

건설이슈포커스

건설산업 이노베이션 추진 실태 및 장애 요인 조사

2013. 7

권오현 · 강운산

- 서 론 4
- 경제 발전과 이노베이션 6
- 건설산업과 이노베이션 11
- 이노베이션 추진 실태 및 장애 요인 19
- 이노베이션 활성화 방안 30

요 약

- ▶ **한국 경제뿐만 아니라 건설산업이 한 단계 높은 수준으로 도약하기 위해서는 새로운 문제 인식과 함께 접근 방법을 모색하는 것이 필요**
 - 과거 고도 성장을 달성한 우리 경제의 성장 공식이 더 이상 작동하지 않고 있어, 혁신에 기초한 새로운 성장 공식을 찾아야 한다는 지적이 많음.
 - 특히, 건설산업이 장기 침체에서 벗어나기 위해서는 새로운 시장 창출과 효율적 생산 방식의 모색 등 미래 지향적인 기술과 가치를 추구하는 것이 필요
 - 정부의 창조경제 육성 정책으로 창의적 기술 개발과 융합의 중요성이 한층 커질 전망
- ▶ **세계 시장에서 건설 분야의 혁신은 획기적 발명보다는 장기간 점진적 개선을 중심으로 이루어지고, 경기 침체에 혁신은 더욱 활발한 것으로 알려져.**
 - 주로 건설 자재·장비 분야의 발전을 중심으로 혁신이 이루어졌고, 최근에는 에너지 이용 효율, 기존 시설 성능 개선, 공장 생산 방식, 스마트 홈, 설계 및 의사결정 시스템 분야 등에서 다양한 혁신이 모색되고 있음.
- ▶ **설문 조사 결과, 건설업체들은 설계·엔지니어링 및 에너지 관련 분야가 향후 혁신 잠재력이 가장 큰 것으로 평가하였음.**
 - 지난 10년 동안 건설산업에 가장 큰 영향을 미친 기술 혁신은 인터넷이라는 응답(21.0%)이 가장 많았고, CAD·BIM 등 설계 관련 기술의 발전(14.1%)이 2위를 차지함.
 - 건설업체들은 전체 건설 생산 과정 중에서 향후 혁신 잠재력이 가장 큰 분야로 설계·엔지니어링 분야(45.7%)를 압도적으로 꼽았고, 그 다음으로 유지관리 분야(22.8%)를 선택
 - 건설 기술 분야 중 혁신 잠재력이 가장 큰 것은 에너지 관련 기술(30.6%)로 나타남.
 - 건설업체들은 기존의 기술이나 공정 개선을 중심으로 혁신 활동을 한다는 응답(30.8%)이 가장 많았고, 다른 기업이 개발한 기술을 개선하는 것(15.9%) 등도 많았음.
 - 혁신을 저해하는 요인은 미래 경제 상황의 불확실성(26.3%), 자원 부족(18.8%), 변별력이 부족한 입찰제도(12.9%) 등의 순으로 조사됨.
- ▶ **건설산업 차원에서 혁신 활동을 활성화시키기 위해서는 기업 R&D 지원, 혁신 결과의 확산, 혁신 지원 조직의 구축, 간접 지원 방식의 건설 관련 제도 개선 등이 필요**
 - 국토부 R&D 지원 사업 중에서 중소기업 지원 규모를 적극 확대하는 것이 필요
 - 공공부문에서 개발된 신기술의 기업 이전 및 정보 지원 등을 통한 신기술 흡수 능력 제고
 - 종합적이고 체계적으로 혁신 활동을 지원하기 위한 총괄 기구의 설립이 필요

1. 서 론

- 건설시장은 1997년 외환위기를 계기로 성장 속도가 급격히 떨어진 이후 장기간 침체 국면이 지속되고 있음.
 - 인구 증가율 둔화 및 베이비붐 세대의 은퇴 본격화 등 인구 구조의 변화, 글로벌 금융위기에 의한 유효수요 감소 및 불확실성 증대, 건설 관련 규제 강화 및 공공 건설 투자 삭감이 주된 요인으로 작용
 - 2012년 건설투자는 143.0조원(2005년 실질가격 기준)으로 외환위기 발생 이전인 1997년보다 4.8% 감소한 수준
- 현재 건설산업이 직면하고 있는 고통스러운 상황을 타개하기 위해서는 문제인식과 접근 방법의 전환이 요구됨.
 - 장기적 건설투자 감소는 기업간 수주 경쟁 및 가격 경쟁을 심화시키는 요인이 되는 동시에, 사업 포트폴리오의 변화, 조직 구조의 개편, 미래 성장 시장으로의 R&D 확대 등 경영 전략의 변화를 수반하게 됨.
- 또한, 민간 건설시장의 중요성이 상대적으로 증가함에 따라 향후 발주자의 다양한 요구에 대한 민간의 대응과 가격뿐만 아니라 품질 향상 노력, 사전·사후 서비스 제공 등 커버해야 할 업무 범위의 확장이 필요
 - 향후 시설별로 시장이 세분화되고, 고객의 선택 기준이 엄격한 비주택 시장의 비중이 커짐에 따라 건설기업의 전문화 및 차별화 노력이 더욱 중요해질 것으로 예상됨.
 - 공공 건설투자 비중은 2000년 45.2%에서 2010년에 35.9%로 10년 간 약 10%p 감소
- 지구 온난화 방지를 위한 온실가스의 배출 저감 및 시설물의 에너지 효율 향상 노력에 적극 동참하는 것이 요구되는데, 이와 관련해 건설산업의 개선 잠재력이 매우 큼을 감안하면, 새로운 기술 및 시설을 개발하는 혁신 활동의 중요성은 더욱 커짐.
- 최근에는 건설산업에 대한 투명성 및 합리성 등의 문제가 사회적으로 부각되면서, 산업의 지속가능한 발전을 위한 자기 성찰과 함께 각고의 혁신적 노력이 요구되고 있음.

- 생산체계의 합리화와 더불어 생산 방식의 기계화·모듈화 등을 추구하여 생산성을 높이는 동시에 산업 재해 감소 및 이미지 개선 등의 필요성이 높아짐.
- 한편, 정부는 새로운 성장 동력을 발굴하여 경기 침체를 극복하고 고용을 확대하기 위해 창조경제로 전환을 모색하면서 창의적인 기술 개발과 융합을 적극 유도하고 있음.
 - 대표적인 창조산업으로 평가되는 건축 분야 등을 중심으로 혁신적인 기술 및 디자인 개발을 통해 미래 사회 발전에 적극 기여하는 계기를 마련할 필요가 있음.
- 이러한 상황에서 건설산업의 혁신 실태와 당면한 문제점, 그리고 개선 가능성을 모색하는 것은 의미 있는 일로 판단됨.
- 본 연구는 장기적 경제 발전 과정에서 혁신이 미친 영향을 살펴본 후, 건설산업에서 이루어지고 있는 혁신 내용을 통시적으로 고찰하고, 국내 건설업체를 대상으로 한 설문조사를 통해 혁신 실태와 장애 요인을 살펴보고자 함.
- 건설산업 분야에서 진행되고 있는 혁신의 실태 및 전망을 파악하기 위해 종합건설업체를 대상으로 다음과 같이 설문조사를 실시함.
 - 조사 업체 수 : 94개 업체(대기업 12개사 - 12.8%, 중소기업 82개사 - 87.3%)
 - 조사 방법 : 대한건설협회 등의 협조를 통해 오프라인 및 온라인 조사 병행
 - 조사 시기 : 2013년 4월

2. 경제 발전과 이노베이션

1) 우리나라 경제의 발전 과정

□ 요소 투입 중심의 경제 성장

- 한국경제는 역사적으로 유례가 드문 고도 압축 성장의 대표적 사례로 알려지고 있음.
 - 1960년 이후 2005년까지 세계 총생산은 연평균 3.8% 증가하였는데, 한국은 7.7%를 기록하여 세계 137개 국가 중에서 7위를 기록
 - 한국 경제의 빠른 경제 성장은 수출주도형 경제 성장 전략의 추진과 양질의 풍부한 노동력 공급, 그리고 후발 추격자로서 선진 경제로부터의 과감한 기술 이전과 모방 등을 통한 기술 혁신 등이 주효했음.
- 그동안 외국에 비해 상당히 빠른 경제 성장을 했지만, 최근에는 요소 투입 증가에 기인한 바가 크고, 생산성 증가는 상대적으로 낮은 수준이라는 지적을 받고 있음.
 - 한국생산성본부가 발표한 1981~2005년 기간 동안 국가별 생산성 변화의 조사 결과에 따르면, 우리나라의 총산출 증가율은 7.9%로 주요 국가 중에서 가장 높지만, 기술진보에 의한 총요소 생산성(TFP) 증가율은 0.3%로 중하위 수준에 그침.¹⁾
 - 우리나라는 외국과 비교해 원재료 및 자본·에너지 등의 투입에 대한 의존도가 상대적으로 크게 나타나, 전형적인 요소 투입 의존적인 성장 경로를 밟았음을 보여줌.

<표 1> 주요 국가별 총산출 증가율과 기여 요인 분석(1981~2005)

(단위 : %)

구분	총산출	요소 투입					TFP
		노동	자본	에너지	원재료	서비스	
한국	7.9	0.7	1.9	0.5	3.1	1.4	0.3
미국	2.8	0.6	0.7	0.0	0.5	0.7	0.4
일본	2.3	0.1	0.9	0.0	0.5	0.6	0.2
프랑스	2.3	0.2	0.4	0.0	0.5	0.7	0.5
독일	2.0	-0.1	0.6	0.0	0.4	0.6	0.4
영국	2.3	0.2	0.6	0.1	0.4	0.7	0.4
EU 10	2.4	0.2	0.5	0.0	0.5	0.7	0.3

자료 : 한국생산성본부, 총요소 생산성 국제 비교, 2011, pp.34-35.

1) 한국생산성본부, 총요소 생산성 국제 비교, 2011, pp.34-35.

- 최근 우리 경제의 총요소 생산성 증가율은 뚜렷이 저하되고 있는 것으로 나타나 많은 우려를 낳고 있음.

· 1980년대의 총요소 생산성 증가율은 0.6%에 이르렀으나, 2000년대 이후에는 0.2% 수준으로 급락

<표 2> 기간별 총요소 생산성 증가율 추이(부가가치 기준)

기 간	1981~1990년	1990~2000년	2001~2009년
총요소 생산성 증가율(%)	0.6	0.5	0.2

자료 : 한국생산성본부, 총요소 생산성 국제 비교, 2011, pp.25-28.

□ 새로운 성장 방식 모색 필요

- 우리 경제의 잠재 성장률은 앞으로도 더 저하될 것으로 전망되고 있어 더욱 큰 우려를 낳고 있음.

