 강경인, 2004, "공동주택 공사비 예측정확도 비교에 관한 연구-사례기반추론 기법과 신경망을 중심으로", 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 20(5), pp.93～102

김광희, 안성훈, 조형근, 2006, "신경망과 유전자 알고리즘을 이용한 공사비 예측모델의 예측 정확도비교에 관한 연구 - 공동주택 공사비를 중심으로", 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 22(3), pp.111～118

김기홍, 박찬식, 장선호, 2005, "고층 사무소건축의 공사비계획을 위한 웹 기반 개략견적 프로그램", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 6(2), pp.69～79

김무중, 이훈구, 김재준, 2006, "IDEFø를 사용한 원가관리 프로세스 분석." 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 22(4), pp.177～185

김민기, 신성훈, 현창택, 2002. "공공건설사업 시공 전 단계 사업비관리 개선에 관한 연구." 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp.265～270

김병수, 전진구, "공공 건설공사 공사기간 산정 모델에 관한 연구", 한국건설관리학회 논문집, v.6 n.6(2005-12)

김상중, 신규철, 김재준, "건축현장 마감자재 조달프로세스 영향요소 분석에 관한 연구", 대한건축학회 논문집(구조계) 제19권 9호, 2003.

김선국 , 신진수 , 구인완 , 김용구, "계획단계 도로공사의 통계적 코스트 모델", 대한토목학회 논문집 : Vol.20 No.2-D

김선국, 구인완, 2000, "신경망을 이용한 사무소 건물의 코스트모델", 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 16(9), pp.59～67

김선국, 신진수, 구인완, 김용구, "계획단계 도로공사의 통계적 코스트 모델", 대한토목학회논문집, Vol 20 No.2-D, 2000

김선국, 조지훈, 1999, "복합 시계열모델을 이용한 건설공사비지수 예측." 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 15(7), pp.127～136

김우영, 김윤주, 이준성, 이영환, 이복남, 2006, "원가투입구조의 직접 조사에 의한 국내 건설공사비지수 개발을 위한 기초연구 - 도로시설물 중심으로", 건설관리, 한국건설관리학회, 7(2), pp.53~61

김윤주, 송병관, 최석인, 2004, 실적공사비제도의 평가 및 개선방안, 한국건설산업연구원

김찬중, 2003, "기획단계에서의 최적 개략견적산 정의 방법론 고찰", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, 4(1), pp.120～125

김찬중, 김영덕, 2003, “사업초기단계에서의 개략견적산정 적용사례”, 건설관리, 한국건설관리학회, 4(3), pp.34～37

노대성, 전재열, 박근준, 1998, “공동주택 공사에서의 리스크 인식체계에 관한 연구.” 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 18(2), pp.713～719

대한건설협회 (2008) 건설공사표준품셈, 국토해양부

박근준, 이재훈, 전재열, 정무웅, 2002, “건축단계별 비용절감 통합모형에 관한 연구.” 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 18(7), pp.87-95

박근준, 전재열, 김종필, 2000, “국내 공동주택공사의 연면적 변화에 의한 공종별 비용증감 추이분석” 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 16(5), pp.69～75

박근준, 전재열, 노대성, 1999, “공동주택공사에서의 공종별 영향분석에 의한 비용 리스크 관리방법에 관한 연구” 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 15(4), pp.141～151

박상준, 이종식, 전재열, 2001, “수익성 평가에 의한 일정과 비용의 최적화방안”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 21(2), pp.623～627

박승만, “적정공사비 산정을 위한 실적공사비 적산방식의 활용에 관한연구”, 연세대학교 공학대학원, 2003

박우열, 차정환, 강경인, 2002, “신경망이론을 이용한 공동주택 초기사업비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 18(7), pp.155～162

박종원, 2005, 공사비지수 적용을 통한 군 시설공사의 예산산정 모델, 서울대학교 석사학위논문

박종원, 손보식, 이현수, 2005, “공사비지수 적용을 통한 군시설 공사의 예산 산정 모델 - 표준도를 적용하는 건축물을 대상으로”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 21(2), pp.111～122

박종현, 배 건, 이태식, “도로공사용 공사비 지수의 개발”, 대한토목학회논문집 : Vol 22호, No.4-D,2002

박종현, 이태식 (2002) 도로공사 공사비 분석체계 구축, 대한토목학회 논문집, Vol. 22 No. 2-D, pp. 103-112

박찬식, 장선호, 김기홍, 2003. “설계의사결정 과정에서의 확률적 공사비계획 모델 - 고층 오피스빌딩을 중심으로”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 19(11), pp.181～189

박현용, 태용호, 우성권 (2007) 운반작업 영향요소분석을 통한 덤프트럭의 운반속도 산정방법에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, Vol.8 No.3, pp. 97-166

박효열, 송용식, 김선국, 2004, “공동주택 실적공사 표준 DB를 이용한 코스트 모델”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 20(5), pp.129～136

손보식, 2005, 영향변수에 따른 수량변화 분석 기반의 건축공사비 개산견적 모델, 서울대학교 박사학위논문

송영규, 2004, “웹을 기반으로 한 실내건축공사의 원가관리 시스템 개발에 관한 연구”, 한국실내디자인학회 논문집, 한국실내디자인학회, 13(3), pp.197～203

안성훈, 강경인, 2005, “공동주택의 지하주차장 공사비 예측 모델에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 21(5), pp.135～142

안성훈, 강경인, 2006, “전문가지식을 활용한 공동주택 초기단계 공사비 예측에 관한 연구 - 사례기반추론과 계층분석정을 중심으로”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 21(6), pp.81～88

안성훈, 윤지언, 강경인, 2005, “판별분석을 이용한 개략견적 평가모델 구축에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 21(9), pp.169～176

안용선, 송규열, 허정민, 2003, “건설사업 초기단계에서 개략견적의 정확성 향상방안”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 19(11), pp.133～140

예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정/보완 연구(제4판), 한국개발연구원, 2004.12

오승준, 2004, 건축 프로젝트에서 성능·비용·시공성을 고려한 최적 설계대안 선정모델, 단국대학교 박사학위논문

우성권, 정영수, “공사 실적자료를 이용한 개략 견적시스템의 보정계수 Database 구축 및 활용 사례”, 대한토목학회논문집 : Vol 21 No.5-D, 2001

