BSC를 이용한 건설R&D 스타기술의 성과분석 방법론 개발

Methodology Development for Analyzing Performance of Star Technology using BSC in Construction

박 환 표* 홍 태 훈** 진 경 호***
Park, Hwan-Pyo Hong, Tae-Hoon Chin, Kyung-Ho

요 약

건설R&D 사업은 1994년에 12억원으로 시작하여 2004년에는 300억원으로 총 1,257억원(총 418건)을 투자하였지만, 과제당 연구비가 약 3억원으로 소형과제 위주로 추진됨으로써, 건설현장에 적용할 수 있으며, 사업화가 가능한 연구결과물은 거의 없었다.

또한 건설R&D 성과측정에 대한 관심이 상대적으로 적었고 그 중요성도 인식하지 못했던 것이 사실이었다. 특히 건설R&D 성과측정 결과를 비교하기 위한 정형화된 방법론 및 계량화된 측정 자료를 가지고 있지 못해서 연구성과를 기반으로 한 지속적인 연구개발 투자보다는 매년 기술수요조사에 대응하는 형태의 연구개발투자가 이루어졌다.

따라서 본 연구에서는 스타기술 평가를 위한 성과지표들을 선정하기 위해 Balanced Score Card (BSC) 방법론을 응용하여 건설분야 R&D에 맞도록 생산성, 지식축적, 인력양성, 공공복지 4가지로 수정하여 건설R&D 성과분석 방법론을 제안하였다. 이렇게 계량화된 성과자료는 건설 R&D 투자의 근거자료가 되고 그동안 측정하기 어려웠던 건설기술의 가치에 대한 신뢰성을 제고하여 건설R&D 예산을 지속적으로 확보하기 위한 중요한 기본 자료로 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 건설R&D, 성과분석, 스타기술, 성과지표

1. 서론

1.1 연구목적 및 필요성

건설산업은 연간 100조원 규모의 기간산업으로, 국가 경제에서 상당한 비중을 차지하고 있으며, 총고용의 약 9%를 차지하는 중요한 산업이지만, 타 분야보다 연구개발투자가 미약하여 건설기술력을 제고하는데 어려움이 있다.

이러한 건설R&D 사업은 1994년에 12억원으로 시작하여 2004년에는 300억원으로 총 1,257억원(총 418건)을 투자하였지만, 과제당 연구비가 약 3억원으로 소형과제 위주로 추진됨으로써, 건설현장에 적용 할 수 있으며, 사업화가 가능한 연구결과물은 거의 없었다(한승헌, 2006).

또한 건설R&D 성과측정에 대한 관심이 상대적으로 적었고 그 중요성도 인식하지 못했던 것이 사실이었다. 특히 건설R&D 성과측정 결과를 비교하기 위한 정형화된 방법론 및 계량화된 측정 자료를 가지고 있지 못해서 연구성과를 기반으로 한 지속적인 연구개발 투자보다는 매년 기술수요조사에 대응하는 형태의 연구개발투자가 이루어졌다.

따라서 본 고에서는 우수한 주요 건설R&D과제의 현장절감액을 근거로 심층적인 성과분석 방법론을 구축하여 스타기술[1]의 계량적인 성과분석을 실시할 수 있는 토대를 마련하고자 한다.

이렇게 계량화된 성과자료는 건설 R&D 투자의 근거자료가 되고 그동안 측정하기 어려웠던 건설기술의 가치에 대한 신뢰성을 제고하여 건설R&D 예산을 지속적으로 확보하기 위한 중요한 기본자료로 활용될 수 있을 것이다.

* 일반회원, 한국건설기술연구원 건설관리연구실 선임연구원, 공학박사(교신저자), hppark@kict.re.kr
** 종신회원, 서울시립대학교 건축학부 조교수, 공학박사, hong7@uos.ac.kr
** 일반회원, 한국건설기술연구원, 건설관리연구실 선임연구원, khchin@kict.re.kr

1) 본 고에서 스타기술이란, 국가 건설R&D 성과 중 경제적 효과가 매우 우수한 기술로, 여러 하위기술이 융합된 건설현장 절감액과 유지관리 절감액이 매우 큰 기술을 말한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 건설R&D 스타기술에 대한 효과적인 성과분석을 위하여 다음과 같이 3단계로 수행하였다.

첫째, 국내외 연구성과 분석방법론의 이론적 고찰과 특히 건설R&D 성과분석 사례를 조사·분석하였다. 또한 연구성과 분석 방법론의 관련논문과 이론을 고찰하였다.

둘째, BSC의 이론적 고찰을 하고, BSC 방법을 이용한 건설R&D 성과측정 모델을 개발하였다.

셋째, 상기에서 개발한 건설R&D 성과측정 모델의 검증을 위하여, 건설R&D의 성과를 대상으로 BSC를 이용한 건설R&D 성과 사례를 제시하고자 한다.

1.3 기존 연구문헌 고찰

건설R&D사업은 1994년부터 산·학·연의 협동을 통한 기술개발 및 연구개발의 활성화와 민간의 기술개발을 촉진하기 위하여 수행되어 왔다.

그러나 건설분야의 R&D사업이 타 산업과 비교하여 괄목할 만한 사업성과를 거두지 못하고 있는 실정이고, 그 주요 원인이 국가차원의 연구개발 투자부족과 중장기 R&D계획의 미흡 등으로 나타나고 있다. 그 동안 추진되었던 건설R&D 성과분석과 관련된 연구가 미흡한 것도 원인이라고 볼 수 있다.