· KDI는 우리나라의 잠재 성장률이 1980년대 8.6%에서 계속 하락하여 2000년대에는 4.5%, 2010년대에는 3.6%로 하락할 것으로 전망함.²⁾
 · 잠재 성장률의 저하는 인구 구조 변화에 따른 노동 공급의 감소 및 건설투자 등의 위축에 따른 자본 축적의 부진 등이 주요 요인으로 작용

- 국내외 경제 여건 변화로 지난 50년 간 압축 성장을 달성한 한국경제의 성장 공식은 더 이상 작동하지 않고 있으며, 더 높은 단계로 발전하기 위해서는 혁신에 기초한 새로운 성장 공식을 찾아야 한다는 지적을 받음.³⁾

· 요소 투입에 의존하던 과거 성장 전략으로부터, 창의와 혁신에 기반을 둔 새로운 성장 전략을 모색해야 한다고 조언

- 정부는 장기 침체 가능성이 있는 우리 경제를 조속한 시일 내에 회복시키고자, 성장 잠재력 제고 및 일자리 창출을 최우선 정책 목표로 하는 창조경제를 추진하기로 함.

· 장기 침체를 극복하기 위한 새로운 성장 동력의 발굴과 고용 창출 방안 모색
 · 창의적 아이디어 및 기술이 경제 발전의 새로운 전환점을 마련해 혁신적 시장 조성

2) 신석하 외, 한국의 잠재 성장률 전망 및 하락 요인 분석, KDI, 2012.

3) Foreign Policy, Stalled Miracle, 2013. 4. 16 및 Choi, W. et al., Beyond Korean style-Shaping a new growth formula, McKinsey Global Institute, 2013. 4 등.

· 개방화되는 세계시장에서 치열해지는 경쟁 환경에 대응하고 혁신 기술의 중요성이 증가함에 따라 새로운 성장 동력을 발굴

- 한국경제가 새로운 성장 동력을 모색하기 위해서는 과거 방식의 고수가 아니라 과감한 혁신 노력이 요구되고 있음.

· 특히, 건설산업이 장기 침체의 늪에서 벗어나기 위해서는 새로운 상품시장의 창출과 효율적인 생산 방식의 모색, 장기적으로는 3D 산업의 부정적인 이미지를 벗고 미래 지향적인 기술과 가치를 추구하는 노력이 요구됨.

2) 기술 혁신 관련 주요 내용

□ 혁신의 개념

- 혁신(innovation)이란 새로운 아이디어를 실용적으로 이용하여 새로운 상품을 만들거나 생산 방식으로 전환하는 것을 의미⁴⁾

· OECD 보고서는 혁신이란 ‘사업 방식, 고용 조직, 외부 관계에서 신제품이나 현저히 개선된 제품이나 공정을 개발하거나, 새로운 마케팅방법론, 새로운 조직방법론을 시행하는 것’으로 정의⁵⁾

- 초기에는 혁신의 의미를 ‘과학과 기술을 처음 새로운 방식으로 적용하여 상업적 성공을 거둔 것’으로 엄격하게 사용했으나⁶⁾, 1980년대 이후 점진적 개선과 확산 등의 중요성이 더욱 부각되고 있음.

· ‘최초의 적용’에 초점을 맞춘 정의는 분석의 엄밀성 측면에서는 유용하지만, 현실적으로 대부분의 중요한 혁신들은 수명주기 전반에 걸쳐 큰 변화를 겪고, 후속적인 개선이 최초의 발명보다 경제적으로 훨씬 중요한 경우가 많아, 수정의 필요성이 커짐.

· 요즘은 혁신을 엄격히 정의하는 과거와는 달리, ‘혁신 과정’이나 ‘혁신 활동’이라는 용어와 혼용되는 경향이 있고, 특히 혁신 과정에서 지속적 상호작용과 피드백이 강조되고 있음.⁷⁾

4) 혁신은 발명(invention)과 구분됨. 발명은 기초연구나 응용연구의 결과로서 얻어지는 특정한 지식이나 공정 및 도구의 새로운 창안으로 특허권을 통해 보호를 받음. 정갑영, 산업조직론, 1996, p.300 및 Sheperd W.G., 정병후 역, 산업조직론, 1990, p.194.

5) OECD, Innovation in science, technology and industry, 2005.

6) OECD, The Conditions for Success in the Technical Innovation, 1971, p.11.

7) OECD편, 이근 역, 과학과 기술의 경제학, 1998, p.23.

- 본고에서는 ‘혁신’과 ‘이노베이션’이라는 용어를 이처럼 넓은 의미로 사용하면서, 양자간에 구별 없이 혼용하고자 함.
- 시장 경제의 발전은 기술 혁신을 통해 낡은 것을 파괴하고, 기존의 산업 구조를 새롭게 개편하는 창조적 파괴(creative destruction)의 과정을 통해서 이루어짐을 강조한 슈페터는 혁신을 다음과 같이 5가지 유형으로 구분함.⁸⁾
 - 새로운 상품의 도입
 - 새로운 생산 방법의 도입
 - 새로운 시장의 개척
 - 새로운 원료 공급원의 개척
 - 새로운 사업 조직의 설립
- OECD는 슈페터가 제시한 혁신 유형을 토대로 하여, 제품 혁신, 공정 혁신, 마케팅 혁신, 조직 혁신 등 4가지로 단순화시킴.⁹⁾

<표 3> OECD의 혁신 유형 구분

유형	내용
제품 혁신	- 상품의 특성이나 용도 측면에서 신상품을 개발하는 것 - 새로운 지식이나 기술이 필요하거나, 기존의 지식 및 기술들을 새롭게 결합하는 등의 방법이 필요. 상당한 변화를 수반하지 않는 변화 또는 참신함이 없는 변화는 제외
공정 혁신	- 상품 생산에 새롭거나 상당히 개선된 방법을 도입하는 것 - 기술·장비 또는 소프트웨어에서 상당한 변화가 필요하며, 원가 절감이나 품질 향상, 새롭거나 상당히 개선된 제품의 생산
마케팅 혁신	- 제품 디자인 및 포장, 가격 책정 등에서 상당한 변화를 포함한 새로운 마케팅 방법 도입 - 매출 증대를 목표로 보다 나은 고객 수요에 대응하거나, 새로운 시장 개척, 상품의 새로운 출시에 초점을 맞춤.
조직 혁신	- 사업 관행 및 기업 조직 등에서 새로운 조직적 방법을 도입하는 것 - 관리비용 또는 거래비용의 감소, 직장 만족도의 개선과 이를 통한 노동생산성 개선 등을 통한 기업의 성과 제고

- 새로운 아이디어가 바로 혁신으로 이어지는 것은 아니고, 아이디어의 가치 평가 및 세련화, 응용 연구, 실증 실험 및 상품화 개발 등 여러 과정을 거쳐 혁신 단계에 도달
 - 하나의 혁신을 완성하려면 약 300개 이상의 아이디어가 필요하고, 특허를 받은 것의 약 10%만이 상업화 단계에 들어가는 것으로 조사됨.¹⁰⁾

8) 토머스 매크로, 전게서, p.110.

9) OECD, Innovation in science, technology and industry, 2005.

10) 콜로플로스, T.M., 정윤미 역, 「혁신의 탄생」, 2012, p.82.

□ 산업 발전과 기술 혁신

- 산업에 따라 혁신의 원천은 상이하며, 수익성과 경쟁력에 영향을 미치는 요인 중에서 혁신이 차지하는 중요성도 상이
 - 건설산업처럼 연관 산업의 범위가 넓고, 분야별로 분업화가 비교적 발달되어 있으며, 주문생산 방식의 특성을 지닌 산업의 경우, 다른 산업으로부터 제공되는 기술로부터 많은 도움을 받음.
 - 특히, 생산성 향상은 해당 산업에서 개발한 혁신보다는 타 산업에서 개발한 혁신에 크게 의존하는 경향이 있어 인접 분야로부터 기술 흡수의 중요성이 더욱 커짐.¹¹⁾
 - 따라서 전체 경제의 생산성 향상을 위해서는 신기술을 개발하는 산업뿐만 아니라 개발된 신기술을 이용하는 산업에도 주목할 필요가 있음.
- 경쟁이 심화되고 혁신이 가속화될수록 경쟁 기업이 도입하는 혁신의 내용을 파악하거나 해당 산업에서 이루어지는 기술 및 시장 동향을 조사하는 활동은 중요한 ‘기회의 창(windows of opportunity)’으로서 역할을 함.¹²⁾
 - 일반적으로 대부분의 대기업들은 기술 및 시장 동향 분석 조직을 갖고 있으며, 외부로부터 기술을 흡수하는 데 적극적임.
 - 후발 추격자 위치에 있는 개발도상국 및 중소기업 등에서 이루어지는 혁신 중 상당수는 선진국이나 대기업에서 사용되어 온 생산 방법이나 기술에 대한 역엔지니어링(reverse engineering)¹³⁾을 통하여 이루어지는 경우가 많음.
- 연구 개발에는 대체로 기업의 임계 규모가 있어 중소기업은 독자적인 연구 조직을 운영하는 것이 현실적으로 어려운 경우가 많음.
 - 중소기업은 대학 및 연구소 등의 계약 연구 조직(Contract Research Organization)과 위탁 계약을 맺어 R&D 활동을 하는 것이 상대적으로 중요

11) 미국에서 이루어진 조사에 의하면 다른 산업으로부터 구매한 제하에 체화된 기술로부터 얻는 수익률이 해당 산업에서 개발된 기술로부터 얻는 수익률보다 약 2배에 이른 것으로 조사됨.

12) OECD편, 전게서, p.36.

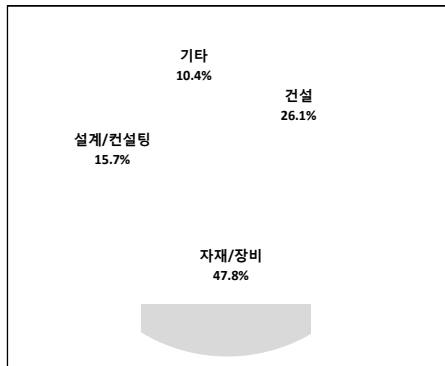
13) 설계부터 순차적으로 진행하지 않고 완성된 제품이나 공정을 분해해 역추적해봄으로써 작동 원리를 파악하는 방식.