윤창식, 김예상, 2000, “원가요소의 특성을 고려한 오피스 건물 개략견적 모델 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 16(12), pp.163～174

이도형, 2006, 건축프로젝트 초기단계에서의 효율적인 발주자 요구사항 반영 프로세스, 중앙대학교 석사학위논문

이동준, 2003. 초기설계단계에서의 원가관리 프로세스 개선 및 요소별 비용 DB모델에 관한 연구, 단국대학교 석사학위논문

이동준, 박상준, 전재열, 2003, “초기설계단계에서 건물요소별 비용분석을 위한 DB구축 모델에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 (구조계), 23(2), 대한건축학회, pp.559～632

이동준, 손보식, 김우영, 이현수, 2003, “확률개념의 시뮬레이션을 이용한 최종 공사비 추정방법”, 대한건축학회논문집 (구조계), 대한건축학회, 19(9), pp.137～146

이만희, 이학기, 2006, “EVM을 활용한 공동주택 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집(구조계), 대한건축학회, 22(3), pp.147～154

이복남, 최석인, 장현승, 2005, 국내 용역형 CM/PM 시장활성화를 위한 개선방안, 건설산업연구원

이상범, 2002, “건설공사 수행에 따른 최종 공사비 예측 방법에 관한 연구”,한국건축시공학회지, 한국시공학회, 2(4), pp.115～112

이상영, 이선희, 1999, 건설물가지수 개발에 관한연구, 한국건설산업연구원.

이상호, “실적공사비제도 시행에 따른 건설업계의 대응방안”, 건설관리(한국건설관리학회지), v.5 n.2(2004-04)

이상호, 1999, 예가산정과 덤핑입찰의 제도적 문제점 및 개선방안, 정책토론회, 한국건설산업연구원

이세구, 변창흠, 2002, 서울시 공공투자사업 사전타당성 조사수행을 위한 지침개발 연구, 서울시정개발연구원, 서울시

이유섭, 2003, “코스트 중요항목 분석을 통한 공사비 예측모델 연구”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 4(4), pp.212～219

이종수, 최석, 2003. 실적공사비 적산제도의 합리적인 도입 방안, 한국건설산업연구원

이학기, 1996, 고층 사무소 건물의 공사비 예측을 위한 혼합형 기법 개발에 관한 연구, 동아대학교 박사학위논문

이학기, 강병희, 1995, “고층사무소 건물의 공사비 구성 및 변동요인에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 11(6), pp.203～209

이학기, 강병희, 1995, “고층사무소건물의 공사비 예측기법의 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 11(9), pp.257～267

임병록, 2004, “아파트 개략견적 프로그램”, 건설기술 여름호 (31), 쌍용건설 기술연구소

임영재, “실적공사비 적산방식에 의한 예정가격의 작성 및 활용에 관한 연구”, 학위논문(석사) 한양대학교 산업대학원: 건축공학 전공, 2001

전석환, 최인성, 2005, “실적 공사비 산정시스템에 관한 연구-공동주택을 중심으로”, 한국건축시공학회 논문집, 한국건축시공학회, 5(1), pp. 111～121

전성철, “실적공사비제도의 운영체계”, 건설관리(한국건설관리학회지), v.5 n.2(2004-04)

전용일, 황찬수, 박태근, 2004, ″학교건축의 공사비 분석 및 예측에 관한 연구″, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, 5(1), pp.290~295

전재열, “실적 공사비에 의한 예정공사비 산정 전산화 방안”, 한국건설관리학회 논문집, v.2 n.2(2001-06)

전재열, 2002, “실적자료분석에 의한 건축 공사비 산정방법 적용에 관한 연구″, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 18(4), pp.383～386

전재열, 박근준, 오승준, 권병석, 2000, “건축 단계별 비용절감 합리화 방안에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 20(2), pp.87～96

전재열, 조재호, 박상준, “실적 공사비에 의한 예정공사비 산정 전산화 방안”, 한국건설관리학회 논문집, v.2 n.2(2001-06)

전재열, 조재호, 박상준, 2003, “실적공사비에 의한 예정공사비 산정 전산화 방안”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 4(4), pp.90～97

전재열, 조재호, 박상준, 2003, “실적자료 분석에 의한 적정 공사비 산정방법의 전산화 알고리즘 구축에 관한 연구”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 4(4), pp.383～387

조달청 나라장터 홈페이지 http://www.g2b.go.kr

조미란, 이갑원, 손정락, 조건희, 2000, 효율적 사업수행을 위한 건설사업 프로세스모델 개발, 대한주택공사

조재호, 2000, 실적자료분석에 의한 적정 건축공사비 산정 방법에 관한 연구 - 확률 시뮬레이션 개념 도입을 중심으로-, 단국대학교 석사학위논문

조재호, 박상준, 전재열, 2000, “실적건설공사비 자료에 의한 예정가격산정 및 위험도 측정 방법에 관한 연구”, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 20(1), pp.90～98

조재호, 박상준, 전재열, 2001, “실적자료에 의한 적정 건축공사비 산정 방법에 관한 사례 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, 2(1), pp.383～386

조재호, 전재열, 2000, “확률적 평가에 의한 건설공사 비용 위험도 측정의 적용성에 관한 연구”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 1(1), pp. 63～72

조재호, 전재열, 2001, “실적공사비에 의한 적정건축공사비 산정 방안”, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 21(1), pp.425～428

조재호, 최준영, 전재열, 2000, “공공발주공사 예정공사비 산정 방법에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 20(2), pp. 575～579

조훈희, 2000, 국내 건축공사비지수 개발 및 뉴럴 네트워크를 이용한 지수 예측방안에 관한 연구, 고려대학교 박사학위논문

조훈희, 강경인, 김창덕, 조문영, “건설공사비지수를 이용한 건설물가 변동분석 및 공사비 실적자료 활용방안 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제3회(2002-11)

조훈희, 강태경, 이유섭, 조문영, 2000, “건설공사비지수 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 16(10), pp.153～142

