

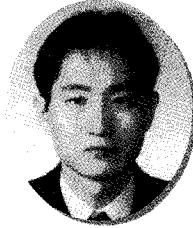
지반구조물 신뢰성 기반 성능설계법 연구동향



윤길립
한국해양연구원
책임연구원



이규환
건양대학교
건설시스템공학과 조교수
(khlee@konyang.ac.kr)



김홍연
한국해양연구원
연구원

1. 개요

토목공학이나 건축공학 설계기술의 발전역사를 되돌아보면, 지난 수세기 동안 시방기준을 이용한 (specification-based) 설계법이 토목공학 및 건축구조물 설계에 상당한 기여를 해왔다. 그러나 설계, 시공 그리고 시공된 시설물들에 대한 기존의 설계법은 획일화 되고 제한된 설계기준에 의존함으로써 인해 다양한 성격을 가진 토목구조물 설계에 적합하지 않은 경우가 종종 발생하기도 하였다. 현대 사회에서는 사회기반시설을 유지하기 위한 비용이 상당한 수준에 도달하였으며 사회기반시설의 구축에 대한 사회적 시각도 변화하고 있다. 예를 들면, 토목구조물을 완성하기까지의 과정이 “설계-시공”이란 단순한 개념에서 “설계-시공-보증”, “재정-설계-시공-운

영” 등으로 진화해 가고 있다.

그러나 아직까지도 많은 국내 지반기술자들에게 “성능설계(performance-based design, PBD)”란 개념이 익숙하지 않고 생소한 것이 사실이다. 외국의 경우에는 허용응력 설계법이나 강도설계법 등과 같이 토목구조물 설계에 일반적으로 사용되어 왔던 전통적인 설계법이 한계상태설계법으로 발전하여 성능설계라는 새로운 기법으로 토목구조물 설계분야에 소개된 지도 벌써 10여년 이상이나 되었다.

“성능설계”란 시방기준에 정해진 설계기법과는 달리 설계자나 계약자가 보다 유연성을 가지고 설계와 시공을 할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 또한, 구조물의 중요도에 따라 요구되는 성능기준을 조절함으로써 보다 경제적인 설계나 시공이 되도록 하는데 있다.

토목기술자는 다른 산업분야와 비교하여 명확히 개념화 하거나 특성화 하기 어려운 매우 크고 복잡한 구조물들을 설계, 시공, 관리한다. 일반적으로 토목구조물은 구조물의 종류에 따라서 짧게는 몇 개월에서 부터 길게는 수백년 이상의 수명(life cycle)을 가지고 있다. 국내 및 세계 건설시장의 경쟁이 치열해짐에 따라 최소의 비용과 위험도를 가지고 요구된 성능과 품질을 만족시킬 수 있는 설계가 건설분야의 생존을 위해 필수적 사항으로 되었다. 최근 들어 이러한 세계적인 조류에 발맞추기 위해서 국내에서도 구조물 성능설계 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서, 조금이나마 국내 지반기술자들의 이해를 돕기 위해 성능설계에 대한 기본적인 개념과 세계적인 연구동향에 대해 소개하고자 한다.

2. 국내 성능설계 현황

2.1 개요

우리나라의 건설기술은 선진국의 70% 수준으로 설계 등 엔지니어링 기술, 품질, 안전 관련 기술 및 건설자재 생산 기술의 낙후가 건설산업 발전에 큰 저해요인으로 작용하고 있다. 또한 건설기술을 선도하는 엔지니어링 기술의 대외 경쟁력이 미약하고 대형 건설공사의 사업기획, 기본설계, 감리 등은 선진국 업체에 의존하는 경향이 적지 않은 것으로 나타났다. 이와 같이 건설기술 발전이 늦은 이유는 건설 현장에서 신기술, 신공법, 신자재의 적용이 활발치 못하기 때문이다. 이같이 신기술, 신공법 등의 현장 적용이 활발치 못한 것은 설계와 시공이 분절, 시공 단계에서 생성된 정보가 설계 단계에 제대로 피드백

(feed-back)되지 못하고 최신공법이나 자재를 반영한 시공성을 갖춘 설계가 미흡하기 때문이다. 또한, 최저가 낙찰이 일반화되면서 기술력에 의한 경쟁이 이루어지지 못하고 있는데다 입찰 및 PQ제도 시행 과정에서 기술능력에 대한 변별력이 미흡하다는 것도 건설기술 발전의 속도를 저해하는 요인으로 지적되고 있다.

특히, 이러한 기술적인 문제를 해결하기 위해서는 설계, 엔지니어링, 감리 측면에서 성능설계의 도입과 설계의 품질 확보, 성능 설계를 위한 법령 및 시방서 개편, 신자재 및 신기술의 적용 확대가 필요하다. 또한 토목구조물 설계기준 등에 관한 규정, 각종 시방서 등을 성능 규정 방식으로 전환해 관례적인 시방설계(prescriptive design)에서 성능지향적 설계(performance-oriented design)로의 축진이 요구된다. 건설교통부가 제정한 표준시방서 및 설계, 시공기준을 개편해 ISO 표준체계, 구조물의 유로코드(eurocode) 체계 등 국제 표준과의 적합성 확보가 필요하다.

