

교량설계핵심기술연구단 연구계획 소개

고 현 무

교량설계핵심기술연구단 단장, 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수

I. 연구단 사업의 배경

1970년대 중반이후 매 10년 마다 10배씩 괄목할만한 성장을 해온 우리나라 건설시장 규모는 IMF발생 이후에는 IMF 이전의 60%정도의 수준으로 감소하였다가 최근 들어 점진적인 회복기에 들어서고 있다 (그림 1). 그러나 저효율성, 취약한 기술력, 업체간의 수주경쟁 등으로 수익성은 악화되고 있는 실정이며, 해외부문에서는 저비용의 노동력에 의존한 단순시공을 통하여 외형적 성장에 치중해온 국내 건설사들은 고효율성, 고부가가치, 그리고 수익성 극대화를 지향하는 선진국 건설사들과 경쟁할 수 없는 한계상황에 도달하고 있다. 특히, 국내 건설시장의 규모에서 교량구조물이 포함되는 교통시설건설은 전체의 60-70%에 육박하지만, 1999년 현재 우리나라 교량의 기획 및 설계기술 수준은 선진국의 70% 미만 수준에 머물러 있는 것으로 조사되었다. 이는 우리나라의 교량기술 수준이 선진국에 비해 극히 취약하여 국제경쟁력을 차치하고라도 국내 SOC시설의 건설비용에 막대한 비효율성을 야기시키고 있음을 의미한다. 또한 국내에 도입되고 있는 건설엔지니어링 기술 중 50% 이상이 설계기술로서, 설계기술의 외국기술 의존도가 매우 높으며 외국기술도입의 대가지금액도 매년 급격히 늘어나고 있는 실정이다 (그림 2).

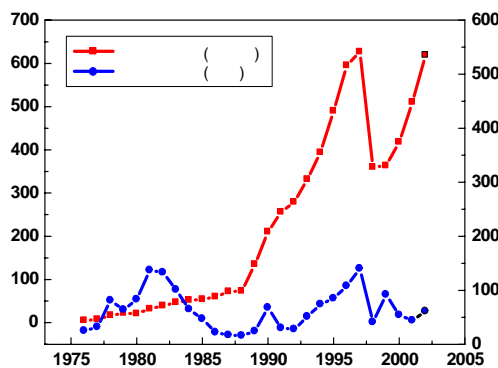


그림 1. 국내 건설산업의 수주현황

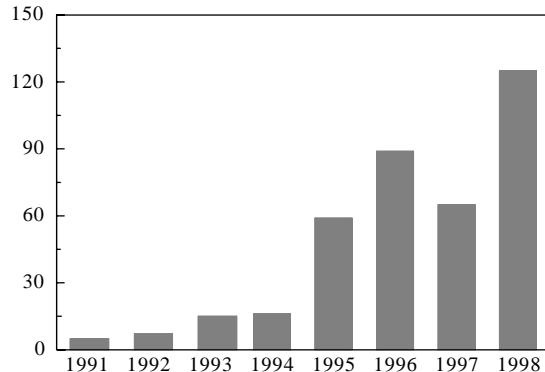


그림 2. 외국기술 도입 대가지급 현황

교량 건설을 위한 엔지니어링(계획, 해석, 설계) 비용은 공사비의 3-5%에 불과하지만 교량 시설물의 최종 성능이 결정되는 단계인 만큼 사업초기 단계의 엔지니어링 기술의 역할이 중요하다. 특히 건설 재료의 개선, 교량의 특수화 및 장대화, 급속시공의 필요성 등에 따라 시간의존성 3차원 해석모형, 동적 거동 및 동적 불안정성 해석, 정밀제어 시공기술, 피로설계, 내구성 강화, 생애주기비용 해석 등 교량의 정밀해석기술이 점점 더 요구되고 있으며 이는 미래 교량기술의 핵심인 장수명화 기술에도 필수적인 요소이다. 또한 모든 교량기술의 집적체인 교량의 설계기준은 이미 국제적으로는 보다 합리적인 한계상태설계법 또는 하중저항계수설계법으로 변환되고 있어 국내 설계기준도 빨리 개선하지 않으면 국제기준체제의 세계화에 전혀 적용할 수 없게 된다. 현재 극히 취약한 국내 교량 설계기준을 국제적 수준 기술이 적용된 LRFD 설계기준으로 개선할 경우, 최적설계를 통해 고속도로 일반교량 공사비를 현재 기준 약 10% 절감하여 연간 300억원 이상의 예산 절감 효과를 가져올 것으로 예상되고 있다. 특히 향후 수년간 도서지역에 많이 건설될 특수 장대교량의 경우 그 절감효과는 최대 30%까지 증가할 것으로 보고 있다.