조훈희, 도근영, “건설공사비지수를 활용한 물가변동에 의한 계약금액 조정방안 개선”, 한국건설관리학회 논문집, v.6 n.1(2005-02)

조훈희, 이유섭 “건설공사비지수의 개발과 활용”, 건설관리(한국건설관리학회지), v.5 n.2(2004-04)

진의재, “공사 진도별 기울기 추정을 통한 최종 공사비 및 공기 예측모델론”, 연세대학교 대학원, 2006

진정수, 2006, 국민임대주택 100만호 건설 의의와 향후 과제, 국토정책 Brief, 국토연구원

최석인, 김기홍, 홍영배, 박찬식, 1999, “기본 설계단계에서의 효율적인 공사물량 산정 방법”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 15(7), pp. 135～142

최석인, 송병관, 김윤주, 2004, 실적공사비제도의 평가 및 개선방안, 한국건설산업연구원

최인성, 홍성휘, 손창백, 고석철, 1999, “SRC조 고층오피스 건축공사의 공사비 예측모델에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 15(7), pp.143～150

한국개발연구원 (2004) 도로・철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완 제4판, 한국개발연구원

한국건설기술연구원, 1993, 적산제도 개선방안 연구용역1-4단계, 건설교통부

한국건설기술연구원, 2000, 건설사업관리제도 운영기반 연구, 건설교통부

한국건설기술연구원, 2000, 실적공사비 축적 및 적용방안 연구, 건설교통부

한국건설기술연구원, 2001, 건설사업관리 요소기술 Benchmarking 및 적용 기반 연구 : 사업비관리를 중심으로, 건설교통부

한국건설기술연구원, 2008, 실적기반 공사비 DB구축 및 예정가격 산정기법 개발, 건설교통부

한국건설산업연구원 (2005) 건설공사비지수 개발, 한국건설산업연구원

한국건설산업연구원, 2004, 실적공사비제도의 평가 및 개선방안, 건설교통부

홍성휘, 최인성, 2001, “사무소 건축이 공사비 예측모델에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 17(2), pp.129～140

AACE Cost Index Committee, 1995, International Cost/Price Indexes (1989), Cost

Engineer's Handbook(1), AACE International

Al-tabtabai, H., and Alex, A. P. 1999. "Using genetic algorithms to solve optimization problems in construction", Engineering Construction and Architectural Management, Blackwell Science Ltd, 6(2), pp.121～132

Attalla, M. and Hegazy, T., 2003, "Predicting Cost Deviation in Reconstruction Project: Artificial Neural Networks versus Regression", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(4), pp. 405～411

Bode, J., 1998, "Neural Networks for Cost Estimation", International Journal of Production Research, Taylor & Francis Ltd, 40(1), pp.25～30

Boussabaine, A. H., 1996, "The use of artificial neural networks in construction management: a review", Journal of Construction Management and Economics, ASCE, 14(5), pp.427～436

C. G. Wilmot, G. Chaeng. (2003) "Estimating Future Highway Construction Cost". J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol.129, No.3, pp. 272-279

Chester G. Wilmot, Bing Mei. (2005) "Neural Network Modeling of Highway Construction Costs". J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol. 131, No. 7, pp. 765-771

Chou, J. S., Wang, L., Chong, W. K., and James T. O., 2005, "Preliminary Cost Estimates Using Probabilistic Simulation for Highway Bridge Replacement Projects", Construction Research Congress, ASCE

G.H.Kim, D. S. Seo, and K.I. Kang. (2005) "Hybrid Models of Neural Networks and Genetic Algorithms for Predicting Preliminary Cost Estimates". J. Comp. in Civ. Engrg., ASCE, Vol. 19, No. 2, pp. 208-211

Garold D. Oberlender, Steven M. Trost. (2001) "Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Based on Estimate Quality". J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol.127, No.3, pp. 173-182

Garza, J., and Rouhana, K., 1995, "Neural network versus parameter-based application." Journal of Construction Management and Economics, ASCE, 37(2), pp.14～18

Hegazy, T., 2002, Computer-based construction project management, Prentice Hall

Hegazy, T., and Ayed, A., 1998, "Neural Network Model for Parametric Cost Estimation of Highway Projects, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 124(3), pp.210～218

Hegazy, T., and Moselhi, O. 1994. "Analogy-based solution to markup estimation problem", Journal of Computingin Civil Engineering, ASCE, 8(1), pp.72～87

Hegazy, T., Moselhi, O., and Fazio, P., 1994, "Developing practical neural network applications using back-propagation." Jounal of Microcomputers in civil Engineering, Blackwell Publisher, 9(2), pp.145～159

Hojjat Adeli, Mingyang Wu. (1998) "Regularization Neural Network for Construction Cost Estimation", J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol.124, No.1, pp. 18-24

Kamal M. A. H., David W. J., and Habib F., 1994, "Building Construction Detailed Estimating Practices in Saudi Arabia", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 120(4), pp.774～784

Kim, G. H., Seo, D. S. and Kang, K. I., 2005, "Hybrid Models of Neural Networks and Genetic Algorithms for Predicting Preliminary Cost Estimates", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 208(19), pp.208～211

Kuprenas, J. A., 2005, "Construction Project Cost Performance Prediction Based on Project Bid Characteristics", Construction Research Congress, ASCE

Leo, D. and Tumblin, C. R., 2005, Construction Cost Esimates, 2nd ed, McGraw-Hill Construction and Marshall & Swift

Li Liu, Kai Zhu. (2007) "Improving Cost Estimates of Construction Projects using Phased Cost Factors" J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol. 133, No. 1, pp. 91-95

Lowe, D. J., Emsley, M. W., and Anthony H., 2006, "Predicting Construction Cost Using Multiple Repression Techniques", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 132(7), pp.750～758

Mckim, R., 1993, "Neural network application to cost engineering." Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 35(7), pp.31～35

Miller, C. A., 1995, Selection of a Cost Index(1995), Cost Engineer's Handbook(1), AACE International

Mohamed Attalla, Tarek Hegazy (2003) "Predicting Cost Deviation in Reconstruction Projects : Artificial Neural Networks versus Regression" J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol. 129, No. 4, pp. 405-411