또한, 건설R&D 성과측정과 관련된 연구는 일부 수행되었지만, 이와 관련된 논문은 거의 발표되지 않았고, 그 주요 내용을 살펴보면 표1과 같다.

연구보고서와 논문을 분석해 보면, 건설R&D의 성과측정과 관련된 논문은 성과지표를 개발하여 그 성과를 기술적 및 경제적 성과를 체계적으로 도출하는 것이 전부였다.

이러한 연구는 건설R&D의 성과측정이 개별 프로젝트별로 성과측정 방법론을 개발하여 개별 프로젝트마다의 성과를 지표로 도출할 수는 있지만, 미래가치를 포함한 스타기술의 성과측정은 어려운 실정이다. 그 동안, 건설R&D 성과측정이 개별 프로젝트별로 이루어졌고, 여러 하위기술과 요소기술이 복합적으로 구성되어 이러한 건설R&D 기술의 성과측정 방법론이 없었다.

따라서, 건설R&D기술은 하나의 기술로 현장에 적용되기 보다는 여러 하위요소기술들이 복합적으로 구성되어 현장에 적용되기 때문에 이러한 기술을 복합적으로 구성된 스타기술을 발굴하여 성과측정하는 것이 필요하다.

따라서, 본 연구는 건설R&D 스타기술의 성과측정 방법론을 개발하여 스타기술의 성과측정을 하고자 한다.

표 1. 건설R&D 성과분석 관련 연구논문 비교·분석

구분	연구제목	주요 내용
연구보고서	- 건설기술 연구개발 성과측정에 관한 연구(배용호, 2003)	- 건설기술연구개발사업의 성과분석지표를 설계하여 기술적 성과, 사회경제적 성과, 파급효과를 객관적인 근거에 의해 평가함으로써, 사업의 포트폴리오 구축 제안
	- 건설기술 연구개발사업의 유형별 평가방안 연구(이정원, 2005)	-건설기술연구개발사업의 평가제도를 체계적으로 분석하여 보다 효율적이고 우수한 성과를 창출할 수 있도록 건설기술연구개발사업의 특성을 감안한 유형별 평가제도 개선방안 제시
	- 한국건설기술연구원 연구사업 성과분석(윤수호, 2005)	-한국건설기술연구원 수행사업(60여개 프로젝트)을 대상으로 산업연관표 및 생산함수를 이용하여 분석모형을 도출하고, 델파이 분석을 토대로 경제사회적 파급효과를 분석함
	- 건설기술연구개발사업 다각화를 위한 전략 및 기획연구(김영철, 2004)	-핵심적 연구사업 분야 발굴 및 방향설정, 구체적인 계획 수립 등 신규사업의 기획연구와 현재 진행 중인 건설기술연구 개발사업의 시행계획 수립을 위한 사전 기획연구 그리고 국가연구개발사업 평가에 대응한 다각적 전략 수립
	- 성과의 파급효과 측정에 관한 연구(한국과학기술정보연구원, 2004)	-개별 R&D 기술의 분야별로 타 기술에 미치는 기술적 파급효과에 대해 과학기술정보 분석을 통해 측정할 수 있는 방법론을 제시하였고, 기술적 파급효과를 지수화 함으로써 R&D 성과의 객관적 측정요소의 활용방안 제시
	- 기술가치평가 핵심지표 고도화 연구(사업자원부, 2004)	-기술가치평가의 핵심 추정요소중 하나인 기술수명을 특허기술의 인용수명을 분석하여 지수화 함으로써 객관적인 가이드라인을 제시
연구논문	- 산출지표를 활용한 건설R&D의 상대적 성과측정(박상혁, 2006)	-건설R&D의 성과측정지표를 도출하고, 이를 통해 건설R&D사업의 정량적인 성과측정 방법론을 개발하여 건설R&D사업 전반의 계량적인 성과분석

2. 연구성과 분석방법론 고찰

2.1 BSC 방법론 고찰

BSC(Balanced Scorecard)란 "균형 성과 측정 기록표"로써 재무적인 측정에만 치우쳤던 기존의 성과측정시스템의 한계를 보완하기 위해 세가지 관점 즉, 고객의 관점, 내부 비즈니스의 관점, 학습과 성장의 관점을 추가하여 균형있는 기업발전을 가능하게 하는 것이다. 이 BSC는 Harvard Business School 교수인 Robert Kaplan과 David Norton에 의해 소개된 방법론으로 재무적인 측면 뿐만 아니라 비재무적인 요소들과의 인과관계를 통해 기업의 궁극적인 재무적 성과를 측정하는 방식으로 그 내용이 과학적이고 논리적이다.

2.2 성과분석 방법론

해외 선진국의 성과분석 방법론의 최근 추세를 평가관점, 평가의 고객, 평가시스템, 그리고 결과반영 측면에서 살펴보면, 1970년대에는 과학 기술적 질 중심으로 Peer review에 의존했으나, 1980년대에는 경제적 성과의 중시, 연구개발성과 사용자의 참여확대(User Involvement), 1990년대 이후에는 연구개발의 Outcome/Impact 중시, 복합적 평가방법을 활용하고 있는 점이 특징이라 할 수 있다[2]. 그리고 성과분석기법은 전통적 Peer Review에서 연구개발 생산성 측정(계량분석, Bibliometrics 등), 그리고 영향평가(Survey, Technometrics 등) 등으로 복합화 되고 있다.