세계화의 흐름에서는 산업전반에서 국가간의 교류가 활발하지만, 그 이면에는 지적재산권보호와 기술보호주의가 더욱 강화되어 이에 적절히 대응하지 못하는 경우 선진국과 후발국가간의 기술격차는 더욱 심화될 것이다. 특히 국제건설시장은 국제기준체제(Global Standard)로 급속히 변화하고 있어 설계 및 해석 기술력이 향상되지 않을 경우 국내 건설산업의 국제경쟁력은 오히려 현재보다 더 저하될 우려가 있다. 또한, 과학·기술 및 경제적 분야의 세계적 협력과 표준화 활동을 위한 비정부간 국제기관인 ISO에서는, 기술위원회(Technical Committee)를 통해 이루어진 구조물 설계의 기본 요소에 관한 규정의 제정을 통해, 구조 신뢰성에 관한 일반 원칙을 따를 것을 ISO 규격으로 명시한 바 있다. 이 규정은 목표신뢰도수준, 설계공용기간, 하중조건 등 각국의 설계기준 특성에 맞추어 변경 가능한 병용성을 지닌, 설계기준의 제안자를 위한 기준이라 할 수 있다. 또한 WTO 뉴라운드와 자유무역협정(FTA)의 실시로 인해 국가간 엔지니어 상호인증과 건설 분야의 국가간 자유 이동성이 보장됨에 따라, 교량설계기술 분야에서도 이러한 국제기준체제(Global Standization)의 영향력과 강제성은 멀지 않은 미래에 급격히 증대될 것이 예상된다. 이와 관련하여 유럽과 일본, 미국을 비롯한 건설 선진국에서는 이미 ISO 대응위원회를 설치하고, 신뢰성

기반 설계기준 개발을 위한 적극적 연구 수행을 통하여 자국의 독자적인 설계 기준을 개발하여, 현재는 그 보급단계에 이르고 있는 실정이다.

한편, 최근 이루어진 WTO 각료회의, APEC 정상회의와 ASEAN+3 정상회의를 통해 국가간 전문 서비스 및 컨설팅분야의 상호인증·협력이 강조되고, 중국과 대만의 WTO 가입이 이루어짐에 따라, 중국을 중심으로 한 홍콩, 말레이시아, 싱가포르, 대만 등의 중화경제권의 영향력은 점차 증대되어갈 것이 자명하다. 따라서, 우리의 교량설계기술이 ISO를 비롯한 국제기준체제에의 대응에 뒤처진다면, 중화 경제블록의 급격한 기술적 성장세에 비추어 볼 때, 국제 건설시장에서의 경쟁력 약화와 국내 시장의 잠식에 대한 현재의 우려는 머지않아 현실로 다가오게 될 것이다.

II. 연구단의 비전

교량설계핵심기술연구단은 국내 교량 해석 및 설계 기술의 선진화를 목표로 향후 5년간 기반기술 구축, 요소기술 개발, 실용기술 확립의 3단계 연구를 수행한다. 이 연구가 완료된 후 2-3년간의 적용기간과 국내 산업체에의 기술확산을 거치면 2010년에는 국내 교량 해석 및 설계 기술의 수준이 명실공히 세계 10위권에 진입하도록 하고 지속적인 연구를 통하여 미래 세계 4강으로 갈 수 있도록 그 기반을 확고히 조성하는 것을 우리 연구단의 비전으로 제시한다(Bridge Korea 2010: BK2010). 5년간의 연구를 통하여 국내 교량 해석 및 설계 기술에 “실용화”와 “Global Standard”가 확립되도록 하며 특정부분에서는 세계수준의 선도기술(Leading Technology)이 개발되어 한국 건설산업이 지금까지는 거의 전무인 국제건설시장의 엔지니어링분야에 기술력으로 일정부분 진출할 수 있도록 한다. 특히, 모든 교량기술의 집적체인 설계기준을 국제기준체제에 부합되도록 개선하여 국제경쟁력은 물론 시장개방 및 세계경제의 통합화 추세에 적극 대처할 수 있도록 한다. 이 기반이 조성되면 미래의 한국 기술자들이 세계의 건설시장에서 주도적으로 활동할 수 있게 될 것이다.