3. 건설산업과 이노베이션

□ 건설산업의 장기 혁신 추이

- ENR지가 과거에 발간 125주년을 기념하여 지난 125년 동안 건설산업에서 이루어진 대표적인 혁신 134개를 선정한 바 있는데, 주로 자재·장비 분야를 중심으로 혁신이 이루어진 것으로 파악됨.¹⁴⁾
 - 지난 세기에 불도저, 굴삭기, 덤프트럭, 각종 진동 공구 등 주요 건설 장비와 함께 철근, 철골, PVC 파이프 등 자재 분야에서 이루어진 혁신이 47.8%를 차지
 - 혁신적 건설 상품으로는 고속도로, 고속철도 등 교통 인프라를 비롯하여, 고층 빌딩, 발전소, 댐, 사창고 등 주요 시설물이 26.1%를 차지해 혁신적 결과물로 선정됨.
 - 설계 분야 등에서는 CAD를 비롯하여 구조 해석, 내진설계, 풍동 분석 등이 15.7%를 차지함.

<그림 1> ENR 선정 125년 간 건설산업 주요 혁신 발생 분야



- 지난 1세기 동안 유럽에서 이루어진 422개 건설산업 혁신에 대한 조사¹⁵⁾에서도 건설시공 분야보다는 주로 자재 및 장비 측면에서 이루어진 것으로 밝혀졌음.
 - 전체 혁신의 약 65%는 자재·장비 등 공급 측면에서 발생하였고, 특히 혁신 상품에

14) ENR, 125 Top Innovations, 1999. 10. 18.

15) Pries F. and Dorée A., A century of innovation in the Dutch construction industry, Construction Management and Economics, 2005. 7.

있어서는 약 80%가 자재·장비 분야에서 집중적으로 이루어진 것으로 조사됨.

- 건설 분야 혁신의 약 40%는 타 산업에서 이루어진 것을 도입하였으며, 그 중 40%는 화학산업 분야에서 이루어진 것으로 조사됨.
- 건설업체에 의해 이루어진 혁신은 겨우 10.9%에 불과하며, 상품 개발보다는 공정 혁신이 중심을 이룸.
- 설계 및 컨설팅 분야에서 이루어진 혁신 비중은 8.8%를 차지

<표 4> 건설 이노베이션 주체 및 분야

(단위 : %)

구분	제품 혁신 (49.3)	공정 혁신 (50.7)	전체 (100.0)
건설업체	3.4	18.2	10.9
공급업체	78.4	50.9	64.6
설계·용역	7.2	10.7	8.8
기타	11.1	20.1	15.7

자료 : Pries F. and Dorée A., A century of innovation in the Dutch construction industry, CME, 2005. 7.

- 이 밖에도 건설산업에서 이루어진 혁신에 대해 다양한 조사들이 이루어지면서, 조사 목적과 방법 등에 따라 다소 큰 편차를 보이지만, 대체로 건설 자재와 장비 등 공급 측면이 상당히 중요한 역할을 하고 있는 것으로 나타남.¹⁶⁾
 - 그러나, 후술하는 바와 같이 국내 건설업체들은 장비와 자재가 건설산업 혁신에서 중요한 비중을 차지하는 것으로 인식하지는 않음.

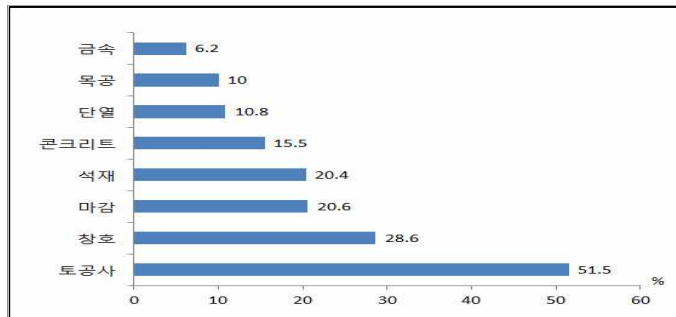
□ 건설 현장의 혁신

- 건설산업에서 이루어지는 기술 혁신은 획기적인 발명 등에 의존하기보다는 장기간 점진적으로 개선되는 경향을 보이며, 경기 침체에 기술 혁신은 더욱 활발히 이루어짐.
 - 경기 침체에 수주 경쟁이 치열해짐에 따라 건설업체들은 소비자 만족을 위해 훨씬 많은 노력을 기울임으로써 기술 혁신이 호황기에 비해 증가
 - 1945~2000년 기간에 유럽에서 발생한 기술 혁신 동향 분석 결과에 의하면, 호황을 누리던 1980년대 중반에 비해 1990년대 후반 이후 기술 혁신은 약 10배 이상 증가

16) 김원태 · 이영환, 건설기업의 경쟁력 제고를 위한 공정 혁신 성공 사례 분석과 시사점, 한국건설산업연구원, 2011.

- 건설기계는 건설산업의 생산성을 획기적으로 높이는 데 결정적인 기여를 하였으며, 따라서 건설산업 혁신에서 중추적 역할을 한 것으로 평가됨.
 - 건설 공종별 생산성 향상에 대한 조사에 따르면 토공사에서의 생산성 향상이 압도적으로 높은 것으로 나타나는데, 이것은 건설기계의 발전에 기인한 것으로 해석됨.
 - 미국 건설현장에서 1976년부터 2004년까지 토공사의 생산성은 누적하여 51.5%(연평균 1.5%) 증가했는데, 다른 공종에 비해 월등히 높은 수준을 보임.¹⁷⁾
 - 토공사의 생산성이 다른 분야에 비해 이처럼 두드러지게 높은 것은 굴삭기, 불도저 등 각종 건설기계의 엔진 출력 등 기계적 성능 향상에 기인한 바가 큼.

<그림 2> 공종별 건설 생산성 장기 변화(1976~2004)



자료 : Goodrum, P.M., Construction Productivity-Advances and Opportunities for Improvement, University of Kentucky, 2010.

- 건설현장에서 사용되는 대부분의 건설기계들은 20세기 중반 이후 기계공학 분야의 발전과 더불어 성능과 종류가 획기적으로 발전
 - 대표적인 건설기계 중의 하나인 Bulldozer는 1930년대 자체 엔진의 탑재로 기동력이 크게 향상되면서 널리 확산되기 시작했고, 타워크레인인 제2차 세계대전 이후 건설분야와 더불어 등장했으며, 유압식 굴삭기는 1950년대 중반 이후, 레미콘 믹서트럭은 1960년대에 현재와 같은 모습을 갖추기 시작함.¹⁸⁾
 - 1990년대까지는 엔진 출력 향상 등 생산성 및 작업자의 쾌적성 등에 초점을 맞추어 진화했으나, 2000년대 이후에는 저소음·저배기 가스 등 환경적 측면에 대한 강조와 더불어 전자센서 등을 이용한 첨단화가 빠르게 진행되고 있음.

17) Goodrum, P.M., Construction Productivity-Advances and Opportunities for Improvement, University of Kentucky, 2010.

18) Caterpillar사 등의 홈페이지 및 Wikipedia 등.

<표 5> 건설기계의 용도별 종류

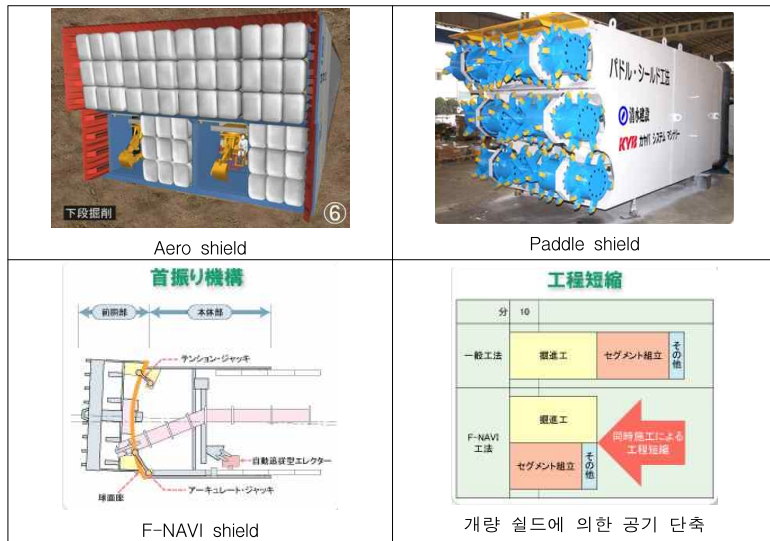
용도	품목
토공·기초기계	불도저, 굴삭기, 로더, 모터그레이더, 스크레이퍼 등
운반·하역기계	덤프트럭, 지게차, 기중기, 콘크리트믹서트럭, 타워크레인 등
포장기계	롤러, 노상안정기, 콘크리트피니셔, 콘크리트살포기, 아스팔트믹싱플랜트, 아스팔트피니셔, 아스팔트살포기, 골재살포기 등
기타 기계	콘크리트배칭플랜트, 콘크리트펌프, 공기압축기, 전동기, 향타·향발기, 사리채취기, 준설선, 특수건설기계 등

자료 : 정만태, 건설기계산업의 기초 분석, 산업연구원, 2012.

- 우리나라 건설기계 등록 대수는 약 35만대로 영세 임대사업자에 대한 의존도가 높은 것으로 파악됨.
 - 2012년 말 기준으로 건설기계 등록 대수는 약 35만대로 이 중 굴삭기가 30.1%, 지게차 34.6%, 덤프트럭 14.5% 등 3개 장비의 비중이 약 80%를 차지
 - 건설 공사가 대형화·고층화·대심도화·자동화되는 추세에서 장비의 중요성이 점차 증대하고 있으나, 공급 관련 부문의 영세성으로 많은 한계에 직면
 - 전체 건설기계 중에서 임대 사업자의 영업용이 차지하는 비중은 덤프트럭 87.9%, 불도저 87.0%, 굴삭기 73.4%, 타워크레인 97.3% 등 높게 나타남.
 - 건설기계 임대업체의 72.7%가 4대 이하의 기계를 운영하는 영세 업체로서, 업체당 평균 기계 대수는 1.3대에 불과
- 최근 건설기계들은 대형화되고, IT 기술 등을 이용하여 첨단화되거나 건설 분야별로 전문화를 거듭하고 있음.
 - GPS와 센서 등을 활용해 장비의 위치, 가동 시간, 이동 상황, 생산성 등을 실시간으로 측정하는 등 IT 기술과 현장관리 기술 간의 융합이 가속화되고 있음.
 - 일본 후쿠시마원전 복구 현장에서는 600톤급의 무인 크레인을 5cm의 오차 범위에서 원격으로 조정
 - 현장 상황을 3차원 데이터로 입력 3D 프린터로 모형을 만들어 구조해석을 통한 적절한 작업 순서 결정
 - 첨단 건설기계들은 가상 현실(virtual reality)과 햅틱(HAPTIC) 기술을 이용해 현장에서 발생 가능한 시뮬레이션 상황을 통해 숙달할 수 있도록 개발되기도 함.

