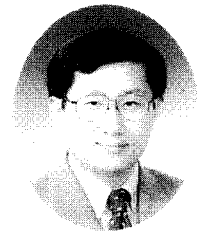


일본 콘크리트 산업에서의 IT 기술 동향과 전망

- IT Technology for Concrete Industry in Japan -



박석균*

1. 서론

인터넷으로 상징되는 IT 혁명은 오늘날 세계의 사회·경제 시스템과 사람들의 가치관을 근본부터 급속도로 변화시키고 있다. 이에 따라 정보의 공유화·글로벌화는 새로운 경제시스템의 창출과 발전의 원동력이 되며, 생산과 물류, 판매에 소요되는 에너지와 자원을 절감하는 물리적 효율성이 증가될 것으로 기대된다.

한편, 토목·건축 구조물의 조사·계획·설계·시공 및 유지관리 각 단계에서도 IT 기술의 이용에 의해 각각 요소기술의 고도화 및 효율화가 도모되고 있다. 공공 구조물의 건설·관리에서도 IT 기술의 이용에 의한 요소기술의 고도화와 함께 라이프사이클에 걸쳐 전자정보의 교환·공유·제휴를 도모해 나감으로써 사업의 효율화 등이 기대되며, 이를 위한 환경을 정비하는 일이 급선무이다.

이러한 추세에 발맞추어 본고는 일본의 콘크리트 건설분야의 IT 기술의 동향과 전망이란 주제로, 현재 일본 건설성에서 추진 중인 공공사업에서의 건설CALS/EC의 구축 현황과 IT 시대의 새로운 콘크리트 구조물의 설계·시공 시스템에 대해 소개하고자 한다.

2. 공공사업에서의 건설 CALS/EC의 구축 현황

2.1 건설CALS/EC란?

먼저 CALS/EC라는 말에 대해서, 일본 건설성에서는

“Continuous Acquisition and Life-cycle Support /Electronic Commerce”의 약자로 정의하고 있다. 직역하면, 「계속적인 조달과 제품의 라이프사이클의 교환/전자상거래」가 된다. 건설성에서는 1995년 5월에 「공공사업지원통합정보시스템(건설CALS/EC)연구회」(회장: 건설대신 관방기술심의관)를 설치하여, 공공사업의 조사·계획, 설계, 시공 및 유지관리 각 단계에서 발생하는 도면과 서류, 사진 등의 각종 정보의 전자화와 관계자간의 효율적인 정보의 교환·공유·제휴 환경을 창출하는 건설 CALS/EC의 구축을 목표로 하여 지금까지 검토를 진행하고 있다. 건설성으로서의 건설CALS/EC가 공공사업의 효율화와 비용삭감, 품질의 확보·향상을 도모하기 위한 유력한 수단이 될 것으로 기대하고 있다.

반복되는 얘기가 되지만, CALS/EC의 기본은 정보의 전자화이다. 그리고 전자화된 정보를 많은 관계자간에 서로 주고받고, 또한 한번 작성한 데이터의 가공·재이용을 도모함으로써 비용삭감 등이 달성되는 셈이지만, 이를 위해서는 어느 일정한 양식과 규칙으로 측정된 데이터의 기준화·표준화가 필요하게 된다. 이러한 환경이 갖추어질 때 비로소 CALS/EC가 유효한 기능을 갖게 되는 것이다.

2.2 건설CALS/EC연구회의 활동

건설CALS/EC연구회에서는 건설CALS/EC의 정비 방향성을 나타낸 것으로서, 2010년도까지 지방공공단체를 포함하는 일본

* 정회원, 대전대학교 토목공학과 조교수

표 1. 건설성 직할사업에서의 건설CALS/EC 행동프로그램(요약)