Moselhi, O., Hegazy, T. and Fazio, P., 1992, "Potential applications of neural networks in construction.", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 35(7),

pp.521～529

Moselhi, O., Hegazy, T., and Fazio, P., 1991, "Neural networks as tools in construction.", Journal of Construction Engineering and Management. ASCE, 117(4), pp.606～623

Peter, S. B., 1984, "Cost versus Quality: a zero sum game?", Construction Management and Economics, ASCE, pp.111～126

Sevgi Zeynep Dogan, David Arditi, and H. Murat Gunaydin. (2006) "Determining Attribute Weights in a CBR Model for Early Cost Prediction of Structural Systems". J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol.132, No.10, pp. 1092-1098

Singh, S., 1990, "Cost Model for Reinforced Concrete Beam and Slab Structures in Building," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 116(1), pp.54～67

Singh, S., 1994, Cost Estimation of Structures Commercial Buildings, Macmillan Press, Ltd.

Standard Cost Engineering Terminology, 1990, AACE Recommanded Practice and Standard No. 10s-90, AACE, Inc.

Stephen, J. K. and Alphonse, J. D., 1995, Life Cycle Costing for Design Professionals, McGraw-Hill Companies.

Steven, M. T., and Garold, D. O., 2003, "Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and Multivariate Regression", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(2), pp.198～204

Tarek Hegazy, Nagib Wassef. (2001) "Cost Optimization in Project with Repetitive Nonserial Activities". J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, Vol.127, No.3, pp. 183-191

Trefor, P. W., 2003, "Predicting Final Cost for Competitively Bid Construction Projects Using Regression Models", International Journal of Project Management, 2(1), pp.593～599

Vonk, E., Jain, L. C., and Johnson, R. P., 1997, Automatic generation of neural network architecture using evolutionary computation, World Scientific publishing Co. Pte. Ltd9

최종 성과물 일람 총괄표

□ 과제명 : 건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축 (단위 : 건)

순번	성과물 형태	기반영	반영중	반영예정	계
1	매뉴얼	-	-	5	5
2	모델	4	-	6	10
3	시스템	-	-	7	7
4	DB	2	-	-	2
5	웹사이트	-	-	1	1
계		**6**	**0**	**19**	**25**