2.2 국제기술표준 관련 국내 기술기준의 문제점

국제표준을 개발 및 보급하는 ISO(International Organization for Standardization)에서는 국제표준으로서 관련 기준을 채택하기 위해서 미리 기술위원회(technical committee, TC) 및 부속위원회(subcommittee, SC)의 검토를 거쳐 최종 국제 표준기준의 시안(Final Draft of International Standards, FDIS)이 만들어진다. 이러한 FDIS는 ISO 모든 회원 국가에 배포되며 국제 표준으로 채택되기 위해 회원국의 투표를 거쳐게 된다. 총 참가회원국의 투

표에서 2/3의 승인이 있으면 통과되며 1/4이 되지 못하면 승인이 거부된다.

한편, 국가간의 기술장벽을 제거하고자 하는 국가 간 GATT/TBT협정이 '79. 4. 12 스위스 제네바에서 채택되어 '80. 1. 1 발효되었으며, 이는 우루과이라운드 협상('86~'94) 결과 동 협정이 WTO(World Trade Organization)/TBT 협정으로 대체되었다. 무역상 기술장벽(Technical Barriers to Trade, TBT)이란, 무역상대국간에 서로 상이한 표준(standard), 기술규정(technical regulation), 인증절차(certification procedure), 검사제도(inspection system) 등을 채택, 적용함으로써 상품 및 서비스의 자유로운 이동을 저해하는 무역에 있어서의 제반 장애요소를 말한다. 따라서, 국제적인 표준으로서 채택된 기술기준이 특정 국가의 기술수준 및 제도, 표준, 기술규정 등과 상이하여 무역상의 장벽이 발생할 때에는 국가간의 무역 분쟁이 발생할 수 있게 되는 것이다.

ISO의 경우 유럽국가를 중심으로 운영되고 있으며 현재까지 상당기간 동안 ISO의 활동이 이루어져 왔으나 건설관련 표준화 작업에는 투표권이 없는 O-member로 참여함으로써 향후의 건설시장 다변화에 대비한 우리의 입장과 기술적인 문제점을 반영하지는 못해왔다. 그러므로, 기술수준이 아직까지는 미약하고 준비가 되지 않은 우리나라의 경우 새로운 국제 표준에 대비하지 않고서는 앞으로 해외 건설시장에 진출하거나 외국 건설관련 업체의 국내 건설시장 진출시 기술적인 문제는 물론 국제적인 문제에 봉착할 수 있음을 간과할 수 없게 되었다.

현재까지는 건설관련 구조물을 설계하는 경우에는 소위 사양서를 기준으로 하여 구조물을 설계(specification-based design)하여 왔다. 그러나, 사양서를 기준으로 하는 설계법이 구조물의 공용성 및

신뢰성에 기초한 새로운 설계기준(performance-based design or reliability-based design)으로 빠르게 변화하는 현 추세에 비춰볼 때 이같은 설계법은 많은 문제점을 안고 있다. 무엇보다도 사양서를 기준으로 한 설계는 필요한 요구조건을 아주 세부적으로 제시하고 있기 때문에 목표하는 성능을 달성하기 위한 다양한 접근방법을 배제함으로써 설계자의 창의력을 제한하고 있으며 설계자로 하여금 현실에 안주하도록 한다는 것이다. 또한, 새로운 기술에 대한 적용을 어렵게 함으로써 결과적으로 기술발전의 장애요인으로 작용하고 있는 것이 현실이다.

국내의 경우 한계상태설계법에 대한 체계적인 연구의 미비로 국제적인 기술조류의 대열에 능동적으로 참여하기가 곤란하여 선진국의 수준 높은 설계기술의 도전에 적절히 대처할 수가 없는 실정이다. 우리의 경우 국제적인 기술조류에 따라 관련 설계법에 대한 연구의 필요성은 이전부터 인정하고 있었지만 개인적인 연구에 그치고 있으며 국가 차원에서는 2001년부터 실제적인 연구에 착수하게 되었다. 한계상태설계법의 국내 적용을 위해서는 구조물의 한계상태에 대한 정량적이고 명확한 정의가 필요하다. 예를 들어 사용한계상태는 그 상태로 구조물 또는 부재가 만족하지 않으면 안되는 변형량, 균열폭 등의 조건에 의한 정량적인 정의가 필요한 것이다. 또한, 설계시점에서 불확정 요인의 합리적인 고려가 필요하다. 즉, 사용기간 중에 작용하는 외력의 변동성 및 실제로 작용하는 외력과 설계하중의 차이나 또는 재료강도, 단면치수, 재료시험 결과를 구조물에 적용할 때 포함되는 불확실성에 의한 부재, 구조물 강도의 변화 등을 충분히 합리적으로 고려하여야 한다. 결국, 한계상태설계법을 구조물 설계에 도입하기 위해서는 구조물 거동의 복잡성, 지반의 강도

특성이나 여러 설계공법과 그 품질 등에 관한 통계 및 확률량, 상부구조의 기능에 대한 간접적 평가 등 수많은 과제를 극복하여야 한다. 그러므로, 한계상태의 정의에 관계되는 사항과 해외 선진국의 연구 및 개발동향을 우선적으로 분석하고 그 대처방안을 사전에 국가적인 차원에서 대비하여야 한다.

또한, 국제적인 기술표준화에 대한 건설관계자의 인식부족으로 새로운 설계법에 대한 기술적인 적용 문제가 해결되어도 실제 적용과정에서 실무자들 사이에 상당기간 동안의 혼란이 예상되며, 관련되는 각종 건설기준이 새로운 설계법에 부합될 수 있도록 하기 위해서는 많은 노력이 투입되어야 할 것으로 보인다. 따라서, 새로운 설계법이 우리의 건설환경에서 제 기능을 발휘하기 위해서는 어느 정도의 시일이 필요하며 많은 노력과 관심이 있어야 할 것이다.