	1 단계	2 단계	3 단계
	1996 ~ 1998년	1999 ~ 2001년	2002 ~ 2004년
정비목표	건설성 전 기관에서 전자데이터의 수발신체제 구축	일정규모의 공사 등에 전자조달 시스템을 도입	건설성 직할사업의 조사·계획, 설계, 시공, 관리에 이르는 전체프로세스에 있어서 전자데이터의 교환, 공유, 연계체제를 실현
실현내용	<ul style="list-style-type: none"> · 사업에 관련되는 정보의 전달·교환을 전자메일화 · 전자매체 또는 전자메일에 의한 신청·신고 · 조달관련정보의 홈페이지게재 · 조달정보에 관한 클리어링하우스의 구축 	<ul style="list-style-type: none"> · 전자조달 시스템의 도입 · 사업에 관한 정보의 전달·교환의 전자메일화(인증있음) · 전자매체 또는 전자메일에 의한 신청·신고(인증있음) · 자격심사신청의 온라인화 · 네트워크형 자동적산시스템의 도입 · 전자데이터 성과의 재이용·가공·통합에 의한 데이터의 유효활용 	<ul style="list-style-type: none"> · 전체사업에 전자조달을 활용 · EDI에 의한 계약사무의 집행 · 전체 공공사업집행에 관계되는 신청·신고의 온라인화 · 사업에 관한 정보의 통합데이터베이스화 · GIS를 이용한 정보의 연계제휴·통합 · STEP활용에 의한 시설라이프사이클지원
실현을 위해 불가피한 조치·기술	<ul style="list-style-type: none"> · 인터넷의 이용환경정비 · 실증현장실형의 추진 · 전자조달에 필요한 기술개발 · 전자데이터 표준화에 관한 연구 	<ul style="list-style-type: none"> · 국제표준 등에 기초한 전자데이터의 기준화 · 전자인증시스템의 도입 · 전자데이터에 의한 성과납품의 실시 	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 정보시스템과의 연계제휴 · STEP의 일부국제표준화 · 전자데이터에 의한 계약사무 표준화
정보인프라정비(광화이버망 등, 공간데이터기반)			

의 공공사업분야 전체에 있어서 CALS/EC를 실현시키고자 1996년 4월에 「건설CALS정비기본구상」을 책정했다. 더욱이 1997년 6월에는 실제로 정비해야 할 구체적 내용을 명확히 한 「건설CALS/EC 행동프로그램」을 책정했다. 이 중에서는 정비기본구상의 내용을 일부 전도하는 형으로 2004년도까지 건설성 직할사업에 대해서 건설CALS/EC를 실현하는 것을 지향하고 있다.

행동프로그램에서는 <표 1>에 나타낸 바와 같이 2004년도까지를 3단계로 나누었고, 제1단계인 1996 ~ 1998년도에는 「건설성 전 기관에서의 전자데이터 수발신체제의 구축」을 정비목표로 했다. 이는 직원 한사람 한사람이 퍼스널 컴퓨터와 메일어드레스를 갖고, 인터넷을 이용할 수 있도록 하는 것을 의미한다.

또한, 실현내용으로써 조달관련정보의 각 지방건설국 홈페이지에의 게재와 클리어링하우스의 구축을 제창하고 있다. 클리어링하우스란 개개의 발주기관이 내놓고 있는 발주예정정보를 일원적으로 수집·관리하여 1 개소의 홈페이지에 액세스하는 것만으로 복수의 발주기관의 발주예정정보가 얻어지는 시스템이고, 또한 인터넷을 이용해서 미리 기업이 등록해 놓은 조건에 따라 지역, 금액 등에 의해 정보를 취사선택하여 필요한 발주예정정보만 자동 배달·수신하는 기능도 갖추고 있다.

클리어링하우스에 대해서는 (재)일본건설

정보종합센터가 사무국이 되고, 1997년 11월에 건설성을 시작으로 하는 공공발주기관과 건설업자 등의 민간기업으로 되는 컨소시엄을 설립하여 필요한 시스템을 개발하여 왔다. 「CALS/EC 공공조달컨소시엄」이라 불리는 이 컨소시엄에서는 제2단계(2001년도까지)의 전자입찰시스템, 전자인증시스템도 동시에 개발하고 있다.

전자입찰시스템은 입찰계약단계, 즉 설명서 교부부터 자격심사신청, 입찰행위자체 및 입찰결과 공표까지를 인터넷상에서 실시하는 것이다. 인터넷을 매개로 수발주자가 전자데이터를 주고받