BRIDGE KOREA 2010



그림 0. 연구단의 비전: Bridge Korea 2010

III. 연구단의 구성

교량설계핵심기술연구단은 국내의 교량설계 기술을 선진화하고 국제적 수준으로 발전시키는 것을 중점으로 하여 구성되었다. 교량설계기술은 전통적인 토목구조공학 분야를 중심으로 하여 첨단 IT 기술까지를 포함하고 있는 종합 공학 분야로 발전하고 있다. 이러한 국제적인 기술 발전 추세에 부응하는 연구를 수행하기 위하여 이 연구과제의 수행 주체는, 국내에서 교량 해석 및 설계 분야에 있어서 많은 연구 실적을 보유한 기관으로 구성되었으며, 연구인력은 각 수행 주체 기관에서 교량 해석 및 설계에서 오랜 경험과 우수한 연구 실적을 가진 연구원으로 구성하였다. 그림 4 에서 연구단의 구성체계 및 수행 기관별 담당 역할을 각각 도시하였다. 세부과제수행기관으로 서울대학교, 한국건설기술연구소 그리고 한국도로공사가 참여한다. 특히 이 연구에서 개발된 다양한 기술을 실용화하여 산업계에 이전하고, 설계기준의 정립과 검증을 위해 5개의 대기업 및 15개의 중소기업이 참여하고 있다(표 1). 연구에 참여하고 있는 건설사 및 설계사는 우리나라를 대표하는 건설관련 산업체로서 교량 설계 및 시공시에 발

표 1. 참여기업 현황

대기업 5개 업체	(주)대우건설, (주)삼성물산 건설부문, 대림산업(주), 한국도로공사, (주)동명기술공단
중소기업 (Engineering) 8개업체	(주)삼보기술단, (주)서영기술단, (주)용마엔지니어링, (주)한국해외기술공사, (주)유일엔시스, (주)비엔에스엔지니어링, (주)다산건설턴트, (주)DM엔지니어링
중소기업 (교량부속시설) 7개 업체	대봉기계공업(주), (주)석우, 유니슨(주), (주)케이알, 협성산업(주), (주)후레시네코리아, (주)윈스틸



그림 4. 교량설계핵심기술연구단 구성 체계

생하는 각종 공학적 문제점을 연구단에 제시하여 연구단이 보다 실용화된 연구를 수행할 수 있도록 하며, 또한 연구단에서 개발된 기술을 빠르게 실제 문제에 적용할 수 있다.

전체적으로 교량설계핵심기술연구단에는, 총 367명의 전담연구인력이 투입될 예정이며 이 중 학계에서는 전국 우수 27개 대학의 전문가들이 참여하고 있다. 연구단의 최종목표 수행을 위해 30여개 주제의 연구가 3개의 세부과제별로 분류되어 수행될 예정이다.

따라서, 연구단에서는 전체의 세부과제에서 진행되는 연구를 기획 조정 관리하며, 세부과제수행기관 간의 연구 결과를 취합하고 종합하여 완성된 기술을 도출한다. 연구단은 각 세부 과제의 독창적인 연구와 연구원의 자유로운 연구 활동을 보장하기 위하여 효율적인 운영 체제를 구축하였다. 즉, 각 세부 과제의 독립성을 충분히 보장하되, 엄격한 연구비 관리 및 업적관리를 통하여 소속 연구

원의 연구 의욕을 높이고, 각 과제간의 공동 실험, 연구 및 결과의 공유를 통하여 종합적인 기술 개발을 추구하며 동시에 연구비의 절감을 실현하고자 하였다.