최근 들어 프로그램 수준에서의 연구개발사업 성과의 중요성에 대한 관심이 커지고 있고, 방법론에 대한 연구들이 활발히 수행되고 있다. 그러나 과제성과들의 단순 합이 아닌 엄밀한 의미에서 프로그램 수준에서의 성과분석이 이루어진 경우는 많지 않다.

그동안의 연구성과 분석은 연구개발을 통한 결과물의 산출에 대한 평가였으나, 건설기술은 공공기술로서 일차적인 연구개발 산출물만으로 평가하기 곤란하며, 국가 경제적 성과, 기여도 등을 파악하는 "연구개발 성과분석"이 요구된다.

2.3 외국의 R&D 성과분석 방법론

(1) 미국 첨단기술개발 프로그램의 성과평가 체계

첨단기술개발 프로그램(ATP : Advanced Technology Program)은 미국 상무부 산하 국가표준기술연구소(NIST : National Institute of Standards and Technology)에서 지원하는 프로그램으로서, 산업의 기술경쟁력 강화를 위한 미국의 연구개발프로그램이다.

이 첨단기술개발 프로그램은 위험도는 높지만 경제성장을 촉진할 수 있는 잠재력이 큰 유망기술의 개발을 지원하기 위한 프로그램으로서 기초연구와 제품개발의 중간에 있는 경쟁 전 단계에서 민간기업으로서는 위험이 큰 기술에 의한 상업화의 가능성을 모색하고 있다.

첨단기술개발 프로그램의 평가는 ATP가 자금지원을 하는 기술개발 프로젝트의 영향을 측정하는 것 뿐만 아니라, 프로그램 추진에 있어서 연구, 기술변화, 경제적 영향 간에 깔려있는 관계를 이해하는 것을 일차적인 목적으로 하고 있다. ATP의 기본임무는 본질적으로 경제적인 것이므로 평가계획도 프로그램의 경제적 영향을 강조하고 있다.

ATP 평가는 크게 니즈(needs) 평가, 과정 평가, 산출물 평가로 구성되는데, 특히 산출물 평가가 가장 강조되고 있다. 또한 단기, 중기, 장기의 프로젝트 영향을 측정하고 그 영향을 높이는데 치중하고 있다(박정우, 2000).

(2) 유럽의 프레임워크 프로그램의 성과평가

유럽의 프레임워크 프로그램은 EU 회원국간의 공동연구개발사업으로 1984년부터 추진되어 현재 제5차 프로그램을 추진 중에 있다. 유럽의 연구개발프로그램 평가는 초기연구에 대한 단순 평가로부터 출발하였으나, 이후 프레임워크 프로그램의 지속적인 추진과 더불어 지식의 확산, 기술이전, 연구주체간 연계, 제품개발 및 상업화, 기타 기술혁신 지원서비스 및 하부구조 구축 등과 같은 활동을 포함하는 복잡한 연구활동에 대한 평가로 발전하였다.

전체적으로 제2차 프레임워크 프로그램을 기점으로 개별 프로그램들이 외부전문가에 의하여 최소 1회 이상 평가를 받도록 하고 평가 결과를 차기 지원에 반영하도록 하였다.

1994년을 분기점으로 새로운 R&D 프로그램 평가구조를 채택, 연차 모니터링과 5년 단위 평가를 중심으로 프레임워크 프로그램의 개별 사업 및 전체 사업에 대한 평가제도를 정비하였다.

3. 건설R&D 스타기술의 성과분석 방법론

3.1 스타기술의 선정

본 연구에서는 국가 건설R&D 사업으로 수행한 248건을 대상으로 스타과제에 대한 심층적인 성과분석을 수행하였다. 특히 스타과제의 추적조사와 예측조사를 통한 스타기술의 경제적, 기술적 파급효과를 분석하였고, 스타 기술별 특성분석과 완결형 기술인 패키지화 기술의 성과분석을 그림 1과 같이 수행하였다.

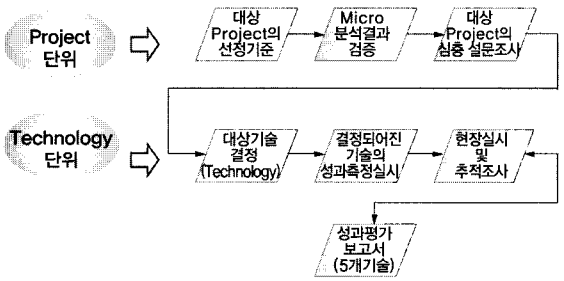

그림 1. 건설R&D 성과분석의 절차도

2) 박정우 · 박준석, "정보통신연구개발사업 성과분석의 효율적 추진방안", 정보통신연구진흥원, 1999, p3.

스타기술은 건설교통부에서 발주한 R&D 과제중 2005년까지 종료된 과제를 가지고 스타기술(과제)를 선정하였다. 스타기술의 선정기준으로는 현장 적용실적이 있고, 현장 절감액이 큰 상위 6개 후보과제를 도출하여, 이 중에서 상위 2개 과제를 선정하였다(표2). 본 연구는 스타기술의 경제적 성과를 현장비용절감을 중심으로, 비용을 표현할 수 없는 건설R&D 성과를 경제적 효과로 환산하기 위하여 스타기술을 선정하게 되었다.