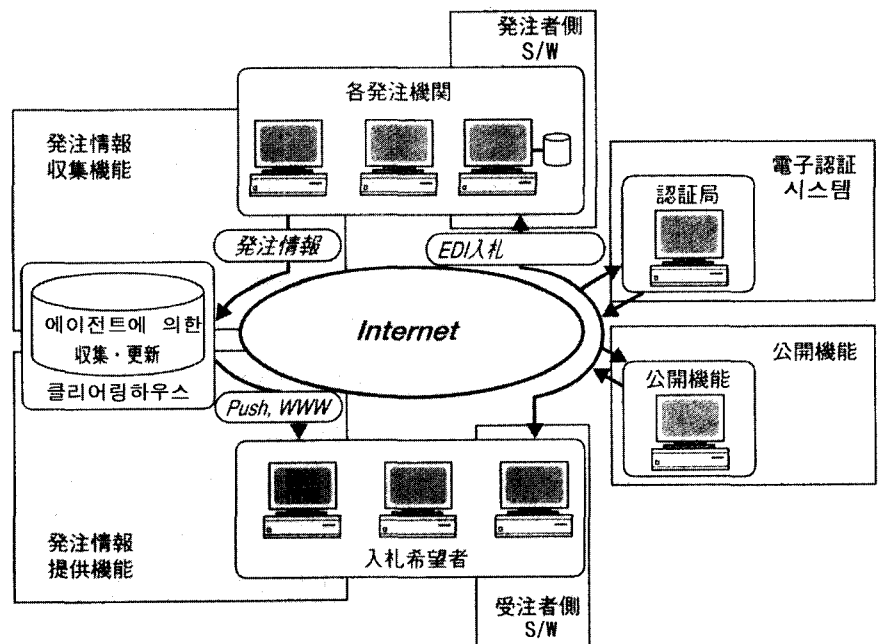


그림 1. 공공조달용 기반기술실증실험 이미지

	요소기술	시스템	보급
1995년도	CALS동향조사	시스템 전체의 검토	
	각종요소기술의 적용성 검토	시스템정보기본구상	
1996년도	해외조사(전자조달)	전자조달기본검토	데모시스템검토
		시스템 정비실시계획 실증현장실험	건설CLAS 홈페이지 개설
1997년도	전자데이터 교환 실시요령작성	전자 조달에 있어서의 법제도 상세 검토	건설CALS 홈페이지의 관리 운영
	해외조사(전자입찰)	전자데이터에서의 저작권에 관한 검토	
		실증현장실험	

그림 2 건설CALS/EC연구회의 전략

지만, 입찰금액 등 중요한 데이터가 포함되기 때문에 보완확보가 필요하게 된다. 구체적으로는 '제3자에의 정보누출방지', '개찰시간전의 개봉방지', '본인인증', '사후부인방지', '엑세스 컨트롤'이라는 기능이 요구된다. 이 때문에 전자입찰시스템에서는 전자인증시스템(상대가 그 본인인 것을 확인하기 위한 시스템), 공개기능(제3자에게 각종 부정행위의 의혹을 품지 않게 할 공정성을 보증하는 시스템)을 갖출 필요가 있다. 또, 발주자를 포함해서 개찰 시간 전에 개찰을 할 수 없는 구조 및 개찰 후 입찰금액의 바꿔 넣기를 할 수 없게 하는 구조가 필요하고, 이에 대해서는 암호화 기술을 사용하는 것이 된다.

권소시업은 현재 약 200개 사기업의 참가를 받아 순조롭게 시스템 개발이 진행되고 있고, 1998년 10월부터 11월에 걸쳐 가공의 공사안전 등을 설정하여 실증실험도 이루어졌다. 여기서는 시스템의 안정성 확보와 문제점 파악이 실시되고, 이들을 근거로 시스템 개량이 실시되어지고 있다.

클리어링하우스 및 전자입찰시스템에 의해 수주희망자는 시간적 혹은 공간적 제약에 속박되지 않고 발주예정정보의 입수와 입찰참가가 가능하게 되고, 또한 보다 많은 수주희망자의 참가를 기대할 수 있기 때문에 발주자 측으로서도 우수한 기업을 수주자로서 선정할 수 있는 이점이 생긴다. 단, 본격적 운용을 시작하

기 위해서는 법령을 포함하는 제도상 문제를 명확히 할 필요가 아직 남아 있다. <그림 1>에는 클리어링하우스 및 전자입찰시스템의 이미지를 나타내었다. 건설CALS/EC연구회에서의 기타 전략개요를 <그림 2>에 나타내었다.

제외국의 동향조사와 건설성 홈페이지(<http://www.moc.go.jp/>)에 건설CALS/EC 홈페이지(<http://www.moc.go.jp/tec/cals/>)를 운영해 계몽을 도모하는 등 다채로운 내용이 소개 되고 있다. 또한, 1996년도부터는 실제공사 혹은 업무에 CALS/EC를 적용한 경우의 문제점 파악 등을 목적으로 하여, 실증현장실험을 실시하고 있다. 전자메일교환과 같은 간단한 것에서부터 설계·시공 단계간에서의 CAD 도면 제휴와 전자서명 활용과 같은 까다로운 기술까지 순차적으로 추진하고 있다. 1998년도부터는 전체 공사 사무소(253 사무소)에서 실시하고 이미 실험에 착수하고 있는 사무소에서는 보다 고도의 실험을 실시하고 있다.

