

구조물 기초 편람의 시방기준 항목에 관한 연구

Study on Specific Design Items for the Structure Foundation Guidelines

양태선¹⁾, Tae-Seon Yang, 이규환²⁾, Kyu-Hwan Lee, 김제경³⁾, Je-Kyung Kim

¹⁾ 김포대학 건설정보과 부교수, Associate Professor, Dept. of Construction Information, Kimpo College

²⁾ 건양대학교 건설시스템과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil System, Konyang University

³⁾ 경동기술공사 상무, Executive Manager, Kyoung Dong Engineering Co., Ltd.

SYNOPSIS : In this paper described are the performance design guidelines of writing the items of foundation structures for designers. To accept the new performance code instead of existing design code in the construction market, performance design focuses on requirements to guidelines of foundation structure.

Keywords : guidelines, performance design, post grouting, p-y curve, pack

1. 서론

구조물 기초의 성능중심 설계지침 개발을 통하여 성능에 기초한 설계를 가능하게 할 수 있으며 적절한 안전 수준을 확보할 수 있는 최적화된 설계를 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 성능평가 기술개발로 기존 공법보다 신속하고 정밀한 시공이 가능하며 강구조물의 정밀도가 향상되고 시공품질관리가 용이할 것으로 기대된다. 시스템 또는 부재 단계에서의 거동을 고려한 성능중심 설계기법 제시로 합리적인 설계를 구현할 수 있다. 신뢰성 개념을 통한 다양한 불확실성의 정량화로 합리적 설계입력변수 결정이 가능하고 다양한 조건 및 환경 변화에 적용될 수 있는 설계 기준의 개발을 촉진시킬 수 있다. 유지보수를 포함한 장기공용성을 고려한 구조물 설계 개념 도입으로 생애주기비용의 최적화 설계가 가능하다. 구조물 기초의 성능중심 설계편람 개발을 통하여 국내의 기초 구조물 설계의 기술이 발전되며, 국내 건설 기술이 해외 건설 시장에서 경쟁력을 갖출 수 있는 기틀이 될 것이다. 장기적으로 성능 및 표준화 설계, 시공 편람에 의해 개발될 시설물별 성능기준을 통해 설계 및 시공자의 기술개발을 유도할 수 있다.

성능중심 설계지침의 개발을 통하여 성능에 기초한 설계가 가능하게 되므로 경제적이고 효율적인 설계 및 시공이 가능하고 국내 환경에 적용 가능한 경제적인 성능중심 설계지침 개발로 그 기대효과는 상당히 높다. 그러므로, 설계방법에 대한 기술 확보로 건설개방에 의한 외국 업체의 국내진출에 적극적으로 대비하고 또한 국내기업의 외국진출에 유리한 위치를 확보할 수 있다. 구조물의 시간의존적 한계상태 및 가치공학적 기능분석을 통한 차세대 설계기준 정립과 가이드라인 제시로 과도기적 설계 기준 변화에 있어 기술적 우위 확보가 가능하다. 본 논문에서는 구조물 기초의 설계 및 시공을 위한 편람내용은 시공을 목적을 하는 시방서나 설계기준보다는 개괄적인 내용을 포함하고 있으므로 구조물의 성능을 확인할 수 있는 항목(사용성, 회복성, 안전성)이 표현될 수 있는 내용이 되도록 하는 기준을 검토하였다.

2. 기초 구조물의 성능기술

2.1 성능기준의 목적

2.1.1 설계의 기본사항

성능설계에 대한 관련 기술자의 교육이 필요하며 이러한 교육을 통하여 성능설계의 기본사항과 기능적 내용을 통하여 설계자입장에서 성능설계의 필요조건과 구조물의 요구성능 항목을 선택할 수 있게한다. 성능설계 관련 용어는 관련항목과 기술용어에 대한 정의가 명확해져야 한다. 하중과 기능적 내용에 대한 항목이 포함되어 있는데 요구성능을 만족하는 구조물의 설계를 위하여 하중에 대하여 하중의 조합, 하중의 정의, 하중의 설계 적용성에 대한 다양한 분석과 정의가 명확해야 한다. 더구나 요구성능의 확인 방법을 명확히 하여야 경제성, 안정성, 시공성을 확보할 수 있는 구조물의 설계시공이 될 수 있다.

또한, 지반조사를 통하여 얻어진 지반정보의 추정치에 대하여 정확한 분석과 적용을 통한 설계치의 결정에 큰 영향을 미치게 된다. 구조물에 요구되는 성능기준을 만족하여 작용하중에 따른 요구성능의 목적을 명확하게 하고 만족시키는 시공이 되어야 한다. 적용가능한 시공기준이 되기 위해서는 성능 및 표준화 적용 범위 항목이 나타나 각 항목에 적용 가능한 구조물의 형식과 내용이 구성될 수 있는 편람이 되어야 한다.