이를 위하여, 연구단의 조직은 연구의 효율성과 연계성 그리고 종합화 및 실용화를 고려하여 그림 5와 같이 구성되었다. 연구단장을 보좌하고 각종 행정적 업무 그리고 각 세부과제간의 업무 연락을 위하여 행정실을 두며, 연구단의 연구 방향을 검토하고 국제적인 연구동향 등에 대한 자문 활동을 위하여 국내의 원로 교수 및 기술자를 중심으로 자문단이 구성된다. 교량설계 및 해석 기술은 여러 분야가 복합되어 있기 때문에 각 세부과제 간의 긴밀한 협력을 필요로 하며, 이에 따라 연구단의 전체적인 운영을 총괄하기 위하여 각 세부 과제의 책임 연구원으로 구성된 운영위원회를 설치하였으며, 각 세부 과제에 수행되고 있는 연구 주제의 진행 상황을 파악하여 적절한 시기에 협동 연구를 주관하고 연구 결과를 취합하기 위한 연구조정위원회를 두었다. 대규모 연구진이 방대한 연구 과제를 수행하기 때문에, 중앙통제조직이 없으면 유사 과제가 수행될 수 있다. 연구조정위원회에서는 이러한 유사 과제의 수행을 미연에 방지하고, 많은 연구비가 소요되는 실험을 가능한 여러 연구주제에서 공동으로 실시하고 실험 결과를 공유할 수 있도록 실험 일정을 조정한다. 연구조정위원회는 연구단장을 중심으로 각 세부과제 연구원으로 구성된다. 각 세부과제는 세부과제 책임자 중심으로 정기적인 분임회의 과정을 거쳐, 합리적·체계적으로 운영될 것이다.