2.3 시설물 유지관리분야를 포함한 최근동향

1999년 6월 29일에는 제8회 건설CALS/EC연구회가 개최되어, 행동프로그램 제1단계의 목표달성상황 및 1998년도 검토결과보고가 실시됨과 동시에 2000년도의 전략내용 및 향후의 검토

표 2 건설CALS/EC 주요검토를 위한 실증현장실험 실시 건설지국현황

단 계	검토항목 내용	東北	關東	北陸	中部	近畿	中國	四國	九州
설계적산	업무 성과품의 전자납품		○	○	○		○	◎	
	설계도면 등의 전자화·표준화		○		○	○	◎		
입찰계약	클리어링하우스시스템의 검증		◎	○					
	전자입찰시스템의 검증		◎	○					
공사시공	공사시공 중의 데이터공유서버의 구축, 표준화	◎	○			○	○	○	
유지관리	온라인 유지관리시스템의 구축		○		◎				
공통	전자서명에 관한 실증실험		○	◎	○				○
	전자결재시스템의 검토, 실증실험			◎				○	

○:담당 건설지국 ◎:간사 건설지국

방침이 책정되었다.

행동프로그램 제1단계에 대해서는 모든 공사사무소에서 인터넷이용환경이 정비되는 등 대략적인 목표를 달성할 수 있었다. 단, 클리어링하우스의 구축에 대해서는 프로토타입시스템의 개발까지 완성되었다. 이에 대해서는 2000년 8월까지 공공조달컨소시엄 중에서 전자조달시스템 및 전자인증시스템의 개발과 맞추어 실무에 적용할 수 있는 수준의 시스템이 만들어 졌다. 또한, 이와 병행하여 운영계획과 발주자 측의 대응시스템 정비도 실시하였다.

한편, 2000년도에는 전 공사사무소에서 실증실험을 실시함과 더불어 1999년 10월에 책정된 프로젝트 매니지먼트(PM) 기구를 이용한 행동프로그램의 중요한 실험항목(유지관리 포함)에 대해서는 <표 2>에 나타난 바와 같이 각 건설지국에서 나누어 실시하였다.

특히, 유지관리분야에서는 이를 위한 데이터베이스구축을 2002년도 중에 행하는 것으로 하였다. 이와 더불어 2004년도 시점에서의 구체적인 정비목표 이미지를 <그림 3>에 모아 정리하여 알기 쉽게 나타내보았다.

또한, 정보의 표준화에 관해서는 1999년 8월부터 「성공품 전자화검토위원회」(위원장 島崎敏一 일본대학교수)를 설치해 검토를 진행하고 있고, 「도목설계업무 등의 전자납품요령(안)」과 「CAD제도기준(안)」에 대해서는 정리가 되었다.

1998년 12월에 개시된 1999·2000년도 경쟁참가자격심사(정기심사) 신청사무에 있어서는 건설성과 관계 9공단·사업단 사이에서의 인터넷에 의한 일원접수가 가능하게 되었다. 이에 따라 종래와 같이 각 발주기관마다 신청할 필요가 없어져 1회 신청으로 끝나게 되었다. 이번에는 공사만이 대상이지만, 최종적으로 6,853사가 인터넷을 통해 신청했다. 이는 전화에 자격심사를 받은 약 3만 6,000사의 거의 2할에 가까운 것이다. 이와 같이 액션프로그램은 건설CALS/EC 실험을 앞두고 한 걸음 한 걸음 나아가고 있다. 향후, 한층 더 도입을 앞당기기 위해서는 당연히 민간의 협력을 얻어야 하지만, 당연한 과제는 인터넷을 사용해 전자메일을 이용할 수 있는 환경을 정비하는 일이다. 이에 의해 상술한 자격심사 신청 외에 발주예정정보의 입수가 가능해 지는 등, CALS/EC의 이점을 실감하게 될 것이다. 또, 관계자가 그 조작에 익숙해짐으로써 장래의 CALS/EC에 대응할 수 있는 여건이 마련될 것으로 사료된다.