최종 성과물 일람

□ 과제명 : 건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술실시계약
1	연구단	건설공사 적정공사비 산정 및 관리 시스템 구축	건설공사 적정공사비 산정 및 관리 시스템	국도, 하천, 건축 공사 개략공사비를 사례기반/물량기반 모델을 이용하여 산정할 수 있는 시스템	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	시스템	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 건설공사 단계별 개략공사비 예측	• 건설사업 정책 결정 단계 업무 지원 • 건설사업 예산의 효율적인 사용 지원	미대상
2	연구단	건설공사 적정공사비 산정 및 관리 시스템 구축	ICCE 건설포털	공사비 정보 제공 및 관리 인터넷 포털	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	웹사이트	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 건설공사비(개략공사비, 표준품셈, 실적공사비단가 등) 정보 교류	• 건설공사비 정보 제공 및 교류	미대상
3	연구단	건설공사 적정공사비 산정 및 관리 시스템 구축	적정공사비 시스템 및 건설포털 사용자 매뉴얼	시스템 및 포털 사용자의 사용편의를 제고하기 위한 매뉴얼	-	매뉴얼	2011년 5월	시스템 및 포털 사용자	**활용방안** 적정공사비 시스템 및 건설포털 사용자 가이드	• 적정공사비 시스템 및 건설포털 사용자 편의 향상	미대상
4	1세부	공사비 산정 및 관리시스템 평가 및 개선	표준품셈 및 실적공사비 관리 시스템	표준 품셈 및 실적공사비 정보 제공 및 관리 시스템	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	시스템	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 표준품셈 및 실적공사비 정보 제공 및 관리	• 표준품셈 및 실적공사비 정보 제공 및 효율적 관리	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
5	2세부	도로구조물(교량, 터널)공사비 산정모델 및 준기 개발	-도로구조물(교량, 터널)의 기획/설계 단계 개략공사비 산정 모델 및 공사비 관리 실무 매뉴얼	국도대상 도로구조물(교량, 터널)공사 개략공사비를 사례기반/물량기반 모델 산정 알고리즘 및 사용편의를 제고하기 위한 관리매뉴얼	-공사 특성에 맞는 데이터베이스 구축으로 단계별 공사비 예측 및 산정 가능 -데이터마이닝 기법인 사례기반추론 적용으로 시스템 활용성 배가	도로구조물(교량, 터널)기획단계 및 설계단계 개략공사비 산정 알고리즘 및 모델	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링사, 학계	**활용방안** • 공공적 성과 -도로구조물(교량·터널)에 대한 효율적 예산 운영 및 타당성 판단 -공사비 DB구축을 통해 공사비 예측시 정보 제공 • 기술적 성과 특허 및 시스템 실용화 • 학술적 성과 -국내외 학술지 게재 및 학술회 등을 통한 학술적 성과의 검증 • 경제적 성과 -웹기반의 시스템을 통해 일관성 및 생산성 향상 -상대적으로 고부가가치인 소프트 건설 부문의 경쟁력 강화를 통한 수익성 제고 및 국제 시장 점유율 확대 기반 마련	• 사업초기단계부터 다각적 공사비 분석을 통한 적정예산 편성 도모 • 공사비 추정예산과 최종 설계가격간 차이 최소화하여 투자 효율성 제고 • 공사비 산정·관리업무 전산화를 통한 업무간소화 및 편의성 향상 • 사용자 옵션에 의한 활용모델 기능으로 실용화 효과 • 도로사업 초기단계의 노선별 대안 비교 가능 • 대안노선 비교시 교량터널의 대표형식 선정 후 예가 산정 • 선진국형 비용 모델로서 비용지수, 비용영향, 작업조 기반의 비용예측 기술 기반 확보 • 교량공사는 교량형식별 20~30%, 터널공사는 15%내외 오차율로 예측	미대상
6	3세부-1	도로하천분야 개략공사비 기초자료 조사	도로공사 실적자료 데이터베이스	2000년 이후 수행된 국도공사의 실시설계 정보를 데이터베이스 체계로 구축	연구를 통해 국도공사의 지역 및 공사특성에 따른 데이터베이스를 구축함.	DB	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용실적** 도로분야 단계별 개략공사비 산정 모델 개발에 활용되었음 **활용방안** 2000년도 이후 수행된 국도사업 DB로서 국내 도로사업의 특징 및 성능을 파악	• 지속적인 업데이트를 통한 모델 정확도 향상 • 후속 도로공사비 관련 연구 지원 • 실적자료의 축적을 통한 향후 도로공사 공사비 산정 방법론 개발에 활용	미대상
7			하천공사 실적자료 데이터베이스	2000년 이후 수행된 하천시설물공사의 실시설계 정보를 데이터베이스 체계로 구축	기존에는 체계화된 하천공사의 데이터베이스가 존재하지 않았으나, 연구를 통해 하천공사의 특성에 맞는 데이터베이스를 구축함.	DB	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용실적** 하천분야 공사유형별 개략공사비 산정 모델 개발에 활용되었음 **활용방안** 2000년 이후 수행된 하천시설물 공사의 공사비 데이터를 데이터베이스로 구축함으로써, 향후 추가 연구 및 보완에 활용할 수 있음.	• 지속적인 업데이트를 통한 모델 정확도 향상 • 후속 하천공사비 관련 연구 지원 • 실적자료의 축적을 통한 향후 하천공사 공사비 산정 방법론 개발에 활용	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
8			도로공사 공사비 관리 실무 매뉴얼	도로건설에 대한 공사비 산정 절차 및 배경을 이해할 수 있으며, 개발된 도로공사 개략공사비 산정 방법론을 설명한 실무매뉴얼	모델별로 사용자가 사용할 수 있는 매뉴얼 제공	매뉴얼	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 도로공사의 개략공사비 산정에 관련된 교육, 공사비 산정 방법론에 대한 실제 적용 시에 활용 가능	• 공사비 예측 기술 및 공사비 관리 기술 발전 토대 제공 • 건설기술 전반의 최적화 및 선진화 기반 구축	미대상
9			하천공사 공사비관리 실무매뉴얼	하천시설물의 공사비 산정 절차 및 배경을 이해할 수 있으며, 개발된 하천시설물 개략공사비 산정 방법론을 설명한 실무매뉴얼	하천공사 개략공사비 산정에 관해 체계적으로 정리된 기존 기술 미비.	매뉴얼	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 하천공사의 개략공사비 산정에 관련된 교육, 공사비 산정 방법론에 대한 실제 적용 시에 활용 가능	• 공사비 예측 기술 및 공사비 관리 기술 발전 토대 제공 • 건설기술 전반의 최적화 및 선진화 기반 구축	미대상
10			도로 및 하천 분야 약식 산근	도로 및 하천 분야 개략공사비 산정 시스템의 빠른 계산을 위한 산근 개발	주요 항목 위주의 산근작성으로 기존 산근보다 간편해짐	시스템	2011년 5월	개략공사비 산정 시스템 보수기관	**활용방안** 개략공사비 산정 모델 개발 또는 공사비 산정시 활용가능	• 공사비 예측 기술 및 공사비 관리 기술 발전 토대 제공	미대상
11			도로 분야 작업조 기반 생산성 정보	국제적 기준에 부합되는 작업조 기반 생산성 정보 개발	해당공종에 대한 실투입 장비 와 인력을 생산성단위로 작성할수 있어 공기관리가 탁원함	시스템	2010년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 개략공사비 산정 모델 개발 또는 공사비 산정시 활용가능	• 공사비 예측 기술 및 공사비 관리 기술 발전 토대 제공 • 건설기술 전반의 최적화 및 선진화 기반 구축	미대상
12			하천 분야 작업조 기반 생산성 정보	국제적 기준에 부합되는 작업조 기반 생산성 정보 개발	해당공종에 대한 실투입 장비 와 인력을 생산성단위로 작성할수 있어 공기관리가 탁원함	시스템	2010년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 개략공사비 산정 모델 개발 또는 공사비 산정시 활용가능	• 공사비 예측 기술 및 공사비 관리 기술 발전 토대 제공 • 건설기술 전반의 최적화 및 선진화 기반 구축	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
13	3세부-2	도로분야 개략공사비 산정모델 개발	도로 기획단계 개략공사비 산정모델	도로 공사비 구성요소 및 영향인자 분석 도출	단계별 공사비 모델 산정	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2008년 4월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 사업 초기 기획단계 공사비 예측 도시부 확장공사, 지방부 신설공사까지 고려 4차선 이외의 공사비 예측에 활용 가능 노선 선정시 활용	• 향상된 정확도를 보여줌으로써 기존의 도로업무편람의 평균단가 방식을 대체 • 약 27%의 오차율로 예측	미대상
14			도로 예타단계 개략공사비 산정 모델	도로 공사비 구성요소 및 영향인자 분석 도출	단계별 공사비 모델 산정	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2009년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 도로 예비타당성 단계 공사비 예측 국도사업 전용 모델 편의성 확대를 통한 비전문가 활용	• 기존 도로업무편람의 표준단가 방식과 • 예타 표준지침 원단위 법을 대체 • 약 20%의 오차율로 예측	미대상
15			도로 설계단계 개략공사비 산정 모델	설계단계 개략공사비 산정모델 개발	단계별 공사비 모델 산정	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2010년 5월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** 초기설계단계 공사비 예측 수치지형도를 구할 수 없거나 설계능력이 없는 일반사용자의 활용 각종 물량산출 프로그램 등의 물량산출 시스템과 연동하여 정확성 향상	• 예타 표준지침 중 전문가에 의한 방법 대체 • 최종 20%대의 오차율	미대상
16			시나리오 기반 모델	시나리오 기반 모델 개발	시나리오 별 공사비 산정 모델	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2011년 2월	발주기관, 엔지니어링회사, 학계	**활용방안** Target Costing 형식의 도로형식 결정모델 제한된 사업비로 수행할 수 있는 사업의 형태 및 도로의 성능을 판단	• 사업 초기 도로정책 결정 단계 업무 지원 • 사업예산의 효율적인 사용 지원	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