- 외국의 건설업체들은 특정 분야에 대한 경쟁력을 높이기 위해 건설장비의 개량 등을 통한 새로운 공법 개발에 많은 노력을 하고 있음.
- 일본의 시미즈건설(清水建設)의 경우, 다양한 종류의 지하 굴착용 쉴드머신(Shield TBM machine)을 개량하여 지하 대심도 토목공사에서 경쟁력을 높이고 있음.
 - 쉴드머신에서 통상적으로 사용하는 커터를 사용하지 않고, 굴삭 부분을 다수의 소규모 단면으로 분할하여 에어백으로 지반을 지지하면서 순차적으로 굴진하는 Aero shield를 개발
 - 연약지반에서 지반 침하를 최소화하고, 커터의 횡축 배치 및 범용 부품 사용으로 공사비를 절감할 수 있는 직사각형 단면의 Paddle shield를 개발해 혁신적 토목 기계로 주목받음.
 - 쉴드의 커터 헤드가 본체와 분절되어 자유롭게 움직이는 F-NAVI shield 공법(Front Navigation Shield Method)을 개발해 1일 평균 20m 이상의 고속 굴진 실현¹⁹⁾

<그림 3> 일본 건설회사의 쉴드머신 개량 사례



출처 : 清水建設 홈페이지(<http://www.shimz.co.jp/>).

19) 선진국은 대체로 1일 10m, 우리나라는 5m의 굴진 속도를 보이는 것으로 파악되고 있음.

- 일본 오키나와에 소재한 중소 건설업체(極東建設)의 경우, 수중 작업이 가능한 Back Hoe를 자체 개량하여 사용한 것이 혁신적인 토목 장비로 소개되기도 함.²⁰⁾
 - 이 회사는 항만 토목공사 관련 기계설비의 강화, 현대화 및 특수기계의 개발을 통해 경쟁력을 높이려는 전략을 채택
 - 건설기계 제작 업체로부터 구입한 백호 11대를 해체하여 전동유압 방식으로 바꾸고, 수밀 가공 및 부식 방지 처리를 하여 항만 기초공사, 수중 암반 파쇄 작업 등에 이용
 - 잠수사의 부족과 고령화 및 기상 상태에 따른 제약 조건 개선 등의 필요성을 인식하여 1990년대 중반부터 기계 개량에 착수
 - 일반적으로 건설기계는 장비 임대업체로부터 렌트하여 사용하는데 이럴 경우, 자사만의 노하우를 충분히 살리기 어렵고 가격 경쟁에만 의존하는 결과를 초래하기 때문에 장비를 직접 개량했다고 함.

<그림 4> 일본 중소 업체가 자체 개량한 수중 Back Hoe



자료 : 極東建設 홈페이지(<http://www.kyokuto-k.co.jp/>).

- 건설기계의 발전은 기본적으로 전문 제조업체가 담당해야 할 영역이지만, 일본의 중소 건설업체 사례에서 보듯이 건설업체의 적극적인 문제 해결 노력도 중요한 것으로 보임.

□ 최근의 기술 혁신 동향

- 다양한 전문 분야에서 여러 생산 주체들이 참여하는 세계 건설시장에서는 기술적 진보가 광범위하고 빠르게 진행되는 추세에 있음.

20) 日経コンストラクション, 土木を支えるすごい機械50, 2013. 4. 22.

- IT 분야의 기술 발전을 이용한 BIM²¹⁾, 지구 온난화 등에 따른 에너지 이용 관련 기술의 빠른 발전을 비롯해 노동력 부족을 해결하기 위한 모듈공법 등의 생산 방식 변화 등 기술 진보가 점차 가속화되고 있음.
- 특히 건축 분야의 경우, MIT Media Lab 등에서는 공장 생산에 의한 모듈공법의 확산, 생명공학 등을 응용한 생태 건축, 거푸집을 사용하지 않는 3D Printing 공법(Contour crafting 공법), 첨단 센서 등으로 보안 및 에너지 효율을 획기적으로 높이는 미래형 스마트홈 등 다양한 혁신적 시도를 모색하고 있음.²²⁾
- 최근 건설 분야에서 추진되고 있는 혁신적 개발 사례 일부를 소개하면 다음과 같음.
 - 미국의 건축 전문 벤처업체인 ProjectFrog는 온실가스 85% 저감, 공사비 25% 절감을 실현하여 영국의 *Guardian*지가 선정한, 에너지 효율을 획기적으로 높인 세계 100대 기업(Cleantech 100)에 들기도 함.²³⁾
 - 2011년 허난성 창사시에서 지진 규모 9에도 견딜 수 있는 30층짜리 호텔을 15일에 건설해 주목을 받았던, 중국의 Broad Sustainable Building(遠大集團)사는²⁴⁾ 220층짜리 초고층 빌딩을 2013년 여름에 착공하여 7개월 후에 완공할 계획²⁵⁾
 - 미국 매사추세츠주에서는 종전 공법으로는 2년이 소요될 것으로 예상한 교량 건설을 첨단 공법(ABC : Accelerated Bridge Construction)으로 3일 만에 완료²⁶⁾
 - 독일의 Sika건설은 프라이부르크 지역에 철근 대신 FRP 섬유로 보강한 길이 27m의 교량을 프리캐스트공법으로 제작하여 하루 만에 설치 완료했는데, 부식 방지로 교량 수명은 50년 이상으로 획기적으로 연장될 것으로 기대²⁷⁾
 - 일본의 헤이세이건설(平成建設)은 설계부터 모든 공정을 100% 자사에서 소화하는 철저한 일관 시공(内製化)으로 품질 향상과 비용 절감을 동시에 실현하는 새로운 비즈니스 모델을 성공시켜 주목받고 있음.²⁸⁾

21) 시설물의 전체 생애주기 동안 정보를 통합 관리하기 위해 개발된 BIM은 주로 3D 기반의 CAD 설계 도구나 형상 정보를 이용한 간접 체크 등 단계적으로 이용되고 있음. 미국 조달청은 2006년 말부터 자신이 발주하는 모든 프로젝트의 설계도서는 BIM 표준을 따르도록 하여 확산을 유도하고 있음. 김우영 외, 건설회사의 BIM 활용 실태 조사 및 시사점, 한국건설산업연구원, 2012.

22) MIT Media Lab의 'Changing Places' 프로젝트 등 참조.

23) The Guardian, 2011. 10. 18.

24) Time, 2012. 1. 12.

25) 건설경제신문, 838m 세계 최고층 '스카이스티' 다음 달 착공, 2013. 5. 22.

26) NewYork Times, 2012. 4. 17.

27) Plastics Europe, Europe's first plastic bridge is open, 2008.

28) 아키토모 히사오, 송소영 번역, 사표로 내지 않는 회사 - 헤이세이건설, 서돌, 2012.

- 창업 7년 만에 건설 분야 CAE(Computer Aided Engineering)에서 세계 시장 점유율 1위를 차지한, 한국의 대표적 글로벌 강소 기업 마이다스아이티²⁹⁾
- 그 외도 다양한 건설 분야에서 혁신이 이루어지고 있지만, 최근 세계 건설시장에서 이루어지고 있는 주요한 기술 혁신을 다음과 같이 정리할 수 있음.
- 건설 분야에서 진행되는 대부분의 이노베이션은 정보통신 및 에너지 등 타 산업 분야의 기술 혁신을 적극적으로 활용하는 융·복합 기술이 큰 비중을 차지함.

<표 6> 건설산업 분야 주요 이노베이션 이슈

분야	추진 요인	시장 특성	추가 혁신 사항
온실가스 저감 에너지 이용 효율 제고	- 지속 가능 성장에 대한 사회적 요구 - 에너지 효율 기준 강화 - 건설기업 이미지 개선	- 선진국 주도 시장 - 스마트 신도시 등 메가 프로젝트 - 사업 경험 빠르게 확산	- 조속한 경제성 개선 - 신기술·신소재 개발
기존 건물 리모델링	- 지속 가능 성장에 대한 사회적 요구 - 인구 구조 변화 - 에너지 절약 잠재력 최고	- 막대한 투자 규모 - 중소기업 비교 우위 - 틈새시장 전략 - 지역시장 특성 - 베타업 기업 등장	- 새로운 형태의 금융 조달 - 적정 공법 개발 필요 - 이주하지 않고 시공 필요 - 거주자 및 근로자들과 긴밀한 의사소통
스마트 홈	- ICT 분야의 기술 진보 (건설 기술과는 다소 거리)	- 대기업 중심으로 전기 전자 분야에 대규모 투자 - 생활 지원 기술과 그린 스마트 기술이 중심	- 기술적 적용 가능성은 거의 마무리된 상태
설계 및 의사결정 시스템	- 최종 사용자의 설계 및 시공 수준 결정에 참여 요구 - 향후 가변성 등의 확보	- 구미 선진국 주도 - 국내 IT 경쟁력 비교우위	- 참여 주체들의 상생 협력 - 오픈 이노베이션 - 데이터 보안 문제
새로운 비즈니스 모델	- IT 기술 획기적 발전 - 공장 생산 공법 발전	- 대기업 주도 시장 - 타 산업에서 응용 가능	- 가치 창출 목적에 따라 비즈니스 모델은 차별화 - 수익성의 확보
공장 생산 방식	- 현장 생산에 비해 고품질 - 공기 단축 및 공기 준수 - BIM 생산 방식 적용	- 구미 및 일본 주도 - 표준화 노력 필요	- 제품 표준화 - 모듈간 연계성 - 플러그 인 사용 - 냉난방 시스템

자료 : 권오현, 창조경제 구현을 위한 중소 건설업 지원 방안 연구, 한국건설산업연구원, 2013.

29) 류광도, 우리가 꿈꾸는 회사, 쌤앤파커스, 2012 ; 한국일보, 2013. 4. 9.