3. IT 시대의 새로운 콘크리트 구조물의 설계·시공시스템

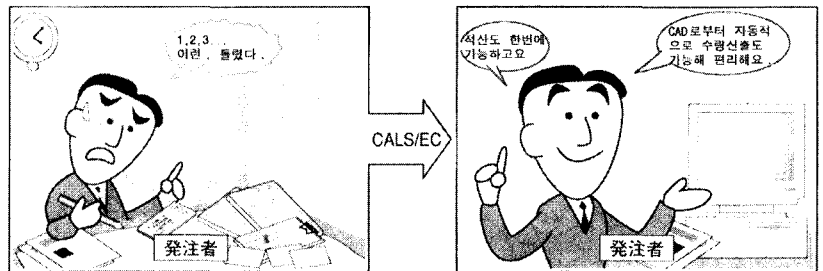
3.1 새로운 콘크리트 구조물과 구축시스템

21세기 사회의 상위개념 키워드로서 (1)IT 사회, (2)환경·순환형 사회, (3)안전하고 신뢰할 수 있는 사회를 꼽는 데 있어 다른의견은 없을 것이다. 또한, 장래의 건설기술은 설계·시공·유지·해체·재이용의 개개 단계에서의 효율성도 없어지면서, 라이프사이클, 그 중에서도 특히 전체 에너지와 비용에 무게가 두어져 사회적 책임이 요구되어지게 된다.(최근 일본 건설성의 시책인 CALS/EC에서도 이 정신이 제창되고 있다.)

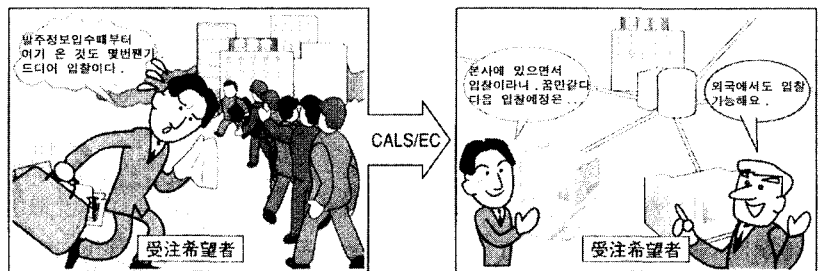
그러면, 상술한 상위개념의 집합을 <그림 4(a)>에 나타내었다. 여기서, 합집합 IUSUE는 기본적인 큰 틀을 나타내고, 교집합 KNBOM은 새로운 사회기반이 갖춰야 할 조건이라 사료된다. <그림 4(a)>로부터 <그림 4(b)>와 같은 키워드를 용이하게 추출할 수 있다. 추출 키워드와 적합성이 좋은 소재는 탄소섬

(1) 설계, 적산단계 -CAD데이터로부터의 자동적산실험

[이미지]



(2) 입찰, 계약단계 -전자조달시스템의 도입



(3) 공사시공단계 -공사관계정보의 전자적 교환, 공유에 의한 종합적인 시공관리의 실현

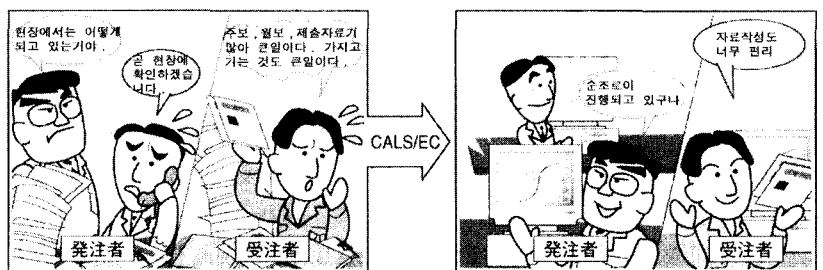


그림 3(a). 정비목표 이미지

유, 아라미드섬유 및 폴리에틸렌섬유 등을 들 수 있다. 콘크리트 보강재로서 요구되는 강도, 탄성률, 내식성, 크리프 특성, 내화성 등의 조건을 고려하면 이 중에서는 탄소섬유(이하 C.F.라 약칭한다)가 최적이라 할 수 있다.