17	3세부-3	하천분야 개략공사비 산정모델 개발	사례기반 추론 이치수형 하천공사 개략공사비 산정 모델	사례기반추론기법을 이용하여 실시설계 이전 단계 특히, 하천기본계획 단계 수준에서 이치수형 하천공사의 개략공사비를 예측할 수 있는 모델	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2010년 5월	발주기관, 엔지니어링회사	**활용실적** 15건의 실시설계 사례에 모델을 적용하여 공사비 산정의 정확도를 검증하였음(2011년 5월) **활용방안** 하천기본계획 단계에서 개략적인 이치수형 하천공사비를 산정하는데 활용할 수 있음.	• 실시설계 이전 단계 특히 하천기본계획 단계 수준에서 정확도 높은 개략공사비 산정 가능 • 발주청, 건설업계, 엔지니어링회사 등 수요자에게 적정 공사비 산정을 위한 기초자료 제공 • 이치수형 하천 25%내외 오차율로 예측	미대상
18			물량기반 이치수형 하천공사 개략공사비 산정 모델	상세한 물량을 산출할 수 있는 물량기반 기법을 이용하여 실시설계 이전 단계 특히, 기본설계 단계 수준에서 이치수형 하천공사의 개략공사비를 예측할 수 있는 모델	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2009년 5월	발주기관, 엔지니어링회사	**활용실적** 5건의 실시설계 사례에 모델을 적용하여 공사비 산정의 정확도를 검증하였음(2011년 5월) **활용방안** 기본계획 단계 및 상세실시설계 이전 설계 단계에서 개략적인 이치수형 하천공사비를 산정하는데 활용할 수 있음.	• 실시설계 이전에 기본설계 단계 및 초기 실시설계에서 정확도 높은 개략공사비 산정 가능 • 발주청, 건설업계, 엔지니어링회사 등 수요자에게 적정 공사비 산정을 위한 기초자료 제공 • 이치수형 하천 25%내외 오차율로 예측	미대상
19			자연형 하천공사 개략공사비 산정 모델	실시설계 이전 단계에서 자연형 하천공사의 개략공사비를 예측할 수 있는 모델	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2009년 5월	발주기관, 엔지니어링회사	**활용실적** 3건의 실시설계 사례에 모델을 적용하여 공사비 산정의 정확도를 검증하였음(2011년 5월) **활용방안** 기본계획 단계 및 상세실시설계 이전 설계 단계에서 개략적인 자연형 하천공사비를 산정하는데 활용할 수 있음.	• 실시설계 이전에 이치수형 공사 이외에 친환경적 공법 및 공종을 포함한 공사의 개략공사비 산정 가능 • 발주청, 건설업계, 엔지니어링회사 등 수요자에게 적정 공사비 산정을 위한 기초자료 제공	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
20			자연형 하천공사 시나리오 기반 모델	실시설계 이전 단계에서 특히, 가용한 예산 규모만 확정된 상황에서 자연형 하천공사의 공종 구성 및 비중을 파악할 수 있는 모델	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2011년 5월	발주기관, 엔지니어링회사	**활용방안** 하천기본계획 단계나 공사비 예산 확보 단계에서 가용한 예산규모에 따른 자연형 하천공사의 공종들의 구성과 비중을 파악하여 하천 계획 수립 시 활용 가능	• 주어진 예산 범위 내에서 수행 가능한 자연형 공종의 구성과 비중을 파악할 수 있게 됨으로써, 계획 수립의 가이드라인으로서 활용 가능	미대상
21			하천 준설공사 개략공사비 산정 모델	실시설계 이전 단계에서 하천 준설공사에 필요한 개략공사비를 예측할 수 있는 모델	관련된 기존 기술 존재하지 않음. 이에 따라 연구의 필요성이 존재하였으며, 성과물 도출하였음.	공사비 산정 모델 및 시스템 알고리즘	2009년 5월	발주기관, 엔지니어링회사	**활용실적** 4건의 실시설계 사례에 모델을 적용하여 공사비 산정의 정확도를 검증하였음(2011년 5월) **활용방안** 실시설계 이전 단계에서 하천 준설공사의 개략적인 공사비를 산정하는데 활용할 수 있음.	• 실시설계 이전에 하도정비에 관련된 준설 공사의 개략공사비 산정 가능 • 발주청, 건설업계, 엔지니어링회사 등 수요자에게 적정 공사비 산정을 위한 기초자료 제공	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
22	4세부	건축공사 적정 공사비 산정 및 관리 시스템 개발	공공아파트 공사비 산정 및 관리 시스템	- 기획단계 공공아파트 적정공사비 산정 및 관리시스템 개발 - 계획설계 단계 공공아파트 적정 공사비 산정 및 관리시스템 개발 - 기본설계 단계 공공아파트 적정공사비 산정 및 관리시스템 개발	[사용주체] * 기존:○○공사만 시스템 보유 * 차별성:기술이 구비되지 않은 공공발주기관의 업무보완이 가능/ 단계별 공사비 산정 및 관리 시스템 제공 [적용범위(업무범위)] * 기존:주로 기획단계 사용됨 * 차별성:기획, 계획설계, 기본설계단계에 걸쳐 사용 가능 [공사비 산출을 위한 정보관리] *기존:사용자가 ㎡당 단가를 입력하여 공사비 산출 / 동일한 프로젝트에 대한 실무자별 공사비 산정 결과가 상이함 *차별성:단계별 데이터를 구축 / 동별자료를 기반으로 데이터 수집이 용이함 / 경험 적은 사용자도 신뢰성있는 공사비 산출 가능 [공사비 산정 및 관리)] *기존:기획단계에서만 보유한 자료를 활용하여 예측업무가 가능함 *차별성:단계별로 공사비 예측 및 산정 가능 / 데이터마이닝 기법인 사례기반추론을 적용하여 시스템 활용성 배가 / 산정된 공사비를 기준으로 설계경기참가자 또는 설계자가 제출한 금액의 적정성 검토 가능 / 부위 및 공간별 공사비 산정 가능 / 마감공종에 대한 시나리오 활용 가능 [시스템 유지관리] *기존:평형별 ㎡당 단가 구축이 곤란함 / 공사비 산정과 관련된 추가 변수발생시 시스템 반영이 곤란함 *차별성:웹기반 구성으로 유지관리 용이함 / 변수추가가 용이함 (친환경 요소 등 끊임없이 변화하는 공사비 산정 관련 요소들을 비교적 쉽게 시스템에 추가 가능)	시스템	개발완료 (2011. 05.28)	아파트 관련 공공 발주자 (예, LH공사, SH공사, 인천광역시도시개발공사, 경상북도개발공사, 대구도시공사, 부산도시공사, 경기도시공사, 강원도개발공사,전북개발공사,대전광역시도시개발공사 등), 예산승인기관 담당자, 설계사/견적사	[수요자별 활용방안] - 발주자:단계별 공사비 적정성 검토 / 현상설계안 공사비 실행가능성 판단 -예산승인기관 담당자: 예산 검토 및 승인 -설계사/견적사: 설계안의 공사비 추정 및 견적서 제출 [기술적 활용방안] - DB구축:실적자료를 분석·가공하여 신규 프로젝트의 공사비 예측 자료로 활용가능 / 다양한 평면, 구조형식의 공동주택 내역서 DB화 기준 제공 - CBR:유사도 및 가중치를 활용하여 타 시설물의 기획 단계 공사비 산정에 활용 가능 / CBR의 DB에서 공사비 외 부가 정보 검색 가능 [학술적 활용방안] - 비용 및 기능과 관련된 영향요인에 대한 연구 가능 - 친환경 설계요소, 에너지 효율 향상 설계요소 등과 관련한 공사비 영향요인 도출에 관한 연구 가능 [경제적 활용방안] - 사업경험이 부족한 발주자에게 프로젝트 기획 및 계획 변경 시, 변경에 따른 공사비 변화추이에 대한 정보를 제공	[수요자별] - 공공기관 실무자의 공사비 예측업무 지원 - 설계대안 검토를 통한 공사비 절감 -예산산정 업무기간 단축 및 적정설계안 선정 지원 -잦은 설계변경 방지/설계변경에 따른 공사비 재산정 작업량 감소 -시스템화를 통한 부족인력 보완 [기술적] - 공사비 산정의 기초자료 제공 - 웹기반으로 사용자 확대 - 초기단계 공사비 관리의 가이드라인 제공 [학술적] - VE대안 평가방법 개발 - 영향요인별 가중치 산정 및 새로운 영향요인 도출 - 친환경 관련 연구에 확장 적용 [경제적] - 공사비 절감과 공사비 오차로 인한 예산낭비의 방지 및 체계적인 공사비 관리를 통해 불필요한 지출 방지 가능 • 20%내외 오차율로 예측	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
23	4세부	건축공사 적정 공사비 산정 및 관리 시스템 개발	공공아파트 공사비 예측 실무 매뉴얼/시스템 매뉴얼	- 공공 아파트 예측 실무 매뉴얼 개발 - 공공 아파트 적정공사비 산정 및 관리 시스템 사용자 및 운영자 매뉴얼 개발	[개발목적] *기존:공사비 산정에 관한 일반적 내용 *차별성:공사비 산정과 함께 공사비 관리를 위한 설명서 작성 / 시스템 개발에 사용된 각종 이론들을 기술하여 시스템 활용도를 높임 [매뉴얼구성] *기존:주로 공종별 공사비 산정방법 기술 *차별성: 예측 실무 매뉴얼, 사용자 매뉴얼, 운영자 매뉴얼을 작성함(총3권) / 공사비 산정방법과 함께 단계별 관리방안 및 단계별 공사비 예측모델 기술 / 시스템 사용을 위한 데이터 입출력 과정 기술 / 시스템 개발에 사용된 알고리즘 수록	매뉴얼	개발완료 (2011. 05.28)	아파트 관련 공공 발주자, 예산승인기관 담당자, 설계사/ 견적사	[예측 실무 매뉴얼] - 공사비 업무 관련 실무자 및 신입직원, 신규발령자 교육에 활용 [사용자 매뉴얼] - 적정공사비 산정 및 관리 시스템을 처음 사용하는 실무자 교육에 활용 [운영자 매뉴얼] - DB, 영양요인, 가중치 변경 및 시스템 개선 등의 유지관리시 개발자가 활용	[예측 실무 매뉴얼] - 전반적인 공사비 산정 및 관리에 대한 이해를 바탕으로 업무에 접근하므로 업무 효율성 증대를 기대 [사용자 매뉴얼] - 사용자의 시스템 활용성 증대 - 사용자가 변경되어도 업무인수인계 가능 [운영자 매뉴얼] - 시스템 영향요인 및 알고리즘 변경이 용이해짐 - 시스템 개발자가 변경되어도 시스템관리가 가능 • 20%내외 오차율로 예측	미대상
24	4세부	건축공사 적정 공사비 산정 및 관리 시스템 개발	공공청사 공사비 산정 및 관리 시스템	- 기획단계 공공청사 적정공사비 산정 및 관리 시스템 개발 - 계획설계 단계 공공청사 적정공사비 산정 및 관리시스템 개발 - 기본설계 단계 공공청사 적정공사비 산정 및	[사용주체] * 기존: 별도 시스템 없이 과거 실적정보를 수집하여 산정. 기획단계 이후 공사비 산정 미비 * 차별성: 사업초기 단계별 공사비 산정 및 관리 시스템 제공 [적용범위(업무범위)] * 기존: 별도 시스템 없이 담당자의 판단에 의해 산정. 사업초기에는 주로 기획단계에서만 공사비 산정 진행 * 차별성: 기획, 계획설계, 기본설계단계에 걸쳐 사용 가능 [공사비 산출을 위한 정보관리] *기존: 별도 정보관리 없이 조달청에서 선정한 2~3건의 과거 사례	시스템	개발완료 (2011. 05.28)	공공청사 발주자, 예산승인기관 담당자, 설계사/ 견적사	[수요자별 활용방안] - 발주자: 공공청사 기획시 예산 산정 - 단계별 공사비 적정성 검토 -예산승인기관 담당자: 예산 검토 및 승인 -설계사/견적사: 설계안의 공사비 추정 및 견적서 제출 [기술적 활용방안] - DB구축: 각 단계별 공사비 DB의 분류체계, DB화 체계의 기준 제공. 구축된 DB를 분석·가공하여 신규 프로젝트의 공사비 예측 자료로 활용 가능	[수요자별] - 연속적 공사비 산정 및 관리를 통한 공사비 증가 방지, 과다 예산 산정 방지 -설계대안 검토를 통한 공사비 절감 -예산산정 업무기간 단축 - 적정설계안 선정 지원 -잦은 설계변경 방지/설계변경에 따른 공사비 재산정 작업량 감소 -시스템화를 통한 부족인력 대체 [기술적] - 공사비 산정의 기초자료 제공 - 웹기반으로 사용자 확대	미대상