2.1.2 시방기준 항목

구조물 기초의 목적이란 구조물을 필요로 하는 이유를 일반적인 말로 표현한 것으로 성능의 목적을 이루어야 한다. 요구성능은 구조물이 그 목적을 달성하기 위해 특히 주상 기초가 보유할 필요가 있는 구조적인 성능을 일반적인 말로 표현한 것이다. 즉 요구성능은 구조물 목적에 맞춰 주상기초가 가져야 하는 성능을 기술한 것을 말한다.

표 2.1 성능설계 규정 항목

성능 규정 항목	내 용	
설계 공용기간	설계에 적용되는 사용기간	
한계상태	일반사항	기초의 설계에서 대상으로 하는 한계상태는 확보해야만 하는 상부 구조물의 요구성능에 맞춰서 규정하며 아래의 3가지 한계상태를 설정하는 것이 기본이다.
	사용한계상태	상부 구조물이 보수하지않고 사용이 가능하며 기초에 과도한 변형을 발생시키지 않는 한계 상태
	복구한계상태	상부 구조물의 한정적인 사용이 가능하고 경제적으로 허용되는 범위에 복구로 재사용이 가능한 한계상태
	최종한계상태	상부 구조물이 붕괴에 이르지 않고 기초가 불안정한 상태가 되지 않는 한계상태

표 2.2 하중의 종류 및 고려사항

하중의 종류	내 용
일반적인 하중	- 상부 구조물의 하중. 상재하중을 포함 - 상부 구조물에 작용하는 변동하중(적재하중/지진 시의 관성력 /파랑에 의한 힘 등) - 기초 자중, 지진 시 관성력 - 부력, 수압, 토압, 그 외의 외력
지반변형에 의한 작용(택일)	- 지반 변위에 의한 강제 변위, 지반 변형에 의해 작용하는 힘
지반 침하가 진행되고 있는 매립 지반과 압밀층을 가진 지반 등은 부주면마찰력 고려	
기초를 통해서 지반에 작용하는 힘이 과대하지 않게 함	
강도, 부재 접합부의 강도 등을 고려	
기초의 변위, 변형량이 적을 것	
시공시 상태에서는 기초 및 상부 구조물의 특성에 맞춰 한계상태를 상정	

기초의 요구성능에는 안전성, 사용성, 복구성, 시공성, 경제성 등이 포함되는데 이에 한정되는 것은 아니다. 요구성능은 성능마다 분류하여 기술하는 것이 바람직하며 기초 본체를 기초로 넣고 일반적으로 지지층에 기초 저면을 설치하여 상부 구조물에서의 하중을 본체의 강도와 강성에 맞춰 주변 지반에 구조물에 대한 요구성능을 손상시키지 않고 전달하도록 한다. 기초는 상부 구조물에 비해 손상 상황 파악이 어렵고 손상된 경우의 복구가 어렵거나 시간이 걸리거나 할 우려가 있기때문에 상부 구조물보다 높은 안전성을 요구하는 것이 바람직하다.

상부 구조물의 공용기간 중에 작용할 것이라고 예상되는 하중에 대해서 그 빈도, 동시성을 고려하여 기초 설계에 사용하는 하중 및 하중의 조합을 결정한다. 기초의 요구성능을 충족시키기 위해서는 주상 기초의 설계에서 아래의 점에 주의하여 성능규정을 설정할 필요가 있다.

기초의 설계를 할 때 지반 조사 및 주변 상황 조사를 하며 조사결과에 따라 기초 구조형식을 결정하여 기초 공법을 선정한다. 그리고, 지반 조사의 종류 및 방법, 지반 정보의 평가방법에 대해서는 평가하고 시공 현장 주변에서의 기왕의 시공사례와 조사사례는 참고가 된다. 기초의 설계 시 지반 조사 및 주변 상황 조사를 크게 나누면 아래와 같다.

표 2.3 구조물의 조사 분야 및 내용

종 류	내 용
설계상 지반정수	단위체적중량, 강도시험, 지하수위, 피압의 유무, 지층구성, 지질연대, 압밀층의 유무, 투수층의 유무, 지지층의 경사, 지층구조의 습곡, 경사, 암반층의 풍화, 균열, 단층의 상태, 지반침하 발생 유무, 미끄럼 발생 유무
주변 상황 조사	시공 장소의 지형, 시공 장소 주변의 구조물, 주변의 교통상황, 반입 경로, 매설물, 산업폐기물의 유무, 유해가스 발생 우려, 토사, 산업폐기물의 폐기방법, 지하수 상황, 피압 지하수의 상태, 유속, 우물 수위, 수질, 세굴에 관한 조사
지반 조사는 기초 지지력, 미끄럼, 침하 등에 영향을 미치는 범위에 대해서 실시한다.	
설계의 기초형식 선정	지형 및 지질 조건, 구조물의 특성, 시공 조건, 환경 조건
	상부 구조물에서의 작용하중에 대해서 지반변형, 지반 반력, 주상체의 변형 등을 산정
	상부 구조물의 요구성능, 지질조건, 시공성, 기초의 지지기구를 고려하여 결정
	1) 지반 변위, 지지력 파괴에 대한 검토, 기초의 이동, 활동파괴에 대한 검토, 주상 기초의 변위, 변형량의 검토, 주상 기초본체의 손상, 파괴에 대한 검토