여기서, C.F.는 직경이 약 7미크론의 연속필라멘트를 12K와 70K(K=1,000본)로 묶은 집합체이다. 이 집합체의 인장강도는 초기 느슨해짐 등에 의해 공칭인장강도(통상 3.5~4.5 GPa)의 20~30%가 된다. 이 때문에 통상 C.F. 집합체의 미경화수

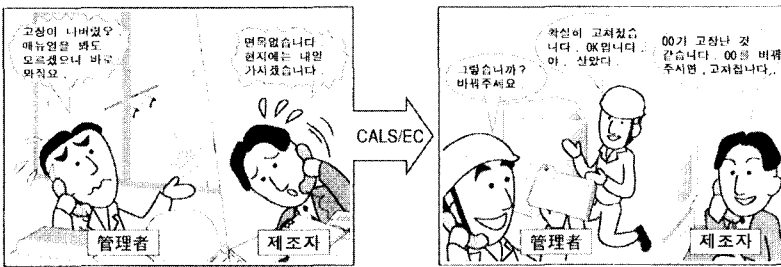
지를 먼저 함침하고, 계속해서 130~150℃로 열경화시켜 약 70% 강한 인장강도를 얻고 있다. 반면, 이 공정이 경화형 C.F.를 원래의 비경화형 C.F.의 비용보다 5배 이상으로 고가가 되게 하여 건설분야에서의 보급에 장애가 되고 있다.

그런데, 대상으로 하는 콘크리트 보강재의 필요 인장강도레벨은 겨우 10%인 0.4 GPa이다. 더구나, 콘크리트는 집합체에 일정한 구속력(부착과 앵커효과)을 갖기 때문에 비경화 C.F.의 인장강도는 더욱 높아진다(일정 조건하에서 50% 이상이 되는 것이 실증

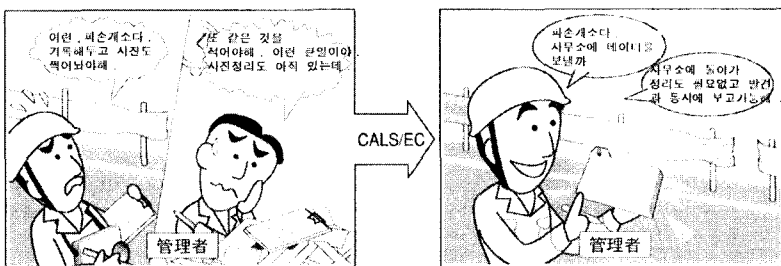
되고 있다). 따라서, 인장강도의 저하(약 50%)를 감안하더라도 비경화형 C.F.는 비용면에서 경화형 C.F.에 비해 훨씬 유리하다. 그래서 새로운 IT형 건설공법(이하, UCAS공법: Unresin Carbon-fibers Assembly System for Construction이라 칭한다)을 제시하고 그 예를 <그림 5>에 나타내었다.

즉, <그림 5>의 (a), (b)와 같은 자동배근로봇을 이용하여 디지털화 한 설계도면에 의해 설계대로의 자동배근 시스템을 제작한다(<사진 1>은 규슈 대학에서 개발 중인 자동배근장치). 교점과 정착 단부는 지점별로 정착되어 있다. 배근구조는 원래 유연성이 있기 때문에 <그림 5(c)>와 같이 콤팩트하게 축소할 수 있다. 이 경량이고 콤팩트하게 설계정보가 부가된 제품은 인터넷을 이용해 어디에라도 최적루트로 제시간에 싸게 배송할 수 있다. <그림 5(d)> 다음은 거푸집 내에서 잡아 편 상태에서 <그림 5(e)>, 유동성이 좋은 콘크리트를 타설한다 <그림 5(f)>. 이로 인해 현장의 배근공, 가스 압접공, 이음공 등의 숙련공을 대폭으로 절감할 수 있다. 또한, 경량이기 때문에 크레인 등의 중기 사용량을 절감할 수 있어, 시공 안전성과 효율성을 향상시킬 수 있다. 이와 같은 설계(표준화, 유