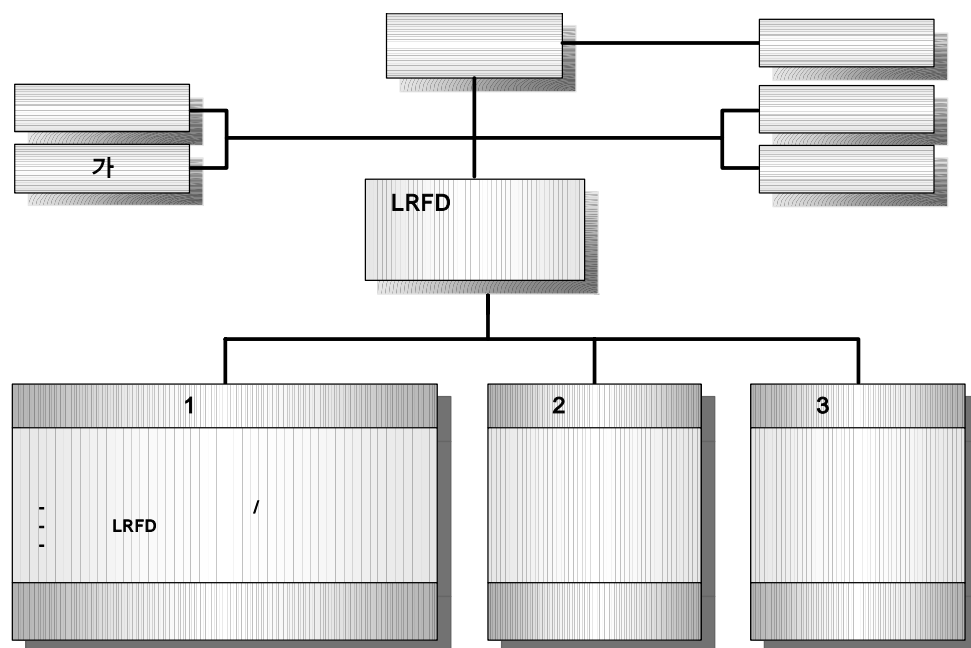


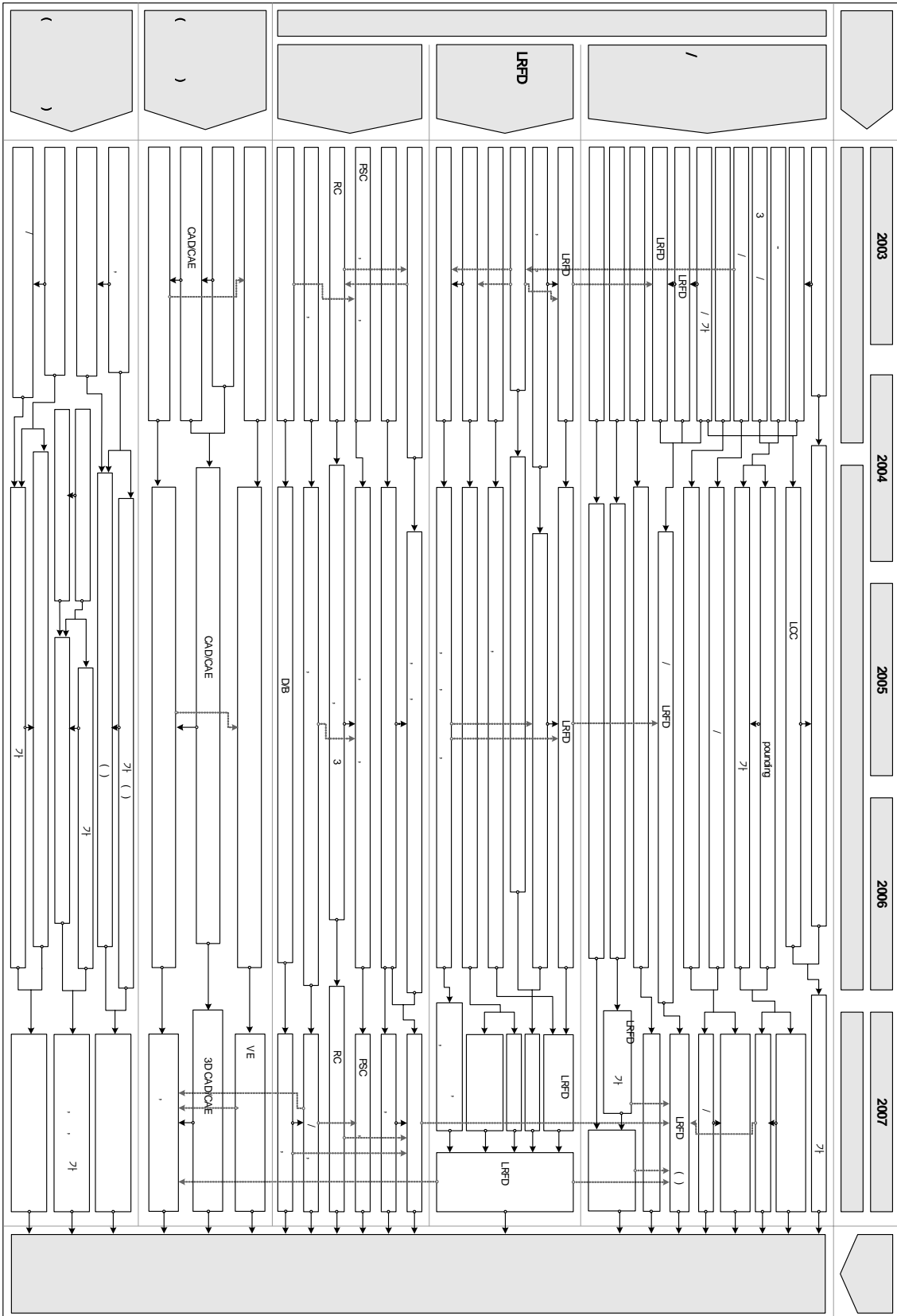
그림 5. 교량설계핵심기술연구단 구성도

IV. 연구수행 추진체계

연구단에서는 산학연의 다양한 기관으로 구성된 연구단이 체계적으로 연구를 수행할 수 있도록 하고, 세부과제에 따른 연구의 중복 방지와 결과의 공유를 통한 협력 연구를 강화할 필요가 있다. 따라서, 오랜 기간의 연구분야 분석 및 조정을 거쳐 기술로드맵(Technical Road Map: TRM, 그림 6)을 설정하고, 이를 바탕으로 연구의 수행 체계를 계획함으로써, 체계적이고 효율적으로 최종목표를 달성할 수 있도록 하였다. 이 TRM에 의거하여 계획된 각 단계별 연구목표와 주요내용 및 범위는 표 2에 나타난 바와 같다.