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술 실시 계약
				관리시스템 개발	정보에 의존 *차별성: 단계별 데이터를 구축 / 기획단계에서는 사례DB 계획설계, 기본설계단계에서는 부위 및 공간별 사례 DB 구축 [공사비 산정 및 관리)] *기존: 기획단계의 경우 조달청에서 선정한 2~3건의 과거 사례 정보를 활용하여 사업적 특성 반영 미비. 계획설계, 기본설계 단계에서는 설계사에 의존. *차별성: 단계별로 사례 기반으로 공사비 예측 가능 / Cost Planning 개념 도입으로 연속적 공사비 산정 및 관리 가능 / 사례기반추론(CBR)방법론 도입으로 정확성 향상 / 단계별, 공종별 특성에 따라 부위 및 공간별 공사비 산정 / 시나리오 기반 모델 도입으로 사용성 향상 [시스템 유지관리] *기존: 별도 DB가 없으므로 과거 실적 정보 유지관리 불가 / 공사비 산정과 관련된 추가 변수발생시 반영방안 미흡 *차별성: 웹기반으로 구성되어 유지관리가 용이함 / 변수추가가 용이함(친환경 요소 등 끊임없이 변화하는 공사비 산정 관련 요소들을 비교적 쉽게 시스템에 추가가능)				- CBR: 유사도 및 가중치를 활용하여 타 시설물의 기획 단계 공사비 산정에 활용 가능 / CBR의 DB에서 공사비 외 부가 정보 검색 가능 [학술적 활용방안] - 비용 및 기능과 관련된 영향요인에 대한 연구 가능 - 친환경 설계요소, 에너지 효율 향상 설계요소 등과 관련한 공사비 영향요인 도출에 관한 연구 가능 [경제적 활용방안] - 사업경험이 부족한 발주자에게 프로젝트 기획 및 계획 변경 시, 변경에 따른 공사비 변화추이에 대한 정보를 제공	- 초기단계 공사비 관리의 가이드라인 제공 [학술적] - VE대안 평가방법 개발 - 영향요인별 가중치 산정 및 새로운 영향요인 도출 - 친환경 관련 연구에 확장 적용 [경제적] - 공사비 절감과 공사비 오차로 인한 예산낭비의 방지 및 체계적인 공사비 관리를 통해 불필요한 지출 방지 가능 기술이 구비되지 않은 공공발주기관의 업무보완이 가능 • 10%내외 오차율로 예측	