표 2. 건설R&D 과제중 현장절감액이 매우 큰 상위 6개 과제

과제명	현장 절감액 (백만원)	현장 절감액 (순위)	스타 기술 선정	분야
건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발	37,000	1	◆	건축
PSC박스거더교 설계시공회를 통한 물량절감, 품질향상 방안 수립	34,000	2	◆	토목
토류벽의 굴착단계별 거동예보 시스템 (Behavior Prediction System, BPS)개발	32,000	3		
무주 대공간 구조물의 시스템 및 구조해석 기법에 관한 연구	8,000	4		
고기능성 섬유보강 콘크리트를 이용한 이중 콘크리트 구조의 RC 및 PSC 거더의 장경간화	7,200	5		
지하공간을 이용한 혐오시설의 복합 플랜트화	300	6		

3.2 스타기술의 하위 기술 및 관련과제 도출

국가 건설 R&D 과제가 어떤 하위 요소과제와 상관없이, 그 자체만으로도 경제적 효과가 있을 수 있는 경우, 이때는 이 과제 자체가 스타과제 또는 스타기술을 의미하게 된다. 그러나 여러 하위기술이 국가 건설 R&D 과제와 함께 어울려져서, 경제적 효과를 발휘 할 수 있을 경우에는, 여러 과제가 하나로 통합된 패키지 형식의 새로운 스타기술을 형성하게 된다. 그리고 본 고는 위에서 선택된 건설 R&D과제(스타기술)의 하위기술을 다음과 같은 기준에 의해 선정하였다.

첫 번째, 하위 기술 또는 과제는 현장적용 절감액이 있는 기술 또는 과제이여야 한다. 두 번째, 하위 기술 또는 과제의 명칭은 건설분야의 비전공자들이 보아도 이해하기 쉽고 대국민 홍보성이 있는 제목이여야 한다. 이 기준을 따라, 현장절감액이 큰 "PSC 교량의 건설비용 절감기술"과 "건설폐기물의 재활용 및 처리기술"의 하위 요소기술은 연구책임자와 하위요소기술 전문가와의 자문회의를 통하여 도출하였다.

각각 스타기술의 하위 요소기술 구성은 다음과 같다.

① PSC 교량의 건설비용 절감기술의 하위 요소기술
- PSC 교량의 설계기준 및 해석기술 정립
- PSC 교량의 콘크리트 단면 최적화 기술
- PSC 교량의 철근 배근 최적화 기술
- PSC 교량의 PS 강재 배치 최적화 기술

② 건설폐기물의 재활용 및 처리기술의 하위 요소기술
- 폐콘크리트를 사용한 재생골재, 순환골재의 생산 및 활용기술
- 폐아스팔트 콘크리트의 재활용 및 활용기술
- 폐유리, 폐목재, 폐플라스틱을 활용한 건자재 개발 및 활용기술

3.3 스타기술 평가를 위한 성과지표의 선정

본 연구에서는 스타기술의 경제성 평가를 위한 성과지표들을 선정하기 위해 전절에서 분석한 Balanced Score Card (BSC) 방법론을 사용하였다. BSC에서는 성능 또는 성과를 측정하기 위하여 4가지의 측면(재무적인 측면, 고객의 측면, 혁신적 & 학문적 측면, 내부 경영 측면)이 고려되어진다(Kaplan, R. S., 1992).

그러나 BSC는 경영평가 측면에 초점을 두고 있기 때문에, 본 고에서는 건설분야의 R&D 평가를 위해서는 건설R&D 특성에 맞게 4가지 측면(생산성, 지식축적, 인력양성, 공공복지)으로 수정하여 경제성 분석을 하였다.

그림2 에서와 같이 위의 4가지 R&D 성과분석을 위한 평가기준은 각각의 세부평가 목록에 의해 경제적 성과가 측정되어졌다. 예를 들어, 생산성 측면은 각각의 스타기술(과제)에 대한 비용절감액, 공정 및 공사기간 단축, 감축인력, 그리고 예상수명증가에 의해 평가되어졌으며, 이것은 기술적 지표평가에 의해 통계적으로 계산된 값들을 사용하였다.

본 고에서는 2005년 과학기술혁신본부에서 발표한 표준성과지표를 바탕으로 건설업의 특성이 반영되고, 건설R&D성과를 보다 체계적으로 측정할 수 있는 40개의 성과측정지표(한승헌, 2005)를 토대로, 미시적 경제적 성과분석을 위한 스타기술의 평가기준과 평가기준 목록을 표3과 같이 제안하였다.

평가기준의 측정방법은 건설R&D의 경제적 가치를 평가하기 위한 평가기준에 대한 중요도를 AHP분석 기법으로 스타기술의 관련 전문가를 대상으로 상대 비교하여 가중치를 도출하였다. 그리고, 각각의 평가기준목록은 해당 평가기준의 관점에서 각각의 평가기준 목록에 대한 중요도를 상대비교하였다.

각각의 평가기준 및 평가기준 목록에 대한 가중치를 계산하기 위하여 AHP 분석이 사용되어졌으며, 그 입력값을 구하기 위해 설문조사가 이루어졌다. AHP 설문조사는 총 26명의 R&D 전문가로부터 의견을 수렴한 후 표3과 같은 평균값을 얻었다.