4. 이노베이션 추진 실태 및 장애 요인

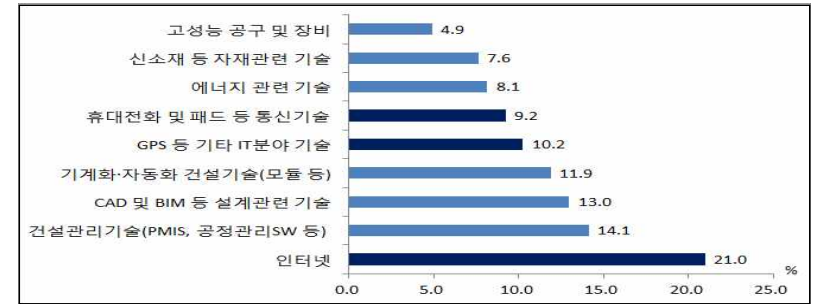
1) 혁신 실태

□ 최근 10년 간 혁신

- 설문조사 결과, 지난 10년 동안 건설산업 전반에 가장 큰 영향을 미친 기술적 혁신은 인터넷 등 정보·통신 분야의 기술 진보인 것으로 조사됨.
 - 전체 응답의 21.0%가 인터넷이 건설산업의 기술 혁신에 가장 큰 영향을 미친 것으로 조사되어 월등히 높은 응답률을 보임.
 - 인터넷은 현장과 본사 간의 정보 전달뿐만 아니라 협력업체, 해외 지사 등과 실시간 커뮤니케이션을 가능케 하고 구매·조달 업무 등에도 직접적인 영향을 미치는 등 사업 추진 전 과정에 걸쳐 광범위한 영향을 미치고 있음.
 - 정보통신과 관련하여 GSP 등 IT 분야의 기술 진보 및 휴대전화·태블릿PC 등의 등장이 건설산업에 큰 영향을 미쳤다는 응답은 각각 10.2% 및 9.2%로 나타나, 광의의 정보통신 관련 기술 발전을 지목한 응답이 전체의 40.4%로 나타나 압도적임.
 - 두 번째로 높은 응답을 보인 것은 PMIS 등 건설관리 기술(14.1%)이고, 다음으로 CAD, BIM³⁰⁾ 등 설계 관련 기술의 발전이 건설산업에 큰 영향을 미친 것으로 조사되었음.
 - 시공 기술과 관련해서는 프리패브 시공 등 기계화·모듈화·자동화 관련 공법의 확산을 지적한 응답이 11.9%로 4위를 기록
 - 하지만 외국의 선형 연구에서는 건설산업의 생산성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 자재나 공구·장비에 대해 그 영향이 컸다는 응답은 10% 미만인데, 이는 생산 활동에 직접 참여하는 비중이 낮은 종합건설업의 업무 특성을 반영한 것으로 해석됨.
- 기업 규모에 따라 건설산업에 큰 영향을 미친 기술 혁신에 다소 상이한 인식을 하는 것으로 조사되었음.
 - 대기업에서는 'CAD 및 BIM 등 설계 관련 기술'이 20.8%로 가장 높은 응답률을 보였고, 그 다음으로 '기계화·자동화 건설 기술' 및 '에너지 관련 기술'이 각각 16.7%로 공동 2위를 기록하여 차이를 보임.
 - 중소기업에서는 인터넷 발전이 가장 큰 영향을 미쳤다는 응답이 22.2%로 가장 높았음.

30) 2012년부터 조달청은 500억원 이상의 공공 발주 공사에 적용을 의무화하여 제도적으로 이용을 확산시키고 있음.

<그림 5> 지난 10년 간 건설산업 전반에 가장 큰 영향을 미친 기술 혁신



- 본 설문조사 결과로부터 유추할 수 있는 것은 대부분의 건설업체들이 기술 혁신을 프로젝트 관리 등과 관련된 소프트한 내용 위주로 인식하고 있다는 사실임.
 - 전술한 바와 같이 장비 및 자재가 혁신에서 중요한 비중을 차지하고 있다는 외국에서의 조사 결과와 크게 다른 것은 조사 방법의 차이에서 기인하는 측면도 있지만, 국내 일반건설업체의 관점을 반영한 것으로 해석되기도 함.

□ 혁신 속도

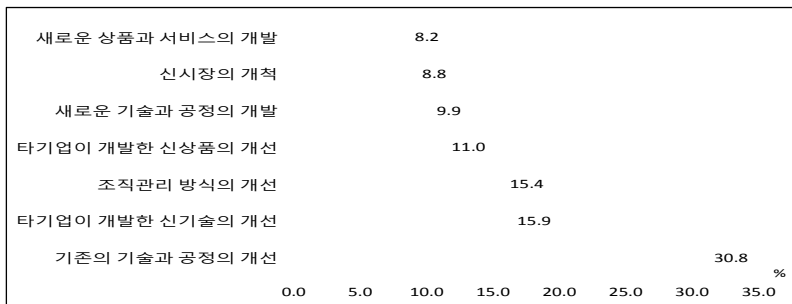
- 건설산업에서 진행되는 전반적인 혁신 속도는 제조업 등 다른 산업과 비교하여 다소 느리다는 의견이 50.0%로서 지배적임.
 - 빠르다는 의견은 14.9%인 데 반해 다소 느리다는 응답이 50.0%, 매우 느리다는 응답은 13.8%로서, 전체의 63.8%가 건설산업의 혁신 속도가 상대적으로 느리다고 평가
- 이처럼 건설산업의 기술 혁신이 상대적으로 부진한 것은 궁극적으로는 개별 기업 차원의 소극적인 태도에 기인하는 것으로 풀이할 수 있음.
 - 조사 대상 기업의 39.1%는 혁신 활동을 사실상 지원하지 못하고 있는 실정이며, 46.7%는 지원을 하더라도 소극적인 지원에 그친다고 응답하여, 거의 대부분에 해당 하는 85.8%의 기업이 혁신 활동 지원에 소극적인 것으로 조사됨.
 - 중소기업이 대기업에 비해 더욱 소극적인 것으로 나타나지만, 큰 차이는 없음.
 - 혁신 활동의 결과에 대해서도 대체로 부정적 평가를 보이지만, 대기업의 25.0%는 비교적 만족할 만한 긍정적 성과를 거둔다고 하여 5.0%에 그친 중소기업과 차이가 남.

- 현재 건설산업은 소극적인 혁신 활동과 부정적인 성과 평가가 서로 피드백 관계를 맺으면서 혁신의 지체를 구조화하는 것으로 해석됨.

□ 혁신 내용

- 혁신 활동의 내용은 그동안 존재하지 않던 새로운 상품이나 서비스의 개발보다는 기존 기술과 공정의 개선에 초점을 맞추어 진행되고 있는 것으로 조사됨.
 - 기존에 적용되던 기술이나 공정을 개선하는 것을 중심으로 혁신 활동을 추진한다는 응답이 30.8%로 월등히 높았음.
 - 다른 기업에 의해 개발된 새로운 기술이나 공정을 기초로 부분적인 개선을 도모하는 것이 15.9%로 두 번째로 높은 비중을 차지했고, 타 기업이 개발한 새로운 상품을 개선하는 것은 11.0%로, 결국 경쟁 업체들에 대한 모니터링 및 벤치마킹이 매우 중요한 것으로 나타남.
 - 그동안 존재하지 않던 새로운 공법이나 상품의 개발은 10% 이하로 상대적으로 희소한 것으로 조사됨.
- 기술 적용 범위가 넓고, 프로젝트별로 생산 활동이 전개되는 건설산업은 첨단 과학 기술에 기초한 혁신보다는 다른 산업이나 기업이 개발한 기술의 응용 등 점진적인 개선을 중심으로 하는 소위 ‘숨겨진 혁신(hidden innovation)’이 큰 비중을 차지하고 있음.³¹⁾
 - 건설산업 등 숨겨진 혁신의 비중이 큰 산업에서는 혁신 활동이 공식적 R&D 투자에서 파악되지 않는 경우가 많아 실제보다 과소평가되는 경향이 있음.

<그림 6> 주된 혁신 활동의 내용

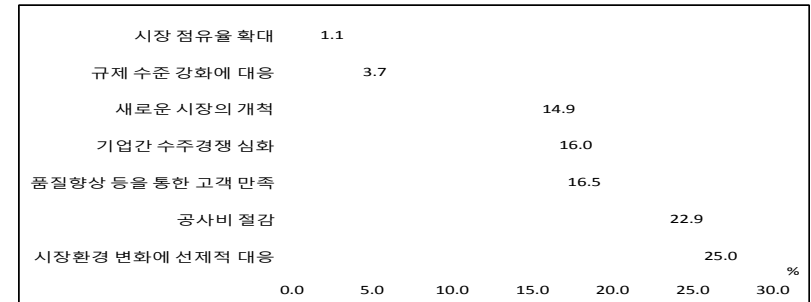


31) Barrett, P. et al., Hidden innovation in the construction and property sectors, UK RICS, 2007 등.

□ 혁신 추진 동기

- 건설업체들이 혁신 활동을 추진하는 주된 동기는 급변하는 시장 환경 변화에 선제적으로 대응하기 위해서라는 응답이 25.0%으로 가장 큰 비중을 차지
 - 최근 정보통신 기술의 비약적인 발전과 이에 대한 응용이 중요한 이슈로 대두되고 있고, 지구 온난화 등의 문제로 온실가스 배출 저감 및 에너지 이용 효율 제고가 요구되는 상황에서 기업의 생존과 사회적 책임을 위해서 새로운 해법을 모색하는 것이 절실하기 때문임.
 - 혁신적 공법 개발 등을 통한 공사비 절감을 위한 목적이라는 응답이 22.9%로 2위 차지
 - 3위는 품질 향상을 통하여 고객(발주자)에게 보다 큰 만족을 주기 위해서라는 응답 (16.5%)이 차지함.
 - 그 밖에 기업간에 경쟁이 심화되는 상황에서 수주 확보를 위한 전략에서 필요하다는 의견이 16.0%, 새로운 시장을 개척하기 위한 목적이라는 응답이 14.9%로 나타남.

<그림 7> 혁신 추진 동기

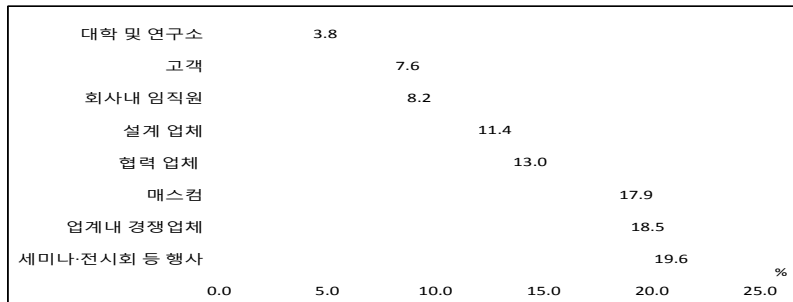


□ 혁신 관련 정보의 입수

- 혁신 활동과 관련된 정보나 아이디어는 주로 세미나·전시회 등의 행사 등을 통해 얻거나 업계 내의 경쟁 업체로부터 입수하는 것으로 조사됨.
 - 각종 세미나 또는 전시회 등의 행사를 통해 혁신 활동과 관련된 정보나 아이디어를 얻고 있다고 응답한 업체는 19.6%로 가장 높은 비중을 차지했는데, 중소기업보다는 대기업이 보다 적극적인 것으로 조사됨.