3. 외국의 성능설계

3.1 성능설계 동향

ISO 설계표준 규정 중에서 건설 설계분야와 직접적으로 관련있는 것은 ISO 2394 즉, “구조물 신뢰성

에 관한 일반원리(general principles on reliability for structures)”이다.

그림 1과 같이 ISO 2394, 유로코드, 성능설계 기준에 대한 국제적, 지역적으로 통용 가능한 설계코드 개발에 대하여 국제적 동기가 1995년 WTO/TBT에 의해 조약되었다. 이러한 목적을 달성하기 위해 성능기반설계법(PBD)과 한계상태설계법(Limit state design, LSD)이 기본 설계법으로 채택되었다.

ISO 부속위원회 중 TC 250인 CEN(European Committee for Standardization)은 유럽 18개 국가로 구성되어 있으며 현재 구조물의 모든 분야를 다루는 소위 유로코드를 개발하고 있다. 총 9개 부분으로 이루어진 유로코드도 공용성을 기준으로 한 한계상태설계법에 기초하고 있다. 미국과 캐나다를 중심으로 한 북미는 유로코드에 대응하여 현재 하중-저항계수 설계법(LRFD)을 개발하여 왔다. 이는 미 도로교통 협회(AASHTO)의 설계기준으로 이미 채택되었고, 미 표준협회(ANSI)의 빌딩 및 구조물에 대한 설계기준에도 포함되었다. 또한 1989년 이후, 지진에 대비한 설계기준에서도 매우 관심있게 한계상태설계법의 채택에 대해서 토론되고 있다. 그림 2는 성능설계기준에 대한 국내외적 기술동향을 나타내고 있다.

그림과 같이 북미와 유럽의 경우 한계상태설계법

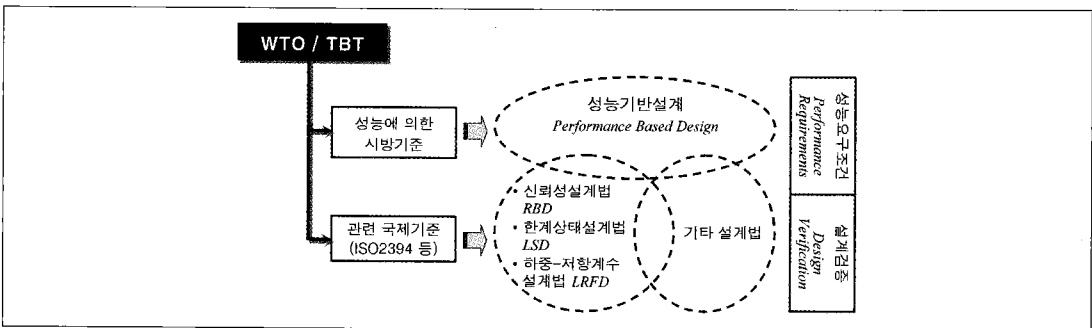


그림 1. 성능설계에 관한 WTO/TBT 조약 (Honjo Y.)

을 구조분야 뿐만 아니라 지반분야에서도 적용하고 있으며 점차 그 사용빈도를 증가하여 표준화된 시방으로 사용할 계획이다. 그러나 아시아의 경우, 싱가포르와 홍콩, 일본 등을 제외하고는 한계상태설계법에 대한 관심이 저조한 실정이다. 따라서, 아직도 허용응력 설계법이 지반구조물 설계의 대부분을 차지하지만 한계상태설계법의 적용도 점점 증가하는 추세이다. 특히, 미국의 경우, AASHTO는 1994년 LRFD 설계법을 채택하였으며 2002년에 하중-저항계수에 대한 지침서를 출간하였다. 미 연방도로국(FHWA)에서는 2004년 기준으로 약 23개 주에서 교량기초 설계시 LRFD 설계법을 부분적으로 적용하고 있으나 2007년까지는 모든 주에서 교량설계시 LRFD 설계법을 사용토록 지침을 정하였다.

3.2 국제 표준화 위원회 (ISO)

ISO는 스위스의 제네바에 본부를 두고 있고 1974년에 창설된 비정부 국제조직으로서 국가간의 물물

교역 및 그와 관련된 활동, 표준의 개발, 또한 국가 상호간의 지적, 과학적, 기술적 및 경제적인 활동 개발을 촉진시킬 목적으로 조직되었다. ISO는 현재 130개 국가를 회원국으로 하고 있으며, 기본적인 표준으로서 품질관리를 목적으로 한 “ISO 9000 시리즈”와 환경관리를 목적으로 한 “ISO 1400 시리즈”를 제정하였다.

위에서 언급했듯이 ISO 설계표준 중에서 건설설계 분야와 직접적인 관련이 있는 분야는 ISO 2394이며, 현재 국제적으로 토목 및 건축 구조물에 대한 실험과 설계에 대한 표준은 이것을 통해 규정하고 있다. 이러한 ISO 2394는 기본적으로 공용성 및 신뢰성을 기준으로 한 한계상태설계법을 채택하고 있다. 그러므로 구조물은 대상 구조물의 한계상태 조건에서 필요로 하는 공용성을 확보하도록 설계되어야 한다.