순번	구분	과제명	최종 성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성	최종 성과물	성과물 발생시기	최종 수요처	활용방안	기대효과	기술실시계약
25	4세부	건축공사 적정 공사비 산정 및 관리 시스템 개발	공공청사 공사비 예측 실무 매뉴얼/시스템 매뉴얼	- 공공청사 예측 실무 매뉴얼 개발 - 공공청사 적정공사비 산정 및 관리 시스템 사용자 및 운영자 매뉴얼 개발	[개발목적] *기존:공사비 산정에 관한 일반적인 내용 *차별성:공사비 산정과 함께 공사비 관리를 위한 설명서 작성 / 시스템 개발에 사용된 각종 이론들을 기술하여 시스템 활용도를 높임 [매뉴얼구성] *기존:주로 공종별 공사비 산정방법 기술 *차별성: 예측 실무 매뉴얼, 사용자 매뉴얼, 운영자 매뉴얼을 작성함(총3권) / 공사비 산정방법과 함께 단계별 관리방안 및 단계별 공사비 예측모델 기술 / 시스템 사용을 위한 데이터 입출력 과정 기술 / 시스템 개발에 사용된 알고리즘 수록	매뉴얼	개발완료 (2011. 05.28)	공공청사 발주자, 예산승인기관 담당자, 설계사/견적사	[예측 실무 매뉴얼] - 공사비 업무 관련 실무자 및 신입직원, 신규발령자 교육에 활용 [사용자 매뉴얼] - 적정공사비 산정 및 관리 시스템을 처음 사용하는 실무자 교육에 활용 [운영자 매뉴얼] - DB, 영양요인, 가중치 변경 및 시스템 개선 등의 유지관리시 개발자가 활용	[예측 실무 매뉴얼] - 전반적인 공사비 산정 및 관리에 대한 이해를 바탕으로 업무에 접근하므로 업무 효율성 증대를 기대 [사용자 매뉴얼] - 사용자의 시스템 활용성 증대 - 사용자가 변경되어도 업무인수인계 가능 [운영자 매뉴얼] - 시스템 영향요인 및 알고리즘 변경이 용이해짐 - 시스템 개발자가 변경되어도 시스템관리가 가능 • 10%내외 오차율로 예측	미대상

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통R&D정책·인프라사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통R&D정책·인프라 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ **문의처 : 한국건설교통기술평가원** TEL 031)381-6311

■ **문의처 : 한국건설기술연구원** TEL 031)9100-417

R&D / 06기반구축A03

[건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축] 연구보고서

■ **발행일** / 2011. 05. 28.

■ **발행처** / **한국건설기술연구원**

/ **경기도 고양시 일산서구 고양대로 283**

/ TEL : 031-9100-114