- 업계의 경쟁 업체로부터 정보를 입수하고 있다는 응답도 18.5%로 상당히 높게 나타났는데, 이는 업계 선도 업체들의 새로운 상품 개발이나 기술 개선 동향을 적극적으로 모니터링하고 모방하고 있는 것으로 해석됨.
- 매스컴 보도를 통해 정보 및 아이디어를 얻는다는 응답이 17.9%로 3위였고, 협력업체 및 설계업체로부터 입수한다는 응답률도 각각 13.0%, 11.4%에 달함.
- 회사 내 임직원으로부터 정보나 아이디어를 얻는다는 비중은 8.2%에 불과하여, 우리나라 건설업체들의 혁신 활동이 체계적으로 이루어지지 못하고 있음을 시사
 - 또한, 고객이 제기하는 불만이나 의견 등으로부터 혁신의 아이디어를 얻는 것도 매우 부진한 것으로 나타남.
- 컨설팅 전문업체인 PWC사가 호주에서 실시한 건설산업 혁신 관련 설문 조사³²⁾에서는 고객으로부터 혁신 관련 중요 정보나 아이디어를 얻는 업체가 약 70%에 이를 정도로 큰 비중을 차지하며, 다음으로 경쟁 업체, 컨설턴트 등의 순으로 조사 결과가 나와 다소 차이가 있음을 보여줌.
 - 한편, 2006년 미국에서 주택건설업체를 대상으로 실시한 조사³³⁾에서는 경쟁 업체 및 하도급 업체, 자재 메이커가 가장 중요한 3대 정보원이며, 매스컴이나 대학 등에 대한 의존도는 낮은 것으로 조사됨.
 - 다만, 어느 조사에서나 경쟁 업체가 매우 중요한 정보 입수의 대상이 되고 있다는 점은 공통적임.

<그림 8> 혁신의 아이디어 및 정보 원천



32) PricewaterhouseCoopers, Innovation in the Australian Building and Construction Industry-Survey Report, 2002.

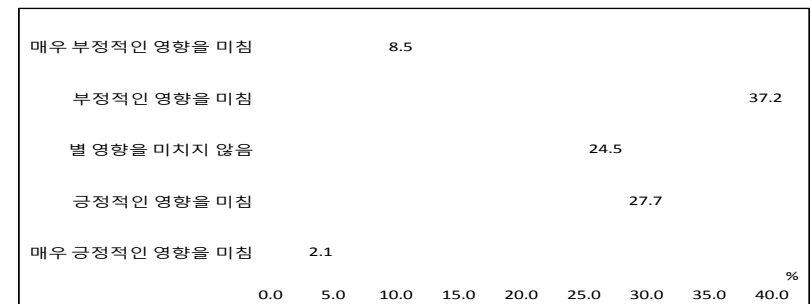
33) HUD, Characteristics of Innovative Production Home Builders, 2006.

2) 혁신 장애 요인

□ 건설 생산 조직

- 일반적으로 건설산업은 주문에 의한 옥외 단품 생산이라는 특성을 갖고 있어 기술 혁신이 제조업 등 타 산업에 비해 늦은 것으로 파악되고 있음.³⁴⁾
 - Lean 생산 등 프로젝트 관리 기술 측면에서 제조업과 유사한 효율적 생산 방식을 모색하기도 하지만, 날씨나 지리적 조건 등 자연적 요인에 의한 불확실성 및 중층 하도급 생산 구조 등으로 혁신에 장애 요인이 다수 존재하는 것으로 알려지고 있음.
- 프로젝트 단위로 일시적인 생산 조직을 구성하고, 완공 후에는 해체되는 건설업의 산업적 특성은 혁신 활동에 상당히 부정적인 영향을 미치는 것으로 조사됨.
 - 조사 대상 업체의 절반에 가까운 45.7%는 프로젝트별로 구성된 일시적인 생산 조직을 중심으로 생산 활동이 이루어지는 것이 혁신에 부정적인 영향을 미친다고 응답
 - 반면, 하나의 프로젝트에 전문 분야별로 여러 기업이 협업에 참여하는 과정에서 시장 및 기술 동향에 대한 다양한 정보 교류가 이루어져 오히려 긍정적인 효과가 있다는 응답도 29.8%로 비교적 높았음.

<그림 9> 건설 생산 조직의 일시성이 혁신에 미치는 영향



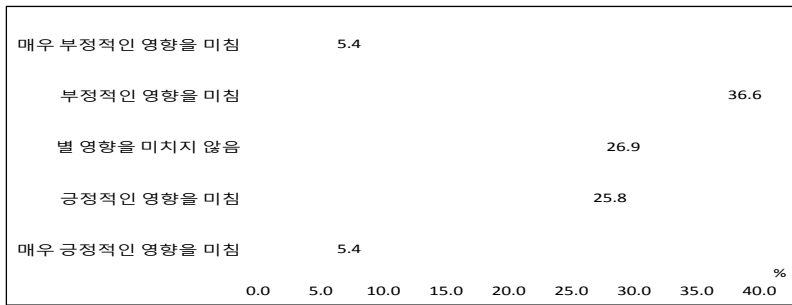
□ 수주 생산 방식

- 건설산업은 수주를 전제로 한 주문 생산을 중심으로 생산이 이루어지는 특성이 있는데,

34) Koskela, L. and Vrijeheoh, R., The Prevalent Theory of Construction is Hindrance for Innovation, Proceeding the 8th Annual Conference for International Group for Lean Construction, 2000.

- 건설산업의 이러한 주문생산 방식 역시 혁신을 지체시키는 요인으로 작용
- 발주자의 요구에 의해 생산이 이루어지는 수주 산업의 특성이 혁신에 부정적 영향을 미친다는 견해는 42.0%로 우세하게 나타남.
 - 수주 생산은 건설업체가 혁신적인 공법 등을 개발하더라도 이것을 발주자가 요구하지 않으면 사장될 수밖에 없어, 혁신 활동에 대한 리스크가 커지게 됨.
 - 반면, 공공 발주 공사 등에서 고도의 기술 수준을 요구하거나 높은 효율성을 요구할 경우, 발주자에 의해 주도되는 수요 견인(demand-driven) 혁신이 일어날 수도 있는데, 31.2%는 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 응답
 - 일반적으로 건설산업에서는 주인-대리인 문제 등으로 기획·설계 단계에서 최종 수요자의 선호가 반영되기 어렵기 때문에, 수요자에 의해 유도되는 혁신은 활발하지 않은 것으로 평가되고 있음.

<그림 10> 수주 생산 방식이 혁신에 미치는 영향

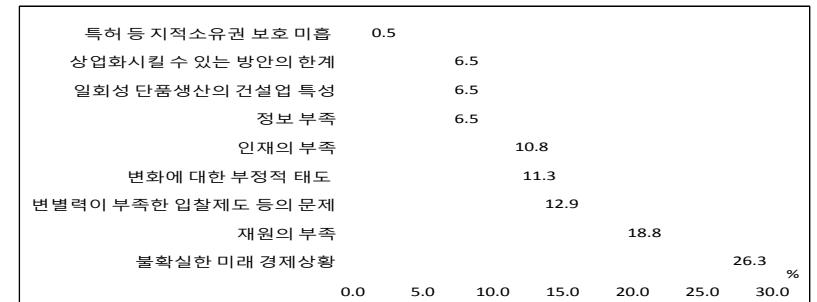


□ 기타 요인

- 건설업체들이 기업 차원에서 직면하고 있는 혁신을 저해하는 요인은 다양한데, 그 중에서 가장 큰 장애 요인은 불확실한 미래 경제 상황인 것으로 조사됨.
 - 건설업체들은 자사의 입장에서 볼 때 혁신을 가로막는 가장 큰 요인으로 ‘불확실한 미래 경제 상황’을 꼽았는데 응답률이 26.3%를 기록함.
 - 고령화 등 인구 구조의 급변, 세계경제의 글로벌화에 따른 경기 변동 폭 확대, NGO 등의 역할 증대 등으로 미래 불확실성이 증가하는 상황에서 리스크 회피적 선택이 유리할 수 있음.

- 오랜 건설경기 침체로 기업들의 재무 상황이 좋지 않아 혁신 활동에 소요되는 재원 마련이 핵심적인 장애 요인이라는 응답도 18.8%로 비교적 많음.
- 변별력이 미흡한 공공 발주 입찰제도가 가장 큰 저해 요인이라는 응답은 3위를 기록
- 기업 내부에 변화를 기피하려는 경향도 있어 혁신을 저해한다는 응답이 11.3%로 나타났다는데, 예상과 달리 중소기업보다 대기업에서 훨씬 높은 응답률(25.0%)을 보임.

<그림 11> 개별 기업 차원에서 느끼는 혁신 장애 요인



- 이 밖에 건설산업의 혁신을 저해하는 요인은 다양하지만, 여러 선행 연구에 의하면 건설산업의 혁신을 지체하는 주요 요인은 산업적 요인 및 시장적 요인, 제도적 요인 등으로 구분해볼 수 있음.³⁵⁾
 - 건설 시설물은 내용 연수가 매우 장기인 내구재이므로, 공법이나 자재는 안정성이 검증된 것을 선호하는 보수적 경향이 강하며, 모험적 시도는 채택되기 어려움.
 - 공공의 안전 등을 위해 건설 시설물의 사양 등 세부적 사항에 대해 정부가 구체적인 기준을 제도적으로 요구하는 경우가 많아 자유로운 선택에 제약이 있음.
 - 건설 현장은 체계적인 직업 훈련을 받지 못하거나, 전출입이 잦은 비공식 부문의 일용 근로자의 비중이 높은 경우가 많음.
 - 건설 시설물의 최종 사용자는 의사결정 과정에 자신의 선호를 반영할 기회가 거의 없고, 생산자 및 발주자 관점만 반영되기 쉬워 혁신에 대한 유인이 적음.

35) Koskela, L. and Vrijheeh, R., op. cit., 및 Hong, Sung Woong, Innovation in Construction-Hindrances and Opportunities, 2007 및 Loikkanen, T. and Hyvöonen, J., Sectoral Innovation Performance in the Construction Sector, Europe INNOVA initiative, 2011 등 참조.

· 공공 발주 공사의 경우, 설계·시공 분리 발주가 일반적이는데 설계에 시공 관련 노하우나 아이디어를 반영할 수 없고 주어진 설계 내용에 수동적으로 따라야 함.

- 이상에서 살펴본 바와 같이 건설산업의 기술 혁신을 지연시키는 주요 요인을 정리하면 다음과 같음.