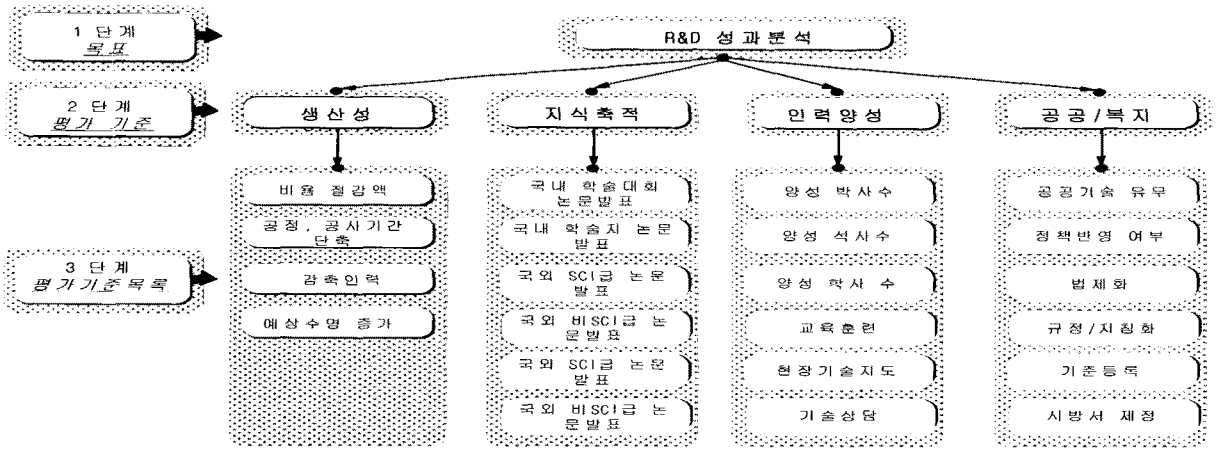

그림 2. 건설R&D 성과분석의 절차도

표 3. 평가기준과 평가기준 목록에 대한 가중치

평가 기준	Weight Vector (1)	평가기준목록	Weight Vector (2)
생산성	0.40	비용절감액	0.36
		공정, 공사기간 단축	0.35
		감축인력	0.13
		예상수명 증가	0.23
지식축적	0.22	국내 학술대회 논문	0.10
		국내 학술지 논문 발표	0.14
		국외 SCI 급 논문발표	0.28
		국외 비 SCI 급 논문 발표	0.11
		세미나 개최	0.16
		특허	0.22
인력양성	0.16	양성 박사수	0.25
		양성 석사수	0.15
		양성 학사수	0.09
		교육훈련	0.16
		현장기술지도	0.17
		기술상담	0.18
공공/복지	0.23	공공기술 유무	0.13
		정책반영 여부	0.15
		법제화	0.21
		규정/지침화	0.19
		기준등록	0.14
		시방서 제정	0.19

본 연구는 평가기준과 평가기준의 목록에 대한 가중치은 AHP 분석방법을 통하여, 건설R&D의 경제적 가치를 평가하기 위한 평가기준에 대한 중요도를 상대 비교하였다.

3.4 스타기술의 경제성 분석

본 고에서는 4가지의 세부항목을 가지고 선택되어진 스타과제에 대한 경제성 분석을 그림3과 같이 실시하였다. 스타과제 분석에서 가장 중요한 부분인 현장적용 절감액을 얻기 위해, 스타기술(과제) 및 하위요소기술의 전문가들과 수차례 자문회의를 가졌으며, 실질적인 현장 적용액과 향후 예상되는 편익부분에 대한 자료를 얻을 수 있었다.

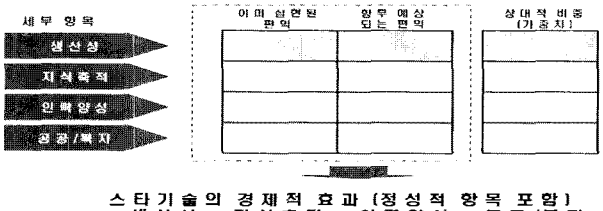

그림 4. 스타기술의 경제성 분석 방법

스타기술의 향후 경제적 효과(E)

$E(t) = a(t) \times b(t)$

$E = \sum E(t)$

t : 경제적 효과 발현 연도

- 당해 년도 스타기술 적용시설물 발주물량(시장파악)
- 당해 년도 스타기술 적용물량(a) : 스타기술 시장 점유율
- 당해 년도 스타기술의 적용비중(b)

$$NPV = \frac{(B_0 - C_0)}{(1+r)^0} + \frac{(B_1 - C_1)}{(1+r)^1} + K + \frac{(B_n - C_n)}{(1+r)^n} = \sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

NPV (Net Present Value)는 연구개발 투자사업의 전기간에 걸쳐 발생하는 순편익(편익 - 비용)의 합계를 현재가치로 환산한 값

스타기술(PSC 장대교량 계측기술)의 NPV를 이용한 현장절감측면 경제적 효과(D) = 과거 현장절감액 + 향후 경제적 효과(E)

스타기술의 총 경제적 효과(S) = D + [D × 타 산업 파급효과(승수)]

그림 3. 스타기술의 향후 경제적 효과분석 방법론

스타기술의 과거 현장 절감액을 스타 하위기술을 포함한 절감액을 도출하고, 그리고 스타기술의 과거 현장절감액 이외에, 스타기술의 향후 경제적 효과는 그림4와 같이 스타기술의 발주물량과 시장 점유율을 파악하고, 또한 스타기술의 수명주기와 적용비중을 도출하여 파악하였다. 그리고, 이러한 결과를 통하여 타산업 연관효과를 감안하여, 스타기술의 총 경제적 가치를 산출하였다.

특히, 미래 연구개발 투자사업의 전 기간에 걸쳐 발생하는 순편익(편익-비용)의 합계를 현재가치로 환산하였고, 이때, 2001년부터 2005년까지의 최근 5년간 금리의 산술평균값 6.3%를 적용하였다.

4. 스타기술의 경제성 분석방법론 검증

본 절에서는 전절에서 제안한 건설R&D 성과분석 방법론을 기초로 PSC 교량의 건설비용 절감기술과 건설폐기물 재활용기술의 경제성을 사례분석하였다.