한계상태설계법을 기본으로 CEN에서 개발하는 유로코드는 총 9개 부분으로 이루어져 있으며, 이 중 part 7이 지반구조물 설계에, part 8은 내진설계에 관련한 것이다. 그림 3은 지반공학적 설계, 시공 및

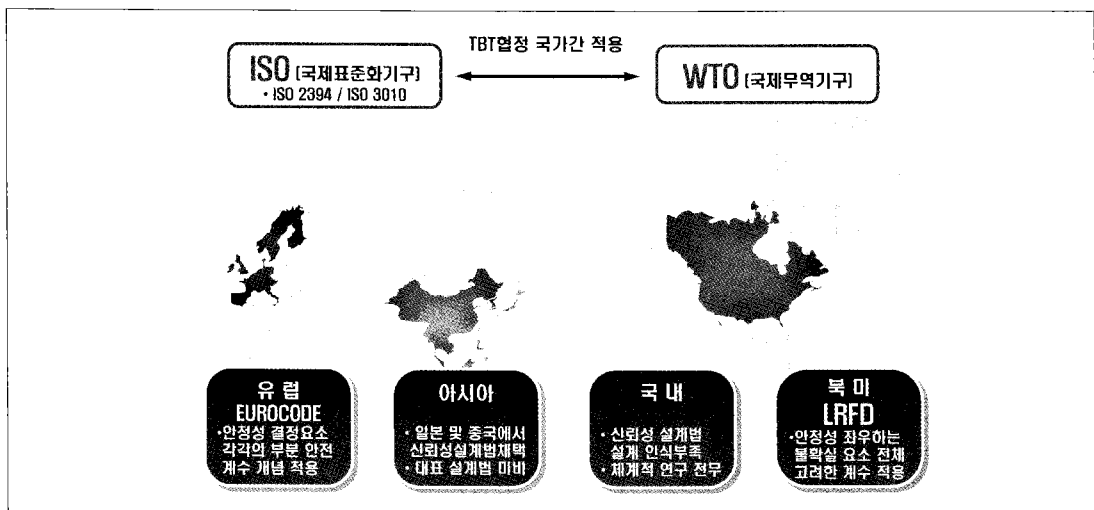


그림 2. 성능설계기준의 세계적 동향 (Yoon G.)

시험에 대한 국제기준을 나타내고 있다. 설계, 시공 및 시험에 대한 각 기준은 CEN을 중심으로 각 TC로부터 기준이 제정되고 특히, 설계분야는 TC 250 산하 부속위원회(SC7)에서 담당한다.

유럽 및 북미와 비교할 때 아시아 지역은 새로운 코드개발의 시작이 뒤쳐지는 실정이지만 일본의 경우 늦게나마 자국에 적합하고 유리한 기준이 반영되도록 적극적으로 이들 위원회에 참여하고 있다. 우리나라도 늦은 감은 있으나 세계 건설시장에서 살아남기 위해서는 적극적인 참여가 요망된다.

4. 국내 성능설계 연구동향

국내 지반공학 분야에서의 연구는 신뢰성 해석에 기초한 깊은 기초의 설계를 중심으로 이루어져 왔다. 말뚝의 지지력 평가 연구와 신뢰도 해석에 근거한 말뚝의 여러 가지 지지력 예측방법들의 안전율을 제시한 연구 등이 수행되었으며, 비선형 구조물에 대한 추계학적 신뢰성 해석 및 실제 구조물에 대한 신뢰성 해석 알고리즘 개발, 그리고 축하증을 받는

말뚝구조물의 신뢰성 해석에 대한 연구 등이 수행되었다. 이러한 개별적인 연구 외에도 분야별로 국책 연구기관을 통하여 많은 연구가 진행되었거나 진행중에 있으며, 몇 가지 대표적인 연구과제를 표 1에 제시하였다.

2002년 국토연구원에서는 “민간투자사업의 성능 제안형 방식도입에 관한 연구”에서 성능설계의 필요성 등에 대하여 연구한바 있다. 또한, 건설교통부 주관으로 기초구조물 LRFD 저항계수 개발에 관한 연구(건설교통부 2004~2006)가 진행되었으며, 한국해양연구원에서는 차세대 항만설계 기술개발(해양수산부 2001~2005)의 일환으로 항만시설물 설계 관련 기반연구를 수행한바 있다. 그러나 아직까지 깊은 기초(말뚝)의 성능설계 개념에 대해서는 약간의 연구가 진행되었으나, 성능설계 기준의 지침이나 기준정립에 대한 연구는 미흡하다. 기초구조물과 관련이 있는 얇은 기초, 철도구조물, 지반조사, 터널, 사면, 연약지반 등에 대한 연구는 전무한 실정임으로 이러한 구조물에 대한 성능설계 기준이 정립되어야 구조물 설계에 필요한 자료를 확립할 수 있다. 이를 위해 2006년도 건설교통기술연구개발사업의 일