<표 7> 건설산업의 혁신 지체 주요 요인

요인	내용	
산업 요인	일시적 생산 조직	건설 프로젝트는 일시적으로 구성된 생산 조직에 의해 수행되며, 완공 후 해체되기 때문에 지식과 정보의 체계적 축적을 어렵게 함.
	단품 주문생산	동일한 생산 방식이 계속 반복되기 어렵고, 생산 과정에서 획득한 노하우가 사장되기 쉬움.
	시설의 내구성	공법이나 자재는 안정성이 검증된 것을 선호하는 보수적 경향이 강하며, 모험적 시도는 채택되기 어려움.
	영세 중소기업 중심	규모의 경제 등을 통한 효율성 제고 등의 한계가 있으며, 변화를 주도하기보다는 시장 상황을 수동적으로 받아들이는 입장임.
	ICT 적용 한계	건설 생산 활동의 특성상 최근 생산성 제고에 가장 큰 영향을 미치는 ICT 분야의 기술 진보를 적용하는데 타 산업에 비해 한계가 많음.
제도 요인	설계·시공 분리 발주	공공공사는 설계·시공 분리 발주가 일반적이며 설계에 시공 관련 노하우나 아이디어를 반영하기 어렵고 주어진 설계 내용을 피동적으로 수용
	경직적 발주제도	발주 과정의 투명성을 위해 최저가격낙찰제 등 경직적인 낙찰 조건을 요구하는 경우가 많아, 장기적으로 바람직한 공법 및 자재 발전 등을 제한
	시설 기준 의무화	시설물의 사양 등에 대해 정부가 구체적인 기준을 마련해 의무적으로 준수하도록 하는 경우가 많아 자재나 공법 선택에 제약이 있음.
시장 요인	혁신의 외부 효과	R&D 투자 소요는 크지만 외부 생산에 대한 의존도가 높은 상황에서 연구 개발 내용이 외부로 유출될 가능성이 크므로 무임승차가 유리할 수 있음.
	건설경기 변동	건설시장과 거시경제는 동조화되는 경향이 있어, 건설경기 침체기에는 혁신 활동이 보상받기 어렵고, 호황기에는 초과 수요로 혁신 유인이 감소
	미래의 불확실성	인구 구조 급변, 글로벌화로 인한 경기 변동폭 확대, NGO 등의 역할 증대 등으로 미래 불확실성이 증가하는 상황에서 리스크 회피적 선택 유리
	기능 인력	체계적 직업 훈련을 받지 못하거나, 전출임이 잦은 비공식 부문의 일용 근로자의 비중이 높은 경우가 많아 지식과 정보 축적에 애로 발생
	사용자 선호 반영 미흡	최종 사용자는 의사결정 과정에 자신의 선호를 반영할 기회가 적고, 생산자 및 발주자의 관점이 주로 반영되기 쉬워 혁신에 대한 유인이 적음.

3) 향후 전망

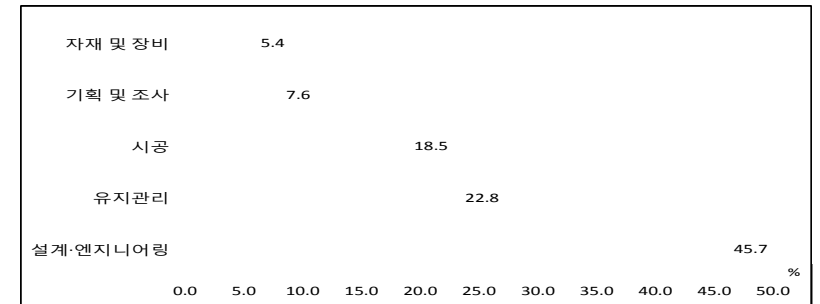
□ 혁신 잠재력이 큰 건설 단계

- 건설업체들은 향후 건설 생산 라이프사이클 단계 중에서 설계·엔지니어링 분야가 혁신 잠재력이 가장 클 것으로 기대하고 있음.

· 전체 응답 업체의 45.7%가 설계·엔지니어링 분야가 혁신 잠재력이 가장 클 것이라고 하여 월등히 높은 응답률을 보임.

- 현재 설계·엔지니어링 경쟁력은 상대적으로 취약하지만, 비교우위가 있는 첨단 정보통신 기술을 기반으로 BIM 등을 이용한 다양한 시뮬레이션 작업 또는 동시 병행 설계(concurrent engineering) 기술³⁶⁾ 등이 부각되면서 설계·엔지니어링 분야를 중심으로 개선 잠재력이 커질 전망이다³⁷⁾
- 그 밖에 유지관리(22.8%), 시공(18.5%) 등의 순으로 조사되었으며, 기획·조사 또는 자재·장비 분야는 예상 외로 저조한 5~7%대 수준에 그침.
- 유지관리 분야는 최근 리모델링 등에 대한 사회적 관심이 높아지면서 제도 개선이 활발하고, 기술적 노하우의 축적 및 비즈니스 모델 측면에서도 큰 발전이 있기 때문으로 보임.

<그림 12> 향후 혁신 잠재력이 큰 건설 분야



□ 혁신 잠재력이 큰 기술 분야

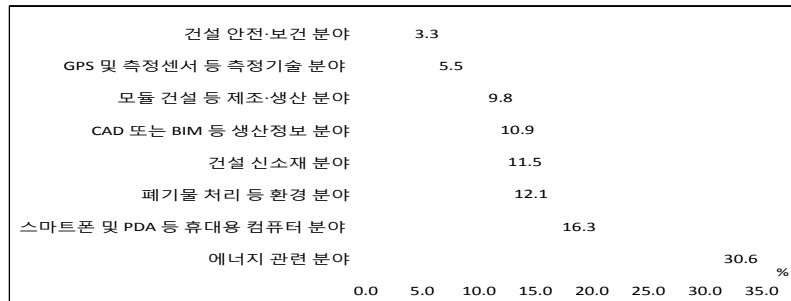
- 향후 각광을 받을 것으로 예상되는 유망한 혁신 분야는 에너지 관련 분야라는 응답이 30.6%로 두각을 나타냄.

- 지구 온난화를 방지하기 위한 온실가스 저감 및 에너지의 효율적 사용은 가장 중요한 세계적 이슈의 하나로서, 전체 에너지 사용의 40%가 건설 시설물 내에서 이루어지는 상황에서 정책적·기술적 노력이 집중될 것으로 예상되고 있음.
- 에너지 이용과 관련하여 시설물의 에너지 효율을 높여 온실가스 발생을 줄이는 방안(passive strategy)과 신재생 에너지를 개발하여 화석연료를 대체하는 방안(active

36) 시설물의 설계에서 시공에 이르기까지 각 과정의 설계와 시공을 동시에 수행함으로써 리드타임을 획기적으로 단축시키는 기법
37) 최석인 외, 2020 한국 건설산업의 주요 이슈 및 트렌드 예측, 한국건설산업연구원, 2011

- strategy)이 동시에 추진됨에 따라 정책적으로 유도되는 혁신이 활발할 것으로 기대
- 건설 시설물의 에너지 효율을 높여 온실가스 발생을 줄이는 방안은 신축 시설뿐만 아니라 기존 시설의 성능 개선 등도 포함되어 파급 효과가 클 것으로 예상
 - 전술한 바와 같이 그동안의 기술 혁신은 인터넷 등을 중심으로 한 정보통신 관련 분야가 압도적이었으나, 향후에는 에너지 관련 분야가 급부상할 것이라는 점이 주목됨.
- 정보통신 관련 분야는 여전히 기술 혁신의 중요한 축을 이룰 것으로 예상됨.
- 기술 혁신이 유망한 정보통신 분야로는 스마트폰 등 휴대용 컴퓨터의 비약적인 발전과 관련된 분야라는 응답이 16.3%로 2위를 차지
 - 그 밖에 CAD 및 BIM 등 생산 정보 분야(10.9%)를 비롯해 GPS 및 각종 센서 등을 이용한 측정 기술 분야(5.5%) 등도 정보통신 관련 유망 혁신 분야로 주목됨.
 - 여러 정보통신 관련 분야를 모두 포괄할 경우 응답 비중은 32.7%로 에너지 관련 분야와 거의 유사한 것으로 조사됨.

<그림 13> 향후 혁신 잠재력이 큰 기술 분야



5. 이노베이션 활성화 방안

□ 기업 R&D 활동 지원

- 건설업체들은 산업 차원에서 혁신 활동을 활성화시키기 위해서는 기업들의 R&D 활동에 대한 적극적인 지원이 가장 중요하다고 인식하고 있음.
 - 혁신 활동에는 장기간 많은 자원이 투입되지만, 개발 정보의 유출 가능성이 높고, 개발된 상품이나 서비스는 경쟁 업체에 의해 쉽사리 모방되기 쉬워 개발 기업 입장에서는 무임승차하는 것이 매력적일 수 있음.³⁸⁾
 - 하지만 산업 차원에서는 효율적인 공법이나 부가가치가 높은 상품을 여러 기업에 확산시키는 것이 사회적으로 바람직할 수 있음.
 - 혁신의 사회적 편익은 사적 편익보다 훨씬 크기 때문³⁹⁾에 정부는 이에 대해 재정 지원을 비롯하여 정보 지원, 시설 지원 등을 적극적으로 하는 것이 필요
- 외형적으로는 정부의 건설 관련 R&D 투자 지출이 적은 것은 아니지만, 기술 개발에 효과적으로 기여하지는 못한 것으로 판단됨.
 - 우리나라는 GDP 대비 R&D 투자 규모가 세계 최고 수준이지만, R&D 투자의 효율성은 상당히 낮다는 지적을 받고 있음.⁴⁰⁾
 - 국토해양 R&D 투자는 2013년 6,380억원으로 연평균 6% 이상 빠르게 증가했으나, 산업의 기술 혁신과는 다소 거리가 있는 주제 연구 등 실효성이 낮다는 지적이 있음.
- 특히, 중소기업체에 대한 R&D 지원은 사실상 전무한 실정임.
 - 중소기업체에 대한 국토부의 지원 예산은 연간 90억원에 불과하여, 전체 정부 부처 지원의 0.2%에 불과한 실정임.
 - 국토해양 R&D 지원 중에서 13.4%를 중소기업에 지원하는 것으로 파악하고 있지만, 중소기업체의 R&D 사업에 실제 지원되는 것은 아님.
 - 중소기업청에서 실시하는 개발기술 사업화 지원 또는 신성장 기반 지원 등 주요 지원 사업의 경우, 중소기업체들이 지원 대상에서 배제되고 있음.⁴¹⁾

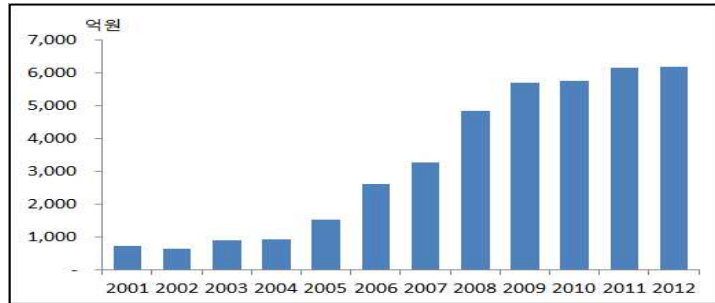
38) 통찰력 있는 기업이라면 혁신에 투자하지 않을 것이라는 부정적인 평가도 나올 정도임.