4.1 건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발의 사례분석

건설폐기물의 재활용 및 처리기술은 건설폐기물의 재활용에 대한 설계 · 제조 · 시공의 기술적 요소를 정리하여 우수한 기술을 개발하고 이를 관련업계에 이전시킴으로써 선진국 수준의 재활용기술 확보 및 산업경쟁력 향상에 크게 기여할 수 있는 기술을 말한다.

따라서, 본 절에서는 전절에서 제안한 건설R&D 성과분석 방법론을 기초로 건설폐기물의 재활용 및 처리기술의 경제성을 사례 분석하였다.

표3에서 4가지의 평가기준에 대한 평가기준 목표(제안된 목표)는 각각의 제안된 성과측정 방법에 의해 결정되어진다. 예를 들어, 생산성의 경우, 제안된 목표 "감축인력"의 경우는 "감축인력수"에 의해 결정되어진다. 이렇게 각각의 제안된 성과측정 방법의 통계값은 국가 건설R&D 수행과제인 총 248건을 대상으로 기술적 분석을 통해 계산되어진 최소값과 최대값을 이용하였다.

여기서 최소값 1,500,000원과 최대값 28,547,377,000원은

표 4. 건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발에 대한 AHP 가중치 계산

구 분	제안된 목표	제안된 성과측정 방법	weight (A)	최소값 (Min)	최대값 (Max) (B)	건설폐기물	점수(D =C*100/B)	weight 보정 (A*D)
생산성	- 비용절감액	비용절감액(원)	0.36	1,500,000	28,547,377,000	14,159,000,000	49.6	18.02
	- 공정, 공사기간 단축	공정, 공사기간 단축일수	0.35	0.5	621	60	9.7	3.39
	- 감축인력	감축인력수	0.13	2	12,370	0	0.0	0.00
	- 예상수명 증가	예상수명 증가년수	0.23	3	50	15	30.0	6.97
	소 계		1					28.38
지식축적	- 국내 학술대회논문발표	국내 학술대회논문발표 편수	0.10	1	52	41	78.8	7.79
	- 국내 학술지 논문발표	국내 학술지 논문발표 편수	0.14	1	25	45	100.0	13.58
	- 국외 SCI급 논문발표	국외 SCI급 논문발표 편수	0.28	1	14	0	0.0	0.00
	- 국외 비SCI급 논문발표	국외 비SCI급 논문발표 편수	0.11	1	14	4	28.6	3.00
	- 세미나 개최	세미나 개최건수	0.16	1	30	6	20.0	3.16
	- 특허	특허건수	0.22	1	8	3	37.5	8.26
	소 계		1					35.80
인력양성	- 양성 박사 수	박사 수	0.25	1	9	31	100.0	24.62
	- 양성 석사 수	석사 수	0.15	1	31	48	100.0	15.31
	- 양성 학사 수	학사 수	0.09	1	16	17	100.0	8.81
	- 교육훈련	교육훈련건수	0.16	1	8	1	12.5	2.03
	- 현장기술지도	현장기술지도건수	0.17	1	32	2	6.3	1.06
	- 기술상담	기술상담건수	0.18	1	25	2	8.0	1.42
	소 계							53.25
공공/복지	- 공공기술 유무	공공기술 건수	0.13	1	6	11	100.0	13.08
	- 정책반영 여부	정책반영 건수	0.15	1	3	2	66.7	9.72
	- 법제화	법제화 건수	0.21	1	4	1	25.0	5.14
	- 규정/지침화	규정/지침화 건수	0.19	1	7	1	14.3	2.77
	- 기준등록	기준등록건수	0.14	1	20	3	15.0	2.07
	- 시방서 제정	시방서 제정건수	0.19	1	2	2	100.0	19.12
	소 계		1					51.89
합계								169.31

스케일 1~100까지를 이용하여 다시 점수화 되어진다.

예를들어, 건설폐기물의 현장비용절감액은 141.59억원이고 이것을 1~100까지의 스케일 이용하여 다시 환산하게 되면, 49.6이 된다. 그리고 이 49.6과 Weight (A)의 0.36이라는 가중치를 곱하게 되면 비용절감액의 최종 가중치 값이 18.02가 나오게 된다.

이러한 방법을 이용하여 나머지 제안된 성과 방법에 대한 최종 가중치를 계산할 수 있다. 그래서 계산된 스타과제 "건설 폐기물의 재활용 및 처리기술 개발"의 4가지 평가기준의 최종 가중치는 표4의 점수(B)와 같다.

그러나 이 4가지 평가기준은 그 자체의 비중이 서로 다르기 때문에 표3의 Weight(1)에서 계산된 가중치를 적용하여야 최종의 가중치를 얻을 수 있다.

표 5. "건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발"의 현재까지의 비용절감액

구 분	Weight (A)	점수 (B)	환산점수(A×B)	경제적 가치 환산(원)
생 산 성	0.40	28.38	11.31	14,159,000,000
지식축적	0.22	35.80	7.83	9,809,565,712
인력양성	0.16	53.25	8.42	10,540,253,053
공공/복지	0.23	51.89	11.68	14,619,370,992
합 계				49,128,189,757

생산성의 경제적 가치 환산액은 미리 계산되어진 14,159,000,000원이 된다. 지식축적의 경우 환산점수(A×B)가 7.83이기 때문에, 이 때 경제적 가치 환산액은 9,809,565,712원이 된다. 그래서 스타과제 "건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발"의 현재까지의 총 비용절감액은 49,128,189,757이 된다.