2.2 편람 작성기준

2.2.1 작성 항목

구조물 기초의 성능중심 편람작성은 일본의 경우 토목구조물은 깊은기초외에 옹벽구조물, 기둥형 구조물, 임시구조물을 포함하고 있으며 건축구조물도 유사한 기준을 제시하고 있다. 특히, 일본 건축기초 구조설계지침의 경우 직접기초외에 지반개량, 기초부재의 설계 및 시공관리를 포함하고 있다. 기초구조물은 말뚝기초외에도 얕은기초가 있으며 기타 많은 구조물을 포함하고 있다. 지침의 목적은 성능설계의 개념과 성능설계의 목적을 충분히 나타내어야 한다. 기초에 작용되는 하중의 범위가 나타내어 하중의 형태에 따른 구조물 기초의 변형상태를 파악할 수 있어야 하며 이러한 지반변형을 일으킬 수 있는 하중의 조합과 형태에 대하여 나타내어야 한다.

2.2.2 시방기준 작성 내용

편람의 항목은 성능설계의 기본 개념을 포함하는 총칙을 들 수 있다. 여기에서는 성능설계의 기본 사항으로 성능설계의 목적 및 범위, 성능설계에 관련되는 기술용어를 설명하여 설계기술자의 이해를 돕도록 한다. 두 번째 항목은 설계 일반으로서 설계의 상태와 구조물 기초설계와 구조물 하부의 지반 조사를 나타내고 지반조사 자료에 대한 분석방법을 나타낸다. 기초 구조물의 계획에 대해서는 부지조건과 지반의 안정성을 확보할 수 있는 지지력을 계산하여 사용성, 안전성, 복구성이 수립될 수 있는 기초형식이 선정되도록 한다. 작용하중의 경우는 하중의 종류와 크기를 선정하고, 기초에 작용하는 고정하중이나 지하수위 위치에 따른 수압, 그에 따른 토압크기, 지반변형에 따른 하중등을 고려하여 하중을 조합하여 설계기준 항목을 작성한다.

요구성능의 만족사항을 시공 및 유지관리시 확인할 수 있는 절차를 간략하게 기술하는 것이 바람직하다고 판단된다. 결국 구조물 기초의 요구성능을 만족하는 경우 상부 구조물의 파괴에 이르지 않는 인성을 흙구조물은 가지고 있으므로 완전한 파괴가 이르지 않는다면 흙구조물은 복구 및 회생이 가능한 구조물이라고 판단된다. 파괴시 복구가 가능한 구조물을 만들고 인접 지역의 피해를 방지할 수 있는 기준이 될 수 있는 편람작성을 통하여 구조물의 안정성을 확보하고 요구성능을 만족하게 된다.

구조물 계획에서 지반공학적 정수에 대한 결정은 설계자에 의해 선정된다. 시험자료의 불충분으로 변동성이 매우 크게 평가되는 경우, 구조물의 비경제적인 설계가 발생할 수 있으므로 가능한 보다 많은 데이터를 확보하는 것이 유리하고 모든 데이터는 필터링의 과정을 거쳐 신뢰수준이 높은 평균치가 채택되어야 한다. 또한 충분한 시험자료의 수집이 어려운 경우 시뮬레이션 방법 등을 통하여 신뢰할 수 있는 값을 추정하여야 한다.

3. 결론

상부 구조물과 지반정수의 불확실성을 극복한 구조물 기초의 성능설계는 복구성, 안정성, 사용성을 확보할 수 있어야 하며 한계상태에서도 구조물을 유지할 수 있어야 한다. 국내 각종 구조물의 설계방법에 대한 기술의 성능설계 시방기준 항목의 연구를 통하여 향후 건설기술의 발전에 기여할 것이며 외국 설계기술에 대한 동일한 조건의 연구속도를 진행할 수 있다. 또한, 성능설계에 대한 이론과 연구가 풍부하여 국내 연구진을 확보하고 국내 기술자에 대한 교육을 진행하여 해외 건설기술의 진출에 적극적으로 대비할 수 있다. 또한, 설계 및 시공편람에 대한 홍보강화로 향후 성능설계 및 시공 기준의 다양화에 기여할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 건설교통R&D정책·인프라사업, "성능중심의 건설기준 표준화" 과제('06~'11) 연구결과의 일부입니다.

참고문헌

1. 윤길립, 윤여원, 김홍연(2007), LRFD & Eurocode 7 설계를 위한 해양토질의 특성치 연구, 한국지반공학회 봄학술 발표회.
2. 대한건축학회(2004), 성능설계법에 의한 건축기초구조 설계지침
3. 일본지반공학회(2008), 흙구조물의 성능설계에 대하여, 토와기초, 2008년 5월, pp 1~3