

기존 구조물의 안전성 평가

Safety Assessment of Existing Structures

신수봉
Soobong Shin
인하대학교 토목공학과 교수

박홍근
Hong-Gun Park
서울대학교 건축학과 교수

1. 머리말

2007년 콘크리트구조설계기준에서 20장은 ‘구조물의 안전성 평가’라는 제목으로 되어 있었으나 그 내용은 대체로 ACI 318M-08 Chapter 20 ‘Strength Evaluation of Existing Structures’, 즉 기존구조물의 안전성평가에 대한 내용을 준용하여 작성되었다. 또한 ACI 318M-08은 기본적으로 건축구조물을 대상으로 하는 것이지만, 우리학회의 콘크리트구조기준은 건물을 포함하여 교량 등 다양한 콘크리트 구조물을 대상으로 하는 차이점이 있다. 따라서 이러한 점을 반영하여 이번 개정판에서는 20장의 제목을 보다 명확하게 ‘기존 구조물’에 대한 것으로 수정하였으며, 대상구조물을 건물 및 교량 등에도 적용이 될 수 있도록 내용을 수정하였다. 그리고 2007 기준에서 각 절의 제목과 내용이 일부 일치하지 않던 것도 수정하였다. 그리고 개정 기준에서는 2007 기준에는 없던 부록을 추가하여 본문에 기술된 기본적인 사항들을 보다 구체적으로 기술하였다. 개정 기준은 기본적으로 한국콘크리트학회를 중심으로 수행한 국토해양부과제인 ‘사회기반 시설물의 성능평가 통합시스템 구축’(연구단장:김진근)의 연구결과를 토대로 작성하였다.

표 1. 신·구 콘크리트구조기준 20장 목차 비교

구분	현행 기준	개정 기준
제목	구조물의 안전성 평가	기존 구조물의 안전성 평가
목차	20.1 일반사항 20.1.1 적용범위 20.1.2 기호 20.2 강도평가 20.3 해석적 평가 20.3.1 일반사항 20.3.2 부재치수 및 재료특성 20.4 재하시험 20.4.1 시험 일반 20.4.2 재하시험방법 20.4.3 재하기준 20.4.4 허용기준 20.4.5 허용내하력에 대한 규정 20.4.6 안전 확보 사항	20.1 일반사항 20.1.1 적용범위 20.1.2 기호 20.2 조사 및 시험 20.3 평가입력값 20.3.1 평가를 위한 기준값 20.3.2 구조제원 및 치수 20.3.3 재료강도의 평가 기준값 20.3.4 평가를 위한 강도감소계수 20.3.5 평가를 위한 하중 및 하중계수 20.4 해석에 의한 평가 20.5 재하시험에 의한 평가
	없음	V.1 일반사항 V.1.1 적용범위 V.1.2 안전성 평가절차 V.1.3 기호 V.2 조사 및 시험 V.2.1 일반사항 V.2.2 조사 및 시험 방법 V.3 평가입력값 V.3.1 일반사항 V.3.2 재료 및 구조 특성의 평가입력값 산정방법 V.3.3 재료 및 구조 특성의 평가입력값 V.3.4 하중특성의 평가입력값 V.4 해석에 의한 평가 V.5 재하시험에 의한 평가 V.5.1 일반사항 V.5.2 정적재하시험 V.5.2.1 개요 V.5.2.2 측정 및 결과 분석 V.5.3 동적재하시험 V.5.3.1 개요 V.5.3.2 시험방법 V.5.3.3 측정 및 결과 분석 V.5.3.4 재하시험 결과의 적용

〈표 1〉은 현행기준과 이번 개정 기준의 목차를 비교한 것이다. 본문의 목차를 비교하여 보면, 현행기준의 20.2절 ‘강도평가’의 내용을 재조정하여 ‘조사 및 시험’과 ‘평가입력값’ 등 두 개의 절로 세분화하고 내용을 수정하였다. 2007년 기준의 20.3절 ‘해석적 평가’, 20.4절 ‘재하시험’ 내용은 ACI 318M-08을 따라 정리되었던 내용으로서 이를 개편하여 20.4절 ‘해석에 의한 평가’, 20.5절 ‘재하시험에 의한 평가’로 재조정하였다. 현행기준에서는 20장에서 구체적인 수식과 내용을 포함했던 것과는 달리 개정기준에서는 20장에 간략한 원론적 내용만을 기술하고, 부록편을 추가하여 구체적인 내용을 기술하였다. 〈표 1〉에 나타난 바와 같이 개정기준에 추가되는 부록의 목차는 본문의 목차와 큰 제목에서는 동일하다. 다만 구체적인 내용의 기술을 위해 세부 절의 제목 및 내용을 조절하였으며, 향후 콘크리트 구조기준을 재개정할 때 본문에 포함할 수 있도록 준비하였다. 아래는 개정 기준의 주요 관련내용이다.