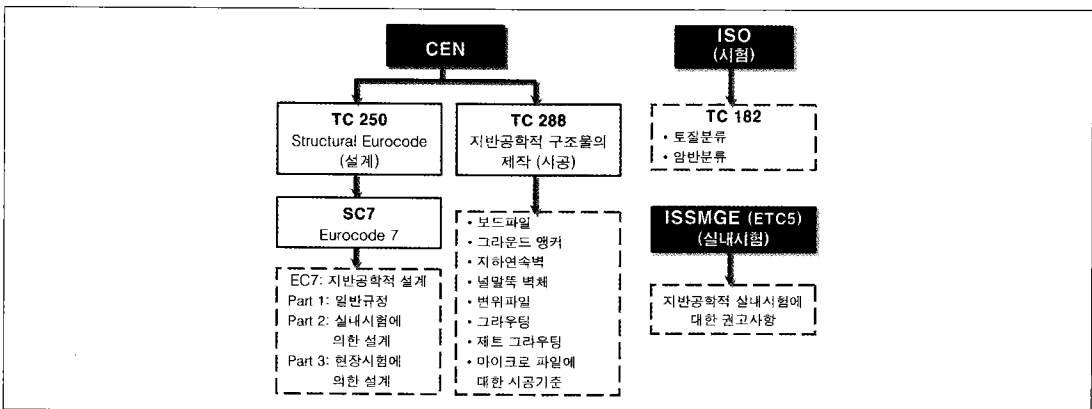


그림 3. 지반공학 적 설계, 시공 및 조사에 대한 국제기준 개발(Orr T. 등)

지반구조물 신뢰성 기반 성능설계법 연구동향

표 1. 국내 성능설계 관련 연구과제 현황

부처명	사업명	과제명	비고
국토연구원		민간투자사업의 성능제한형 방식도입에 관한 연구	2002
건설교통부	건설핵심기술 연구개발사업	기초구조물 LRFD 저항계수 개발	2004~2006
해양수산부	첨단항만 건설기술	차세대 항만설계기술 개발	2001~2005
해양수산부	첨단항만 건설기술	항만구조물 신뢰성 설계법 개발	2006~2010
건설교통부	건설교통 R&D 정책인프라 사업	성능중심의 건설기술기준 작성지침 개발	2006~2007
건설교통부	건설교통 R&D 정책인프라 사업	성능중심의 건설기준 정비 및 표준화	2007~2008

환으로 구조물 기초분야 성능중심의 건설기준 정비 및 표준화에 대한 연구가 현재 진행 중에 있다. 이 연구의 목적은 각종 표준시방서 및 설계기준을 성능중심으로 정비하고 국제 기준에 맞게 표준화하기 위해서 시설물별로 표준시방서 및 설계기준 제, 개정을 지원하기 위한 기초연구 수행, 설계 및 시공지침 등의 작성을 통하여 국내 표준시방서 및 설계기준을 선진국 수준으로 향상시키는데 있다.

5. 각국의 성능설계 동향

5.1 미국의 설계동향

LRFD 설계법은 미국을 포함한 북미에서 사용되는 대표적인 설계법이다. 미국에서 설계법의 변천과정을 살펴보면 1931~1971년 허용응력 설계법(WSD), 1971~2007년 하중계수 설계법(LFD), 그리고 2007년 이후 하중-저항계수 설계법(LRFD) 순으로 발전해왔다. 이미 오래전부터 구조공학 분야에서는 LRFD가 적용되고 있으며, 이는 지반공학 분야에서의 LRFD 적용을 촉진시키는 요인으로 작용하였다. AASHTO는 1994년 LRFD 설계법을 채택하였으며, 2002년에 하중-저항계수에 대한 지침서를 출간

하였다. FHWA의 경우, 교량기초 설계시 2004년 기준으로 약 23개 주에서 LRFD를 부분적으로 적용하였으나 2007년까지 모든 주에서 교량설계시 LRFD를 적용토록 지침을 정하였다.

5.2 일본의 설계동향

일본에서는 이미 10여년 전에 건설분야에 성능설계법이 도입되었다. 일본에서는 2004년 제방, 매립지반, 댐 등의 구조물에 대한 성능설계법의 적용성을 검증하기 위한 위원회가 조직되었으며, 하부조직으로 다음과 같은 3개의 소위원회를 두고 활발한 활동을 펼치고 있다.

- WG(Working Group) 1: 지반 구조물의 지반설계 코드에 대한 연구
- WG(Working Group) 2: 지반 구조물의 성능평가 방법 연구
- WG(Working Group) 3: 지반 구조물의 성능기반설계를 위한 조사 시스템

- 1) 입찰시 마다 입찰자들의 기술적인 능력을 조사하여야 한다.
- 2) 민간부문에서 제안된 기술의 채택을 고려하여야 한다.

3) 기술제안의 효과적 이용, 상호간의 대화, 제안에 근거한 최고 금액의 평가와 같은 필요한 조치는 반드시 고려하여야 한다.

새로운 시스템에서 설계자와 계약자는 최소의 비용과 위험으로 구조물이 “요구된 성능”에 도달하도록 노력하게끔 되어 있다. 현재 일본에서 채택되고 있는 새로운 제도는 다음과 같다.

- 1) 설계-시공 시스템(Design-Build System) : 기본적으로 설계와 시공이 별개의 회사에 의해서 이루어진다. 그러나 설계-시공 일괄시스템이 적용되고 있는 경우도 있다.
- 2) 가치공학 시스템(Value Engineering System) : 이 시스템은 비용을 줄이면서 프로젝트의 질을 향상시키는데 그 목적이 있으며, 입찰단계나 입찰이후 단계에서 채택이 될 수 있다. 계약이후 VE단계에서 VE에 의해 절약된 비용의 반은 계약자에게 되돌아간다.
- 3) 기술제안통합평가시스템(Technical Proposal Integrated Evaluation System) : 이 시스템에서, 공기업 발주 담당자들은 특별한 공공 토목

공사에 대한 가격 입찰뿐 아니라 기술제안서를 제출할 것을 요구한다. 이후 발주자들은 가격과 기술적인 제안사항들을 고려하여 각각 입찰서를 평가한 후 품질, 공정계획, 설계 및 시공에 대한 안정성 등의 요소를 재검토한다.