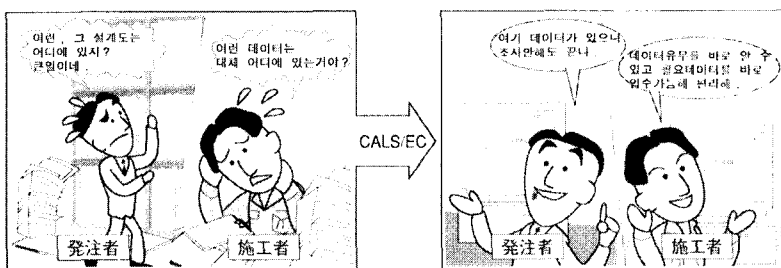
(4)-1 유지관리단계 -설비관계의 온라인 원격조작, 집중관리 -



(4)-2 유지관리단계 -도로 등 점검데이터의 현장입력, 관리 -



(5)-1 각 단계공통 -GIS를 베이스로 한 통합데이터환경 (분산공유형데이터베이스)의 실현



(5)-2 각 단계공통 -CAD도면 등 각종 정보의 재이용 -

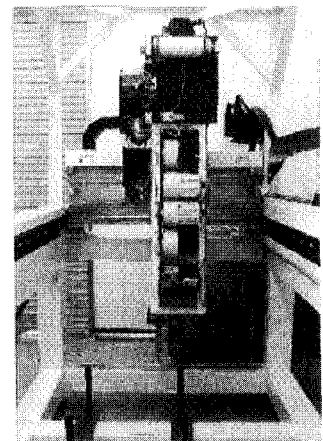
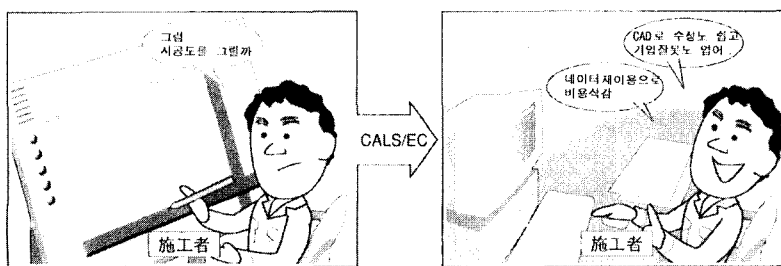


사진 1. 자동배근로봇

그림 3(b). 정비목표 이미지

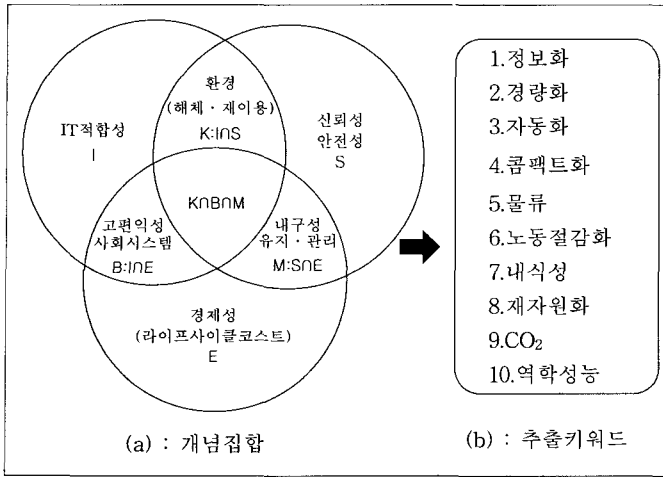


그림 4. 상위개념과 추출키워드

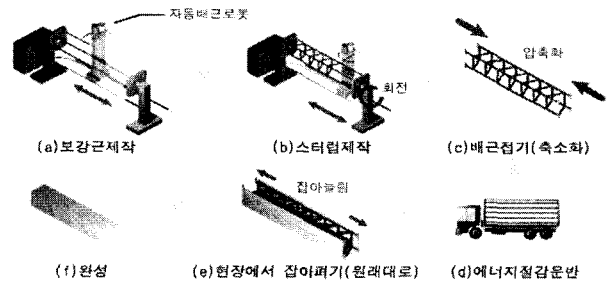


그림 5. 자동배근로봇과 수송 및 제작시스템

4. 결 론

2000년 11월 일본정부는 IT 기본전략에 착수했다. 즉, 5년 이내에 거의 대부분의 세대가 인터넷으로 “빠르고 싸게” 접속할 수 있도록 하는 체제로 바꾸는 것이 국가목표이다. 이는 오늘의 경제와 과학기술의 무한경쟁시대에서 일본이 세계 최첨단의 과학기술입국으로서 발전하기 위한 극히 중요한 정책으로 여겨지고 있다. 우리나라는 다행히 이러한 정보화시대의 중요성을 일찍부터 간파하여 최근에는 정보화강국으로 여겨지고 있다. 그러나, 건설분야와 특히 콘크리트 분야에서의 IT 산업화 노력은 아직 활발히 전개되고 있지 못한 실정이다. 21세기의 도시와 산업의 기반조성을 담당하게 될 건설업이 살아남기 위해서는 지구환경에 대한 적합성과 더불어 IT 사회에의 정합성이 불가피한 조건이 될 것임을 명심하여 이에 대한 연구노력이 한층 강화되어져야 할 것으로 전망된다. □