2. 조사 및 시험과 평가입력값

현행기준에서는 정의하지 않았지만, 안전성 평가를 위해 기본적으로 필요한 구조치수, 재료, 하중에 대한 기준값의 설정과 이들의 평가를 위한 입력값의 설정에 대한 내용을 개정기준에서 포함하였다. 그리고 평가기준값들을 설정하기 위한 조사 및 시험에 대한 내용을 아래와 같이 별도 절에 정리하여 측정할 값을 근거로 결정할 수 있도록 하였다.

20.2 조사 및 시험

- (1) 구조부재의 치수는 위험단면에서 확인하여야 한다.
- (2) 철근, 용접철망, 또는 긴장재의 위치 및 크기는 계측에 의해 위험단면에서 결정하여야 한다. 도면의 내용이 표본조사에 의해 확인된 경우에는 도면에 근거하여 철근의 위치를 결정할 수 있다.
- (3) 콘크리트 강도의 검토가 필요한 경우, 코어시험편 또는 공시체에 대한 압축강도시험 결과를 이용하여 적절한 평가입력값을 구하여야 한다. 코어의 채취 및 시험은 KS F 2422에 규정된 방법을 따라야 한다.
- (4) 철근 강도와 긴장재 강도가 필요한 경우, 대상 구조물에서 채취한 시료를 사용하여 인장시험으로 결정하여야 한다.

재료강도의 평가기준값은 조사 및 시험으로 측정된 데이터를 검증된 방법에 의해 통계적 방법으로 평가기준값으로 변환하도록 하였다. 평가를 위한 강도감소계수는

현행기준과 동일하게 적용하였으며, 추가로 섬유복합체 및 유기재료를 사용하는 보강의 경우에 대한 내용을 보완하였다.

20.3.4 평가를 위한 강도감소계수

- (1) 단면크기나 재료특성은 이 절에 의하여 결정하고 20.4에 따라 계산한다면, 3.3.3에서 규정한 강도감소계수를 증가시킬 수 있다. 다만, 강도감소계수는 다음 값을 초과할 수 없다.
 - ① 6.2.2(4)에서 정의된 인장지배 단면 1.0
 - ② 6.2.2(3)에서 정의된 압축지배 단면
 - (가) 6.4.2에 따르는 나선철근으로 보강된 부재 0.85
 - (나) 기타 부재 0.80
 - ③ 전단력 및 비틀림모멘트 0.80
 - ④ 콘크리트에 작용한 지압력 0.80
- (2) 섬유복합체나 유기재료를 사용하는 보강공법을 적용할 경우, 환경노출 상태, 사용 재료 및 공법에 따라 보강한 부재의 신뢰성, 내구성, 강도 및 연성 능력의 저하가 예상되는 경우에는 해당 재료에 대하여 추가적으로 부분강도감소계수를 적용하여야 한다.

현행기준과 달리 개정기준에서는 현장조사를 통하여 하중과 하중계수를 조정할 수 있도록 허용하였다.

20.3.5 평가를 위한 하중 및 하중계수

- (1) 구조물의 일반적인 평가에서는 구조물에 작용하는 실제의 하중을 별도로 조사할 필요는 없다. 그러나 보다 정밀한 평가를 위하여 하중조사를 수행한 경우에는 평가에서 이를 반영할 수 있다.
- (2) 구조물의 평가를 위한 하중의 크기를 정밀 현장 조사에 의하여 확인하는 경우에는, 구조물의 소요강도를 구하기 위한 3.3.2의 하중조합에서 고정하중과 활하중의 하중계수는 5% 만큼 감소시킬 수 있다.

3. 안전성 평가

현행기준에서 평가방법에 대해 다소 모호하게 기술되어 있는 사항을 개정기준에서는 ‘해석에 의한 평가’와 ‘재하시험에 의한 평가’로 구분하여 보다 명확히 정의하였다. 본문 20장에서는 각 평가방법에 대한 기본적인 내용만 기술하였고, 부록에서 이에 대한 보다 구체적인 내용을 기술하였다.