표 2. 연구단 단계별 연구 목표 및 주요 내용

연 차	연구목표	주요 내용 및 범위
1 단계 (18개월)	<ul style="list-style-type: none"> 교량 정밀해석 및 설계기술 고도화를 위한 기반기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 교량의 정밀해석 및 LRFD 설계기준 개발을 위한 기반기술 확보 강교량 LRFD 설계기준 개선 방향 설정 및 초안 작성 콘크리트교량의 설계법 분석 및 기반 기술, 해석 요소 개발 및 검증 교량설계 프로세스의 디지털 구현을 위한 기반 조성 교량부속시설 기술 현황 분석 및 설계기술 선진화
2 단계 (30개월)	<ul style="list-style-type: none"> 교량 해석 및 설계 선진화를 위한 요소 기술의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 교량의 정밀해석 및 LRFD 설계기준 개발을 위한 요소기술 개발 강교량 요소설계기준안 제시 및 LRFD기준에 반영 콘크리트교량의 해석 및 설계를 위한 요소 기술 개발 디지털기술을 접목한 교량설계 프로세스 체계 구축 교량 부속장치 성능평가 기법의 고도화 및 내구성 향상 방안 제시
3 단계 (12개월)	<ul style="list-style-type: none"> 개발된 선진 교량 해석 및 설계 기술의 실용화 	<ul style="list-style-type: none"> 교량의 정밀해석 기법 및 LRFD 설계기준(안) 제시를 위한 실용기술 개발 강교량 선진 설계기술 및 LRFD 설계기준(안) 정립 선진화된 콘크리트교량의 설계 및 해석 기술의 실용화 및 기술이전 디지털기술을 이용한 교량설계 통합프로세스 완성 교량부속시설 설계, 시공 및 성능평가의 표준화



제 1 단계 연구에서는 각 세부과제별로 기반 기술을 확보하며, 국내외의 기술 현황을 조사하고 각국 설계기준을 검토하여 국내 고유의 설계기준 작성을 위한 기반기술을 확보할 것이다. 제 2 단계 연구에서는 신뢰성 기반 설계기술 개발을 위한 요소기술을 각 세부과제별로 개발하고, 이를 종합한 신뢰성기반 설계기준의 초안이 작성될 것이다. 제 3 단계에서는 신뢰성기반 설계기준(안)을 제시하고, 연구단을 통하여 개발된 선진 교량 해석 및 설계기술의 실용화를 추진하게 된다. 각 연구단계의 종료 시점에는 각 연구분야의 첨단 교량신기술을 접목하여 실규모의 Virtual bridge에 대한 Proto-design 연구가 진행될 것이다. 특히, 연구의 마지막 실용화 단계에서 추진될 Proto-design 단계에서는 세계수준의 기술력이 집약된 특수/장대교량에 설계가 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

연구단의 연구수행 추진체계는 다음의 4가지 항목, 즉 연구 시너지효과의 극대화, 기업의 참여 유도 및 연구성과의 실용화, 운영위원회를 통한 과제진도 관리와 자체평가 및 예산집행, 그리고 인적 네트워크를 통한 자문위원단 구성 등에 특별히 주안점을 두고 계획되었다. 각각의 항목에 대하여 증점적으로 고려된 사항은 다음과 같다.

i) 연구 시너지효과 극대화

이 연구단은 각 참여 연구 기관이 독립적인 세부 연구과제들을 수행하게 되는데, 학계가 주축이 되는 세부과제는 참여연구기관과 참여기업체들이 연구결과를 공유하게 되는 공공성이 강한 과제인 반면 연-산이 주축이 되는 세부과제는 직접 실용화를 목적으로 이루어지는 상업성이 강한 연구 과제이다. 따라서, 참여연구진 및 참여기업간의 워크숍을 정기적으로 개최함으로써, 서로 독립적인 세부과제들을 수행하는 참여연구기관간의 학제간 교류를 유도하고, 전체연구를 하나의 목표 아래 조율하여 산-학-연 연구사업단의 연구 시너지 효과를 극대화시킬 것이다.