- 4) 요구성능 주문시스템(Performance Requirement Ordering System) : 시스템은 1998년 이후 포장공사를 위해 도입되었다. 최대 교통 소음은 “요구성능”으로 규정된다. 또한, 공사 완료 1년 후의 포장성능에 대하여 규정한다.
- 5) 민간투자사업(Private Finance Initiative) : 1999년 일본은 민간투자사업 법령이 제정된 이후 7년 후인 2005년 9월까지, 212개 이상의 프로젝트가 민간투자사업 법령을 통하여 이행되었다.

특히, 일본의 경우 1997년부터 일본지반공학회 주도로 연구를 지속하여 최근에 지반분야의 성능설계 기준인 Geocode 21(Principles for Foundation Designs Grounded on a Performance-based Design Concept)을 발간하였다. 그림 4는 Geocode 21에서 제시하는 성능설계에 대한 개요를 보여주고 있다.

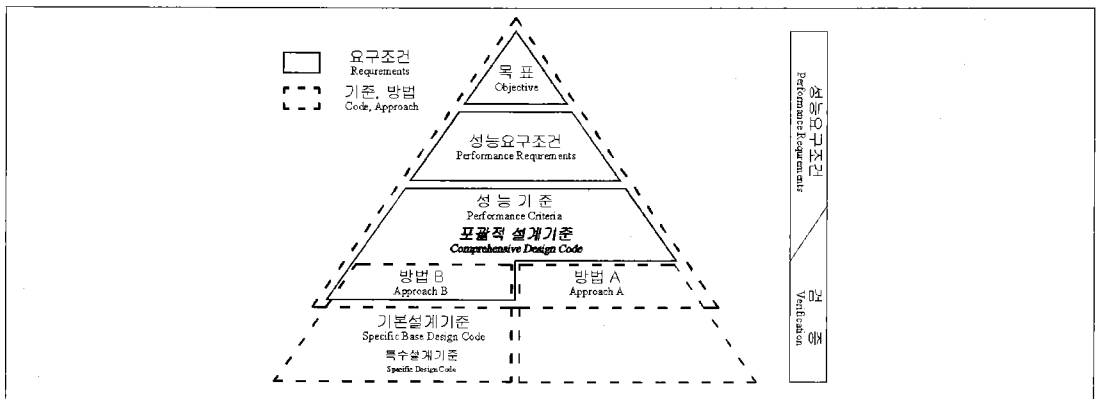


그림 4. Geocode 21의 성능설계 개념 (Honjo Y.)

5.3. 유럽의 성능설계 동향

5.3.1 영국

유로코드(structural eurocodes)는 구조물 설계를 목적으로 지난 20여년 동안 개발된 유럽지역의 코드를 모아놓은 것이다. 2010년 이후에는 이 설계법이 현재 빌딩이나 토목설계에 적용되고 있는 BS(British Standard)기준을 대신 할 수 있는 설계법이 될 것으로 예측하고 있다. 영국의 경우, 지방정부에서 근무하는 기술자의 수가 적기 때문에 컨설팅 엔지니어가 중요한 역할을 담당하고 있다. 시공사가 자체 설계능력을 가지고 있는 경우, 시공사 자체로 설계 및 시공계약을 할 수 있지만 그렇지 않은 경우에

는 컨설팅 회사나 협력회사와 계약을 맺어 이행할 수 있도록 되어있다. 간혹 발주자, 컨설턴트 및 시공자 사이에 상호 협력계약을 맺어 일을 추진하기도 한다. 특히, BS기준에는 융통성 있는 부분이 있기 때문에 컨설팅 기술자가 함께 할 수 있는 여지가 충분하다.

전통적인 방법, 설계-시공일괄, 그리고 설계-시공-금융-운영(Design, Build, Finance & Operate, DBFO)계약은 영국에서 이루어지는 일반적인 계약 형태이다. 그러나 이러한 유형의 계약에서 문제가 발생하는 경우, 전문 변호사에 의뢰하여 해결하고 있다. 영국의 시스템에서 특이한 점은 설계자들이 전문가 보장보험에 의해서 보증되고 있다는 점이다. 표 2는 영국에서 발주자, 설계자 및 시공자 간에 위

표 2. 각 계약형식에 따른 위험 분배 형식

▲ 전통적 □ 설계-시공일괄 ● 설계-시공-금융-운영	발주자	설계자 1 (발주자를 위한 기본설계)	설계자 2 (계약자를 위한 세부설계)	계약자
재원용통	▲▲▲▲ □□□□ ●			●●●
요구사항 지정	▲▲▲ □□□ ●●	▲ □		●●
영구적 과업설계		▲▲▲▲ □□ 아웃라인 ● 아웃라인	□□ 세부 ●●● 세부	
시공방법			▲ □ ●	▲▲▲ □□□ ●●●
유지관리	▲▲▲ □□□ ●			▲ □ ●●● 용인
운 영	▲▲▲▲ □□□□ ●			●●● 용인
설계 리스크	▲▲▲ □ ●	▲	□ ●	□□□ ●●●
시공 리스크	▲▲ □			▲▲ □□□ ●●●●

험을 분배하는 예를 보여주고 있다. 표에서 알 수 있듯이 전통적인 설계법에서 DBFO로 갈수록 유연성은 증가하지만 계약자의 위험도 증가한다. 컨설턴트는 설계 검토자뿐 아니라 고용주의 대리인 역할을 할 수가 있어 영국에서 컨설턴트가 차지하고 있는 중요성을 알 수 있다.