이와 똑같은 방법을 이용하여, 향후 기대되는 비용절감액도 계산하였다. 스타과제 "건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발"의 전문가들로부터 향후 생산성에 대한 기초 자료를 얻어 연구진이 분석한 결과 생산성의 향후 기대되어지는 경제적 가치 환산액은 4,304,533,285원으로 계산하였다. 따라서 총 향후 기대되는 비용 절감액은 14,935,654,216원이다.

표 6. 건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발"의 향후 기대 되는 비용절감액

구 분	Weight (A)	점수 (B)	환산점수(A×B)	경제적 가치 환산(원)
생 산 성	0.40	28.38	11.31	4,304,533,285
지식축적	0.22	35.80	7.83	2,982,244,658
인력양성	0.16	53.25	8.42	3,204,383,791
공공/복지	0.23	51.89	11.68	4,444,492,481
합 계				14,935,654,216

이 스타기술의 총 수명주기는 10년이고 지금까지의 현장 비용절감액은 141억원이다. 그래서 이 비용과 표5와 표6의 결과를 가지고 스타기술의 경제적 가치를 계산하였다. 그리고 스타기술의 각 과제별 기여율을 100%로 감안하여, 스타기술의 총 경제적 가치와 ROI를 계산하면 표7과 같다. 스타기술의 총 경제적 가치는 현재가치만을 산정한 것과 미래가치까지 포함한 경제적 가치를 성과로 분석하였다.

표 7. 4가지 평가기준 모두를 고려하여 계산되어진 경제적 가치

구 분	경제적 가치 환산액 (원)	타 산업연관 효과 (승수)	총 경제적 가치(원)	ROI
건설폐기물 (미래가치가 포함)	64,063,843,972	62,420,990,758	126,484,834,730	29.84
건설폐기물 (현재가치만 포함)	49,128,189,757	47,868,346,459	96,996,536,215	22.65

4.2 PSC 교량의 건설비용 절감기술의 사례분석

PSC 교량은 프리스트레스트 콘크리트(PreStressed Concrete) 기술을 이용하여 건설되는 교량으로서 PSC I 거더교 및 PSC 박스거더교 등이 대표적이다.

본 기술은 현장 타설로 건설되는 PSC 박스거더교를 중심으로 개발되었으며, 특히 압출공법(Incremental Launching Method, ILM), 이동식비계공법(Movable Scaffolding System, MSS), 캔틸레버공법(Free Cantilever Method, FCM) 등으로 건설되는 교량에 대하여 소요 품질을 확보하면서도 설계 물량을 획기적으로 절감할 수 있는 선진화된 설계 기술에 대한 것이다.

표3에서 4가지의 평가기준에 대한 평가기준 목표(제안된 목표)는 각각의 제안된 성과측정 방법에 의해 결정되어진다. 예를 들어, 생산성의 경우, 제안된 목표 "감축인력"의 경우는 "감축인력수"에 결정되어진다. 이렇게 각각의 제안된 성과측정 방법의 통계값은 국가 건설R&D 수행과제인 총 248건을 대상으로 기술적 분석을 통해 계산되어진 최소값과 최대값을 이용하였다. 여기서 최소값 1,500,000원과 최대값 28,547,377,000원은 스케일 1~100까지를 이용하여 다시 점수화하였다.

즉, PSC 교량의 건설비용 절감기술의 현장비용 절감액은 52,500,000,000원이고 이것을 1~100까지의 스케일 이용하여 다시 환산하게 되면, 100이 된다. 그리고 이 100과 Weight (A)의 0.36이라는 가중치를 곱하게 되면 비용절감액의 최종 가중치 값이 36.32가 나오게 된다.

이러한 방법을 이용하여 나머지 제안된 성과 방법에 대한 최종 가중치를 계산할 수 있다. 그래서 계산된 스타과제 "PSC 교량 건설비용 절감기술"의 4가지 평가기준의 최종 가중치는 다음과 같다.

① 생산성: 36.32
② 지식축적: 4.08
③ 인력양성: 2.14
④ 공공/복지: 27.69

그러나 이 4가지 평가기준은 그 자체의 비중이 서로 다르기 때문에 표3의 Weight(1)에서 계산된 가중치를 적용하여야 최종의 가중치를 얻을 수 있다.

표 8. " PSC 교량 건설비용 절감 기술"의 현재까지의 비용절감액

구 분	Weight (A)	점수 (B)	환산점수(A×B)	경제적 가치 환산(원)
생산성	0.40	36.32	14.47	52,500,000,000
지식축적	0.22	4.08	0.89	3,242,197,427
인력양성	0.16	2.14	0.34	1,225,314,657
공공/복지	0.23	27.69	6.23	22,595,990,805
합계				79,563,502,889

생산성의 경제적 가치 환산액은 미리 계산되어진 52,500,000,000원이 된다. 지식축적의 경우 환산점수(A×B)가 0.89이기 때문에, 이 때 경제적 가치 환산액은 3,242,197,427원이 된다. 그래서 스타과제 "PSC 교량 건설비용 절감기술"의 현재까지 총 비용절감액은 79,563,502,889원이 된다.

이와 똑같은 방법을 이용하여, 향후 기대되는 비용절감액도 계산하였다. 스타과제 "PSC 교량 비용절감 기술"의 전문가들로부터 향후 생산성에 대한 기초 자료를 얻어 연구진이 분석한 결과 생산성의 향후 기대되어지는 경제적 가치 환산액은 310,845,981,538원 이다.