3.1 해석에 의한 평가

본문에서는 해석에 의한 안전성평가의 기본적인 내용을 아래와 같이 기술하였으며, 보다 구체적인 내용 및 방

법은 부록에 기술하였다.

- (1) 해석적 방법에 의해 내하력 평가를 실시하는 경우, 구조물의 부재치수와 상세, 재료특성, 부재의 손상 및 열화에 의한 단면의 손실과 재료강도의 저하 및 기타 주요 구조조건을 실제 상태에 대한 현장조사를 수행하여야 한다.
- (2) (1)에서 규정된 조사에 따른 해석에 사용하는 하중계수는 이 기준이나 이 기준 이외의 다른 기준의 취지에 합치되는지의 여부를 확인하여야 한다.
- (3) 기존 구조물의 안전성 조사는 그 구조물의 노후, 손상 정도를 고려하여 시행하여야 하며, 기준에 합당한 설계 및 안전에 관한 제반 요구사항을 만족시켜야 한다.

부록은 국내에서 적용되고 있는 기존의 안전성 평가 기법을 개선하기 위해 우리화회를 중심으로 수행한 '사회기반 시설물의 성능평가 통합시스템 구축' 연구결과를 반영하여 작성되었다. 기본적으로 기존 구조물에 대한 해석에 의한 평가는 구조물 설계를 위한 해석과 동일한 방법을 적용하였으며, 다만 적용하는 하중계수와 저항력 계수에 차이를 두도록 하였다. 특히 구조물의 평가소요 강도 산정시 하중영향과 저항성능 각각에 설계기준에 따른 부분안전계수 이외에 평가계수를 고려하도록 하였다.

- (1) 기존 구조물의 안전성 평가를 위한 해석은 설계를 위한 해석 방법과 동일하게 수행하여야 한다.
- (2) 다음 식 (V.4.1)과 같이 구조해석에 의하여 계산되는 구조물의 평가내하력 R_A 가 평가소요강도 U_A 이상이면 안전한 것으로 평가할 수 있다.

$$R_A \geq U_A \quad (V.4.1)$$
- (3) 평가소요강도 U_A 는 식 (V.4.2)에 따라 계산하여야 한다.

$$U_A = \sum \gamma_A (\gamma_i Q_i) \quad (V.4.2)$$
 여기서, γ_A 는 구조물 평가에서 사용되는 하중평가계수, γ_i 는 이 설계기준에 따른 설계하중계수, 그리고 Q_i 는 사용하중에 의한 단면력이다.
- (4) 평가내하력 R_A 는 식 (V.4.3)에 따라 계산하여야 한다.

$$R_A = \phi_A (\phi R_n) \quad (V.4.3)$$
 여기서, ϕ_A 와 R_n 은 각각 이 설계기준에 따른 강도감소계수와 공칭강도이며, n 은 구조상태계수이다.

3.2 재하시험에 의한 평가

현행기준에서는 재하시험에 대한 내용을 매우 구체적으로 다루고 있다. 그러나 그 내용들이 주로 건축구조물에 대한 것이며 또한, 필요 이상으로 구체적으로 기술되어 있어서 건축 및 토목구조물에 공통적으로 적용할 수 있도록 아래와 같이 수정하여 개정기준에 포함하였다.

20.5 재하시험에 의한 평가

- (1) 재하시험의 목적은 구조물 또는 부재의 실제 내하력을 정량화하여 안전성을 평가하기 위함이며, 재하시험의 결과는 안전성 판단에 직접 적용하거나 해석적인 방법으로 평가된 구조물의 내하력을 보완하는데 적용하여야 한다.
- (2) 책임구조기술자는 재하시험 전에 재하하중, 계측, 시험조건, 수치해석 등을 포함한 재하시험 계획을 수립하여 구조물의 소유주 또는 관리주체의 승인을 받아야 한다.
- (3) 재하시험을 수행하기 전에 해석적인 평가를 수행하여야 한다.
- (4) 재하시험 대상 구조물 또는 부재의 재료가 충분히 설계강도에 도달할 수 있는 재령일이 확보된 이후에 수행하여야 한다.
- (5) 건물에서 부재의 안전성을 재하시험 결과에 근거하여 직접 평가할 경우에는 보, 슬래브 등과 같은 휨부재의 안전성 검토에만 적용할 수 있다.
- (6) 구조물의 일부부만을 재하할 경우, 내하력이 의심스러운 부분의 예상 취약 원인을 충분히 확인할 수 있는 적절한 방법으로 실시하여야 한다.