5.3.2 프랑스

영국과 프랑스는 다른 유럽 국가들에 비해 중앙행정시스템이 강하다. 프랑스의 경우, 정부의 역할은 점점 감소하고 있는 추세이다. 설계는 주로 발주자 또는 계약자에 의해 이루어지며, 설계자 개인은 보험 계약이 되지 않는 대신에 회사들이 보험에 가입하고 있다. 특히, 설계자, 발주자 간의 기술적인 업무에 대한 책임소재가 명확하게 규정되며, 건설시스템이 어떻게 발주자, 설계자 및 계약자 사이에 정보를 공유하는 것을 매우 중요하게 생각하고 있다.

5.3.3 독일

독일의 경우, 발주자는 기본설계를 담당하고 시공자가 상세설계를 담당한다. 설계의 검증 진행과정에

서는 독립적 존재인 설계 검토자가 중요한 역할을 한다. DIN에서는 어떠한 임의적 해석을 허락하지 않는다. 그리고 ‘~해야한다(Should be)’와 같은 표현은 사용하지 않는다. 그렇다고 DIN이 보수적 성향만을 고집하지는 않으며 유연성 있고 경쟁력있는 설계를 사용할 수 있도록 해준다. DIN에 의한 설계는 설계보증의 관점에서 볼 때 중요한데 설계자가 DIN 표준을 벗어나서 설계를 하는 경우에는 보다 많은 위험을 감수해야 한다. 보험회사는 설계자 보다는 조직을 보호하려는 성향이 있으며 발주자나 계약자들 사이에서 법적소송이 발생하는 경우, 컨설턴트에게 잘못에 대한 판단을 의뢰한다. 만약 소송에서 지는 경우 보험에서 지불해 주지 않기 때문에 막대한 재정적 손실이 발생한다.

그림 5는 독일에서 발주자와 계약자 사이의 전형적인 관계를 보여주고 있다. 발주처들이 기본설계를 담당하고 주 계약자들은 마지막 상세한 설계를 담당하며 예비설계와 상세설계는 독립적인 기술자에 의해 검토가 된다. 이러한 독립적인 검토자들은 주정부에 의해서 지명되며 대략 50여명으로 구성되어 있다.

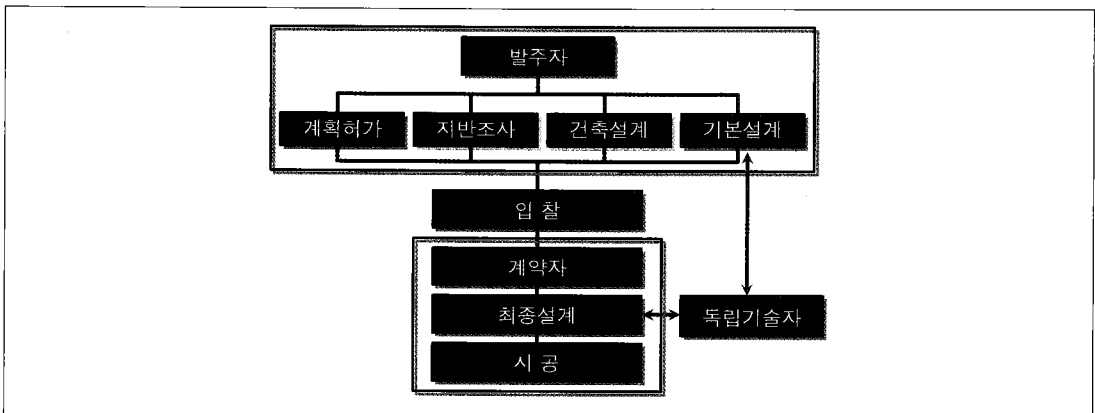


그림 5. 독일의 시스템

6. 향후 대처방향

ISO 등 표준화와 관련된 국제적 또는 지역적인 기구나 단체들의 기술표준화 작업이 빠른 속도로 이루어지고 있고 최근 일본의 주도로 아시아 지역에서도 Asia Concrete Model Code의 제정이 진행되고 있으며, 상품과 서비스의 자유로운 교역의 촉진이라는 WTO의 기본이념을 고려할 때 머지않아 ISO 등의 국제적인 기술표준이 각국의 기술표준으로 자리잡을 것이 확실하다.

이같은 세계적인 추세에 능동적으로 대처하기 위해서는 무엇보다도 미래지향의 발전적 기술기준 체계를 마련하는 것이 무엇보다 시급하다고 할 수 있겠다. 이를 위하여 먼저 국내 설계기준의 이원화를 이루어야 한다. 국제적인 표준에 부합되면서 국내의 특수한 요구조건을 정하는 성능기준과 이를 달성하는 기술적인 방법과 절차를 규정하는 기술기준으로 구분하여야 할 것이다. 성능기준은 국제적인 표준에 부합되면서도 국가별로 특수하게 요구되는 사항과 하중조건, 성능요구사항, 사회·환경관련 요구사항 등을 포함하도록 규정함으로써 법적인 강제성을 가지게 되나, 하위개념의 기술기준은 국제적으로 공통되는 자연과학적 및 공학적 분야를 포함하고 성능목표를 달성하는 기술에 관한 구체적인 시방과 방법 등을 제시함으로써 설계자에게 대안을 선택할 수 있는 자유를 보장하여야 한다. 다시말해, 기술의 규격에 관한 상세한 규정은 탈피하고 품질에 관한 요구사항을 명시하며, 제작방법과 구체적인 기술은 선택사항으로 하여 기술발전과 설계자의 창의력이 발휘될 수 있고 국제적인 시장개방에 적극적으로 대비할 수 있는 방향으로 국가 전체의 기술기준이 수립되어야 하는 것이다.