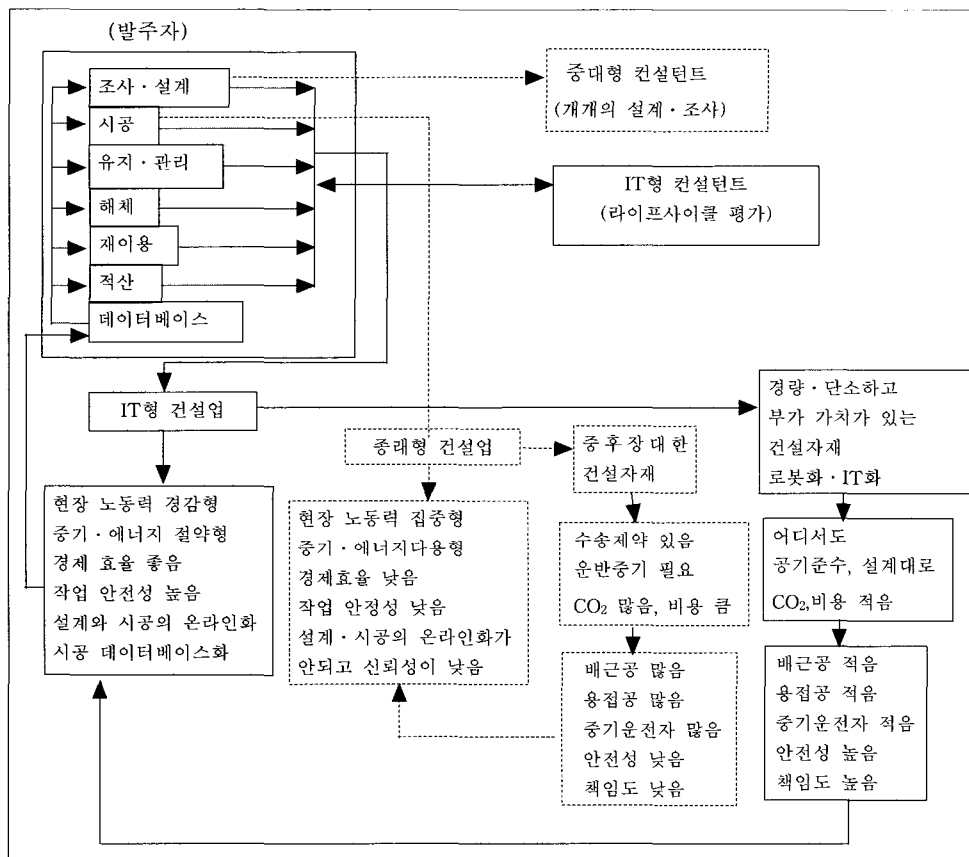


그림 6. IT형 건설시스템(실선부분)과 종래형 건설시스템(점선부분)

닛트화한 최적조합 배근시스템설계법)와 시공의 온라인화는 현장 측에서의 설계변경도 쾌속하게 대응할 수 있고, 성능관리·데이터관리가 용이해진다. 이에 따라 노동집약형의 체질(종래형 건설업)을 개선할 수 있고, 또한 책임의 명확화, 설계·시공성능의 투명화 등 사회적 책임을 충족시킬 수 있다.

이 IT형과 종래형의 건설업을 <그림 6>에서 비교·대조하여 보았다. 정보는 설계·시공은 물론 유지·관리, 나아가서는 해체와 리사이클에도 이용된다. 이 프로세스는 건설업계에 저비용·저환경부하 등의 부가가치를 주어 사회적 책임을 더욱 높여준다.

참고문헌

1. 山鳥伸一, “情報の電子化とその交換・共有・連携について-建設CALIS/ECの動向-”, 콘크리트工学, Vol.38, No.1, 2000. 1.
2. 太田俊昭, “IT時代におけるコンクリート構造物の新しいコンセプトそのライフサイクルアセスメント”, 土木學會誌, Vol.86, Mar. 2001.
3. 太田俊昭, “新社會基盤技術に關する戰略的研究手法”, 土木構造・材料論文集(招待論文), 第16號, 2000.
4. “新社會基盤技術の開發研究”, 平成11年度 研究成果報告書, 九州大學大學院工學研究科, 2000.3.