39) OECD권, 견제서, p.83.

40) 김동열 외, 한국의 잠재성장률 하락 추이와 원인 분석, 현대경제연구원, 2013.

41) 2013년도 중소기업청에서 실시하는 107개 지원 사업 가운데 중소기업체에 지원 가능한 사업은 4개에 불과한 실정임.

<그림 14> 국토부 R&D 예산 추이



자료 : 국가과학기술위원회, '정부·공공기관의 중소기업 기술혁신지원 2011년 실적 및 2012년 계획', 2012.

- 외부 효과 때문에 기술 혁신에 필요한 적정 R&D 투자를 개별 기업에 기대하기 어려운 상황에서 정부의 지원은 보다 적극적으로 이루어져야 함.
 - 특히, 중소 건설업체들에 대한 R&D 지원이 명목상의 지원으로 그칠 것이 아니라 중소기업들이 실제 필요로 하는 R&D 사업에 대하여 지원하는 것이 필요함.
 - 다만, 기업에 대한 지원은 특정 업체에 대한 중복 지원이 없어야 하고, 소요 자금의 일부를 지원함⁴²⁾으로써 과잉 투자를 방지해야 함.
 - 독자적으로 R&D 활동을 수행하기 어려운 기업이 다수인 점을 감안하여, 기업간 공동 연구, 산학 공동 연구를 활성화할 수 있도록 유도하는 것이 필요하며, 특히 계약 연구 조직(CRO)을 적극 활용하도록 인센티브를 주는 것이 사회적으로 바람직함.
 - 특히, 중소기업의 실정을 감안하여, 연구개발 전담 부서를 가진 경우에 한하여 조세 감면 등의 혜택을 부여하는 현행 제도는 개선이 필요함.

□ 혁신의 확산

- 건설업체들은 건설산업의 혁신을 위해서는 혁신 관련 정보의 제공과 공공부문에서 개발한 기술의 공유가 상당히 중요한 것으로 인식하고 있음.
- 산업 차원에서는 타 산업에서 이루어진 혁신적 내용을 과감히 융합·활용하고, 우수 기업에서 추진하고 있는 혁신 내용을 여러 기업에 확산시키는 것이 바람직함.
 - 건설산업은 현실적으로 기존 기술의 모방과 개선이 광범위하게 일어나고 있어 혁신 기술의 공유 및 확산을 유도하는 것이 중요

42) 논리적으로는 외부 효과의 크기에 해당하는 만큼 지원하는 것이 자원을 최적으로 배분케 할 것임.

- 전술한 바와 같이 건설업체들이 혁신 관련 중요 정보를 기업 외부의 경쟁 업체나 매스컴 등을 통해 얻고 있음을 고려할 때, 보다 체계적이고 신뢰할 수 있는 기술 및 시장 정보의 제공은 혁신의 활성화를 위한 선결 과제로 판단됨.
- 외국에서는 건설산업의 혁신을 위한 주요 전략의 일환으로 우수 기업의 Best practice 등에 대한 정보 제공을 적극적으로 추진
 - 예를 들어 영국의 Constructing Excellence는 건설산업의 혁신을 추진하기 위해 Best Practice의 발굴 및 보급, 기술 혁신과 관련된 각종 정보 제공 등 건설산업 혁신운동(M4I : Movement for Innovation)을 적극 수행
 - 시범 프로젝트(Demonstration Projects)를 통하여 건설 프로세스의 혁신과 관련된 사례 조사 및 연구 결과물의 생산 및 전파
 - 건설 프로젝트의 성과 측정 및 벤치마킹을 위한 KPI 등의 정보 자료 제공
 - 신기술 활용을 활성화하기 위한 교육 프로그램의 실시
- 한편, 대학이나 공공 연구기관에 대규모 예산을 지원하여 얻어진 신기술은 공공재적 성격을 띠는 것으로서 특별한 사정이 없는 한 기업에게 기술을 전수하는 것이 바람직함.
 - 공공 연구기관인 한국건설기술연구원은 보유 기술의 기업 이전과 연구 장비의 공동 활용 사업을 시행하고 있음.
 - 1990년 이후 현재까지 개발된 599개의 기술을 이전하고 있는데, 69.1%가 소프트웨어이고, 실용신안 16.5%, 디자인 10.5% 등이며, 특히 기술은 없는 상태로서 이전 대상 기술의 양과 질이 만족스러운 수준은 아님.
 - 참고로 2000년~2010년 기간 동안 우리나라 토목공학 분야의 특허 출원 건수는 6만 4565건이며, 한국건설기술연구원이 출원한 것은 657건인 것으로 파악됨.⁴³⁾
 - 공동 활용 연구 장비는 총 240종으로 소정의 사용료를 내면 이용할 수 있도록 함.
- 혁신의 확산을 위해서는 기업의 신기술 흡수 능력을 높여주는 것이 중요함.
 - 혁신 내용을 흡수하는 것은 일차적으로는 기업의 책임이지만, 정부가 이를 정책적으로 도와주는 것이 바람직함.
 - 외부에서 개발된 기술을 보다 쉽게 추적하고, 식별하고, 채택할 수 있도록 올바른 방향을 설정해주는 것이 필요하며, 중소기업에게 특히 중요함.
 - 이를 위해 관련 이슈에 대한 조사 연구 지원, 기업의 인력 훈련과 숙련 향상에 대한 보조

43) 특허청, 한국의 특허 동향(2000~2010), 2011, pp.148-150.

금 지급, 경영상·조직상 지출에 대한 보조금 지급 등의 정책 수단을 강구하는 것이 필요
 · OECD 보고서는 기업이 최신 장비 등을 구입할 경우, 비싼 가격이 신기술의 채택을 저해하지 않도록 조세 특례와 가속감가상각의 허용 등 조세·금융 제도상의 인센티브를 주는 방안을 제시⁴⁴⁾

□ 건설 관련 제도 개선

- 현재의 건설 관련 제도는 기업의 혁신 활동을 저해할 수 있는 요인이 다분한 것으로 보임.
 - 업역간, 지역간, 대중소 기업간 물량 배분식의 경쟁 제한적이고 제로섬식 직접 규제는 지대추구적 이해에 집착하게 하고, 기업가 정신에 입각한 창의적 노력을 어렵게 함.
- 중소기업 지원을 명분으로 하는 지역제한제도, 등급제한제도, 의무공동도급제도, 분리발주제도 등 과도한 경쟁 제한적인 규제들이 영세 업체의 과잉 진입을 유도하고, 산업의 경쟁력을 약화시키며, 미래 지향적인 혁신을 저해하는 기반을 형성하고 있음.
- 과도한 직접 개입이 건설산업 혁신에 미치는 가장 부정적인 영향은 기업이 정신을 훼손한다는 것임.
 - 제도적으로 안전하게 수주를 확보할 수 있다는 낙관적 기대는 기업의 혁신 노력을 약화시키고, 또한 혁신 활동을 적극 모색하는 기업에게는 보상을 감소시키는 부정적 영향을 미침.
- 중소기업에 대한 지원은 기계적 배분에 의존하는 것을 지양하고, 경쟁력을 제고시킬 수 있는 간접적인 지원 방식으로 전환하고, 정책일몰제 도입을 검토하는 것이 필요
 - 외국의 중소 건설업체 지원 제도는 주로 금융 지원, 경영 컨설팅 및 마케팅 지원, 정보화 사업 지원, 교육 훈련 등 간접적인 지원이 주류를 이루고 있음을 주목해야 함.
 - 중소기업이 장기간 정부 지원에 의존하여 자생력이 약화되는 폐단을 없애기 위해 명확한 목표를 설정하고 단계적으로 지원을 하는 정책일몰제를 도입하는 것이 필요
- 건설업체의 혁신 활동 결과를 실제 프로젝트에 적용시키기 위한 공공부문의 발주가 이루어지도록 노력해야 함.
 - 건설 생산은 발주자의 주문을 전제로 이루어지는 것이 일반적이기 때문에, 건설업체의 혁신은 발주로 이어져야 비로소 실현될 수 있음.

44) OECD편, 전게서, pp.88-89.

· 가격 경쟁에만 초점을 맞춘 최저가낙찰제 등을 경직적으로 고수한다면 건설산업의 혁신은 한계에 봉착할 것으로 판단됨.
 · 혁신의 활성화는 R&D 지원도 중요하나, 발주 단계에서 정책적 지원이 더욱 중요⁴⁵⁾

- 건설산업의 생산성 향상에 큰 영향을 미치는 건설장비 공급 구조의 선진화도 해결해야 할 중요한 과제임.
 - 건설기계 수급 계획 등의 경직성을 극복하고, 건설업체의 장비 보유 및 임대업체의 선진화를 유도할 수 있는 인센티브 제공이 필요

□ 혁신 지원 조직

- 혁신 활동은 신기술의 개발과 흡수, 전문 인력의 교육 훈련을 비롯하여, 새로운 비즈니스 모델의 개발을 위한 경영 전략의 수립 등 입체적인 노력이 필요하며, 이를 종합적으로 지원하기 위한 조직을 구성하는 것이 필요
- 각국에는 건설산업의 혁신 활동을 지원하기 위한 조직들이 구성되어 적극적으로 역할을 수행 중임.
 - 전술한 바 있는 'Constructing Excellence'는 영국의 건설 혁신 운동을 주도하는 대표적인 기관으로, 2010년 현재 525개의 기업 지원 프로그램을 수행 중임.
 - 일본의 '건설진흥기금'은 건설산업의 발전과 중소 건설업체의 금융·경영 등 지원을 위하여 1975년 설립된 비영리 조직으로, 시장 및 기술 관련 정보 제공, 교육 훈련, 경영 컨설팅, 금융 지원 등의 사업을 실시
- 종합적이고 체계적으로 건설산업의 혁신 활동을 지원하기 위한 총괄 기구를 설립하는 것이 바람직함.
 - 건설산업 성과 측정, best practice의 전파, 경영 자문, 교육 훈련, 제도 개선 건의 등의 역할을 수행하며, 민관 공동으로 운영하는 비영리 법인 형태가 바람직함.

권오현(연구위원 · ohkwon@cerik.re.kr)

강운산(연구위원 · wskang@cerik.re.kr)

45) 예컨대, 혁신적인 공기 단축을 실현한 사업 현장은 설계·시공 일괄 발주 및 페스트트랙 방식으로 사업이 진행된 것 등을 주목할 필요가 있음. 김원태·이영환, 전게서, p.29.