또한, 성능기준에 체계성과 통일성을 부여하여야 한다. 국가 전체의 시스템을 고려하여 성능수준의 개념과 설정방법을 통일하여야 하며 당해 구조물과 시설물의 상호 관련성을 고려하여 성능수준과 성능목표를 체계적으로 설정하는 것이 필요하다.

7. 결 언

새로운 설계방법의 적용이 요구되는 시점에서, 지반공학자는 왜 예전의 전통적인 설계방법이 현재에 와서 개선되어야 하며, 진정한 한계상태설계의 목적이 어떤 것인지를 다시 한번 생각해볼 필요가 있다. 구조공학 분야의 확률을 바탕으로 한 설계방법을 지반공학 분야에 그대로 적용하기 보다는 여러 가지 변수와 수많은 불확실성을 지닌 지반의 특성을 충분히 고려할 수 있도록 노력해야 하며, 만약 그렇지 못할 경우에는 과당한 돌연변이 설계방법이 탄생될 수도 있을 것이다. 과거의 지반공학 분야의 설계방법이 개선되어야 하고 지반공학과 구조공학의 설계과정이 일치해야 한다면, 지반공학자는 좀 더 신선한 시각으로 합리적인 설계방법의 적용을 위해 노력해야 할 것이다.

국내의 건설산업은 무한경쟁에 의해서 수많은 중요한 도전에 직면해 있다. 최소비용으로 성능요구조건을 만족하기 위한 설계 및 시공기술은 새로운 계약제도의 효율적인 사용과 더불어 성공적인 사업의 중요한 요소이다. 저비용에 필요조건을 만족시키는 디자인과 건설기술은 새로운 계약유형의 효과적인 용도와 더불어 성공적인 사업을 위해 핵심요소로 판단된다. 현재 세계 각국의 기술자들 사이에서 논의되며 국제적인 기술표준으로 자리 잡아가고 있는 성

능설계에 대한 국내의 연구가 이제 막 시작 단계에 불과하여 국내에 성능설계법을 도입하기까지는 다소의 시간이 걸리겠지만 우리나라도 기술기준의 국제 표준화에 대한 관심을 가지고 세계적인 변화 추세에 적극적으로 대처할 필요가 있다고 본다. 또한, 국가적인 차원에서 체계적으로 연구를 진행시키는 것이 바람직할 것으로 보인다.

참고 문헌

1. 건설교통부(1997), "내진설계기준 연구(II)".
2. 건설교통부(1999), "도로교표준시방서".
3. 윤길림(1999), "국제적인 설계기준인 한계상태설계법 연구 (Study on LSD of International Code of Practice)".
4. 윤길림, 이규환, 채광석(2004), "확률 및 신뢰성 개념을 도입한 지반설계 사례연구", 한국지반공학회 지반조사위원회 특별세미나.
5. 해양수산부(1999), "항만 및 어항시설에 대한 내진설계 표준서"
6. 해양수산부(2005), "차세대 항만 설계기술 개발", 한국해양연구원.
7. CEN(2004), EN 1997-1 Eurocode 7 Geotechnical Design Part 1 General Rules.
8. Honjo, Y. et al.(2002), Harmonization and Performance based Design, Proc. IWS Kamakura, A. A. Balkema Publishers pp.95-106.
9. Honjo, Y. and O. Kusakabe(2002), Proposal of a comprehensive foundation design code: Geocode 21 ver. 2, Foundation Design Codes and Soil Investigation in view of International.
10. Honjo, Y., Y. Kikuchi, M. Suzuki, K. Tani and M. Shirato(2005), JGS Comprehensive Foundation Design Code: Geo-code 21, Proc. 16th ICSMGE, pp.2813-2816, Osaka.
11. ICC 2000(2000), Final draft ICC Performance Code for Buildings and Facilities, International Code Council.
12. ISO(1998), International Standard ISO/DIN 2394, General principles on reliability for structures, ISO.
13. ISO(1998), International Standard ISO2394, General principes on reliability for structures.
14. JGS(2002), The JGS foundation design guideline (Geo-code 21 ver.2), Foundation Design Codes and Soil Investigation in view of International Harmonization and Performance based Design (eds. Honjo et al.), Proc. IWS Kamakura, pp.399-449, A.A.Balkema Publishers.
15. JGS(2004), Principles for Foundation Designs Grounded on a Performance-based Design Concept (nickname "Geocode 21").
16. NKB(1978), Structure for Building Regulations, NKB Report No. 34.
17. Orr, T. L. L. and Farrell, E. R.(1999), Geotechnical design to Eurocode 7, Springer.
18. Ovesen, N. K.(1989), General Report, session 30, Codes and Standards, Proc. ICSMFE, RiodeJaneiro.
19. Yamamoto, Shuji(1999), "Application of International Standards to the Design of Port and Harbor Facilities in Japan and Associated Problems".