부록에서는 보다 구체적인 재하시험에 대한 자세한 내용이 기술되어 있다. 일반적으로 건물에 대해서는 재하시험방법, 재하기준, 허용기준, 허용내하력의 정립이 중요하고, 교량에 대해서는 정적재하시험, 동적재하시험, 재하시험 결과의 적용(모델링, 내하율 등)에 대한 내용이 기술될 필요가 있기 때문에 이 두 가지 사항을 포괄적으로 포함하도록 정리하였다. 이를 위하여 부록에서 재하시험을 정적재하시험과 동적재하시험으로 절을 구분하였으며, 해당되는 기준을 적용할 수 있도록 하였다.

4. 기존 구조물의 안전성 평가 소결

20장 구조물의 안전성 평가 기준은 현행기준과 비교하여 목차에서는 큰 변화가 없는 것 같이 보이지만 실제 내용에 있어서는 크게 변화되었으며, 보다 체계적으로 정리가 되었다고 판단된다. 현행기준이 건축구조물에 대한 ACI 318M-08에 준하여 작성되었던 것을 건축 및 토목 구조물에도 적용이 가능하도록 개정하였다. 그러나 개정 기준의 본문에서는 구체적인 수식 보다는 범용적으로 적용할 수 있도록 간략한 기준만을 기술하였으며, 콘크리트구조물에 대한 미래지향적인 평가기준을 개정하고 지속적인 개선을 하기 위한 초석으로 부록에 보다 자세한 내용을 기술하였다. □

참고문헌

1. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary, An American Concrete Institute, Detroit, 2008.
2. ASCE, Structure Safety and its Quality Assurance, ASCE, 2005.
3. British Standard, Eurocode - Basis of structural design, 2006.
4. D. Diamantidis, Probabilistic assessment of existing structures, 2001.
5. ISO 13822: Bases for design of structures - Assessment of existing structures, ISO, 2011.
6. 한국시설안전공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2009.
7. 한국콘크리트학회, 「공용종인 콘크리트 교량의 안전성 평가 기준(안) 및 예제집」, 2010.

저자약력




신수봉 교수는 University of Illinois at Urbana-Champaign에서 SI기법을 이용한 구조물 식별 및 손상탐지에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 동아대학교를 거쳐 2002년부터 인하대학교 토목공학과에서 근무하고 있다. 주 관심 연구분야는 교량의 평가 및 유지관리이다. 2009년부터 ISO/TC7/SC7 Maintenance and repair of concrete structures의 국제간사 및 우리학회 국제위원장을 맡고 있다.

sbshin@inha.ac.kr



박홍근 교수는 서울대학교 건축학과에서 학석사를 취득한 후 미국 오스틴 텍사스 대학에서 박사학위를 취득하였다. 전우구조기술사사무소에서 구조설계업무를 수행하였으며, 1997년 이후 서울대학교 건축학과 교수로 재직중에 있다. 주요 연구분야는 콘크리트와 합성구조의 구조해석 및 설계방법의 개발, 내진성능평가이다.


parkhg@snu.ac.kr



e-Journal 발간 안내

e-Journal 기능

1. 회원을 위한 서비스 / 홈페이지 활용
 - 주기적으로 발행하는 학회지를 전자책(e-book)으로 제작하여 웹서비스 함으로써 회원 서비스 증대
 - 학회지를 e-Journal로 학회 홈페이지에 게재함으로써 홈페이지 이용을 통한 회원들의 참여 활성화
2. 검색기능 및 1page 보기
 - 검색 단어를 각 출판물과 페이지로 정렬해서 나타내며, 클릭 시 검색 단어의 위치를 하이라이트로 표시하여 편하게 찾을 수 있음.
 - 1page 보기 기능을 통해 책을 보는 것과 큰 차이 없이 편하게 볼 수 있음.
3. 다양한 자료의 활용
 - 사진과 도면으로 표현이 부족한 부분은 동영상상을 삽입하여 보다 생생하게 저자의 의도를 전달할 수 있음.
 - 본문 또는 참고문헌에 표시된 자료를 링크하여 별도의 창으로 열 수 있음.
4. 애플북 제작 가능
 - 아이패드와 같은 태블릿 PC에서 이용할 수 있는 애플북 제작 가능



콘크리트학회지가 2012년부터 8,000여 회원들에게 다양한 서비스를 제공하고자 e-Journal로 발간하오니 회원여러분의 많은 이용바랍니다.