스타기술의 경제성 분석은 생산성 이외에 지식축적, 인력양성, 공공복지부분을 비용으로 환산한 결과 총 향후 기대되는 비용 절감액은 471,085,621,907원 이다.

이 스타기술의 총 수명주기는 10년이고 지금까지의 현장 비용절감액은 525억이다. 그래서 이 비용과 표8과 표9의 결과를 가지고 이 스타기술의 경제적 가치를 계산하였다.

그리고 스타기술의 각 과제별 기여율을 50%로 감안하여, 스타기술의 총 경제적 가치와 ROI를 표10과 같이 계산하였다.

스타기술의 총 경제적 가치는 현재가치만을 산정한 것과 미래가치까지 포함한 경제적 가치를 성과로 분석하였다.

5. 결론

본 연구는 현장 적용실적이 있고 현장 절감액이 큰 과제를 스타기술로 선정하여, 여러 하위 요소 건설 R&D 과제와 함께 경제적 효과를 발휘 할 수 있을 경우에는 해당하는 하위기술 과제를 도출하였다.

스타기술 평가를 위한 성과지표들을 선정하기 위해 Balanced Score Card (BSC) 방법론을 응용하여 건설분야 R&D에 맞도록 생산성, 지식축적, 인력양성, 공공복지 4가지로 작성하여 건설 R&D 성과분석 방법론을 제안하였다.

스타기술로 선정된 과제 중 "PSC 교량 건설비용 절감기술"의 스타기술을 대상으로 경제성 성과분석을 하였다. 경제성 분석한 결과, 현재까지의 총 비용절감액은 79,563,502,889원이고, 향후 기대되는 총 비용 절감액은 543,588,701,718원으로 추정되었다.

또한, 스타기술로 선정된 과제 중 "건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발"의 스타기술을 대상으로 경제성 성과분석을 하였다. 경제성 분석한 결과, 현재까지의 총 비용절감액은 49,128,189,757원이고, 향후 기대되는 총 비용 절감액은 14,935,654,216원으로 추정되었다.

본고의 연구성과 측정결과는 연구성과 중 생산성 이외에 지식축적, 인력양성, 공공복지 부분을 화폐가치로 환산하는 성과방법론을 제안하여, 국가 건설R&D의 성과분석을 사례 조사하였다. 향후에는 이러한 성과분석 방법론을 토대로 건설R&D사업에 있어 상대적으로 우수한 부분의 벤치마킹은 물론, 타 분야에 비해 성과가 부족한 영역을 보완하여 발전시키고자 하는 것이 무엇보다도 중요하다 할 수 있다.

표 9. "PSC 교량 건설비용 절감 기술"의 향후 기대되는 비용절감액

구 분	Weight (A)	점수 (B)	환산점수 (A×B)	경제적 가치 환산(원)
생산성	0.40	36.32	14.47	310,845,981,538
지식축적	0.22	4.08	0.89	19,196,648,410
인력양성	0.16	2.14	0.34	7,254,935,948
공공/복지	0.23	27.69	6.23	133,788,056,011
합 계				471,085,621,907

표 10. 4가지 평가기준 모두를 고려하여 계산되어진 경제적 가치

구분	경제적 가치 환산액(원)	타 산업연관 효과 (승수)	총 경제적 가치(원)	기여율 50%를 적용한 총 경제적 가치	ROI
PSC 교량 (미래가치가 포함)	550,649,124,796	536,528,278,640	1,087,177,403,436	543,588,701,718	576
PSC 교량 (현재가치만 포함)	79,563,502,889	77,523,176,421	157,086,679,310	78,543,339,655	82

참고문헌

1. 박승범 외, "건설폐기물의 재활용 및 처리기술 개발", 충남대학교, 2000
2. 한승헌, 원동규, 박환표 외, "건설R&D 성과분석", 건설교통부, 2006. 8
3. 박상혁 외 3인, "산출지표를 활용한 건설R&D의 상대적 성과측정", 한국건설관리학회 학술발표대회, 2006. 11
4. 박정우 · 박준석, "정보통신연구개발사업 성과분석의 효율적 추진방안", 정보통신연구진흥원, 1999
5. Kaplan, R. S. and Norton, D. P. "The balanced scorecard - measures that drive performance." Harvard Business Review, Jan.-Feb. 1992

논문제출일: 2007.01.04
심사완료일: 2008.07.09

Abstract

Construction Research and Development (R & D) projects have been begun with the investment of 1.2 billions in 1994 and have been reached to 30 billions in 2004. During this ten-year period, a total of investment for construction R&D amounts to 125.7 billions (Total 418 construction R&D projects). However, the results of each R&D project could not apply to real construction site because each project has been performed by a small size (0.5 billions).

In addition to those, the social interest on the construction R&D projects has not been received and those importance has not been recognized. Especially, there aren't still standardized methodologies or weighted measurement data for evaluating research performance of the construction R&D projects up to now. The construction R&D projects has been invested on the basis of an annual technology demand survey rather than the research performance outcome.

Therefore, it is important to establish a qualitative performance measurement model for evaluating construction R&D projects. This paper proposes a new research methodology for analyzing the performance measurement of the construction R&D projects. First of all, the Balanced Score Card (BSC) is used to evaluate the construction STAR technologies selected in this research. The performance items of BSC has been modified as four criteria such as "productivity, "knowledge accumulation," "training of students, " and "welfare."

The new research methodology developed in this paper is expected to use in establishing resonable construction R&D budget in the future.

Key Word : Construction R&D, Performance Analysis, Star Technology, Performance Indicator