ii) 기업 참여 유도 및 연구성과의 실용화

지금까지 정부의 건설기술 연구개발사업을 통해 얻어진 사업성과를 산업현

장에 실용화한 실적은 매우 저조하였다. 이는 연구개발사업에 기업의 수요에 의한 적극적인 참여가 미비하였기 때문이다. 이러한 문제의 해결을 위하여 각각의 세부연구과제 선정시 관계 기업들의 자발적인 참여를 유도할 수 있도록 최대한 배려하였고, 참여기업이 특정 세부과제참여에 참여의사를 표시하는 경우 해당 연구과제에 적극적으로 참여할 수 있도록 체계를 정비하였다. 또한 타 세부연구과제의 연구성과물에 대해서도 지적소유권 한도내에서 최대한 공유할 수 있도록 참여기업 컨소시엄을 구성하였다. 참여 기업들의 수요에 부합할 수 있는 연구세부과제들과 연구성과물을 최대한 공유할 수 있는 시스템을 구성함으로써 향후 참여기업들이 연구결과를 손쉽게 실용화하고 상용화할 수 있는 체계를 도입하였다.

iii) 운영위원회를 통한 과제진도 관리, 자체평가 및 예산집행

중장기 집중 연구사업에서 과제 운영의 투명성은 필수적이다. 여러 세부과제 수행기관과 기업체들이 같이 참여하는 TRM상의 연구의 수행이 제대로 수행되고 있는지를 점검할 수 있는 자체적인 진도관리와 엄정한 예산집행을 위해 운영위원회를 설치한다. 특히할만한 것은 연구단장이 주관하는 세부과제별 수행능력평가제도를 도입하여, 연구수행성과가 우수한 연구팀에는 예산증액등의 인센티브를 부여하고, 연과성과가 미비하거나, 향후 연구성과가 불확실한 연구과제의 경우는 예산삭감 또는 지원중단등의 과감한 조치를 통하여, 각 연구과제간의 자발적인 경쟁을 유도할 것이다.

iv) 인적 네트워크를 통한 자문위원단 구성

연구단에 참여하는 산-학-연을 통해 구성되어 있는 인력네트워크를 통해 연구단에 직접적으로 참여하지 않지만 각 세부연구분야에 조예가 깊은 각계 전문가들로 구성된 자문위원회를 설치하고, 연구과제 수행 중에 발생할 수 있는 문제점들을 능동적이고 적극적으로 대처해 나간다.

V. 결론

교량설계핵심기술연구단은 “Bridge Korea 2010”의 비전을 제시하고, 국내 교량해석 및 설계기술의 선진화 목표를 달성하기 위해 국내 최고 수준의 연구진 구성과 가장 필수적인 연구주제 선정, 효율적인 경쟁체제를 도입한 연구추진체계와 이를 효과적으로 뒷받침하는 연구단의 운영방침을 수립하였다. 한국 건설산업이 시장개방 및 세계경제의 통합화 추세에 적극 대처할 수 있도록 하기 위해서는 기술경쟁력의 확보가 우선적이며 이 중 교량해석 및 설계기술의 선진화는 국내외 건설시장에서 차지하고 있는 규모로 보아 시급히 해결해야 할 최우선적인 과제이다. 이를 위해 “실용화”와 “Global Standard”의 확립, 그리고 특정분야에서의 세계 선도기술 개발이 이루어지도록 세부적인 TRM을 작성하고 이에 맞추어 연구추진계획을 수립하였다. 우리나라가 교량 해석 및 설계분야에서 현재의 뒤쳐진 기술력을 극복하고, 국제경쟁력을 확보하여 관련 시장의 세계화 추세 속에서 생존하기 위해서는 우수한 연구인력의 집합체를 통한 집중적인 연구 수행이 가장 효율적이고 합리적인 대안이 될 것이며, 교량설계핵심기술연구단은 이러한 취지를 바탕으로 오랜 기간의 준비과정을 거쳐 조직되었다. 이에 연구단은 우리나라 교량기술이 세계강국으로 도약하기 위한 초석 마련의 중추적 역할을 담당하게 될 것이며, 이를 통해 한국 교량기술의 국제적 선도화가 이루어질 것으로 기대한다.