



2007년도 개정 콘크리트 구조설계기준

글 | 유창은 | 기술개발부 대리
전화 02-3433-7728 E-mail : ycu1213@ssyenc.com

1. 개정 배경

건축분야와 토목분야의 통합된 콘크리트 구조설계 기준은 1999년에 발간되었고, 2003년에는 SI단위로 개편됨. 하지만 KCI 2003의 경우 ACI 318-95에 근거를 두고 있기 때문에 향상된 콘크리트 기술에 대응하지 못하는 면이 있었음. 따라서 콘크리트 학회에서는 2007년도 개정 콘크리트 구조설계기준을 ACI 318-05 및 유럽코드 등에 맞추어 새롭고 보다 정확한 설계기준을 제시하였음.

2. 개정 내용

2-1. 콘크리트 탄성계수

1) KCI 2003 3. 4. 3 탄성계수

- ① 콘크리트강도 30MPa 이하(보통골재)

$$E_c = 4,700\sqrt{f_{ck}} (MPa)$$

- ② 콘크리트강도 30MPa 초과(보통골재)

$$E_c = 3,300\sqrt{f_{ck}} + 7,700 (MPa)$$

2) KCI 2007 3.4.3 탄성계수

- ① 콘크리트강도(보통골재)

$$E_c = 8,500 \times \sqrt[3]{f_{ck}} (MPa)$$

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8 (MPa)$

3) 변경사유

- ① 기존의 탄성계수식이 너무 크게 예측됨.
- ② 탄성계수를 정할 때는 설계기준강도 f_{ck} 보다 실제강도 f_{cu} 를 적

용하는 것이 타당함.

- ③ 압축강도의 제곱근보다 3승근에 비례된다고 보고됨.
- ④ Pauw(1960)에 의하면 콘크리트강도에 따라 다른 수식을 사용하지 않고, 하나의 수식으로 유사한 값을 얻을 수 있다고 보고됨.

2-2. 하중조합 및 하중계수

하중조합 개정에 있어서 가장 두드러진 내용은 강구조설계기준과 통일된 하중계수와 하중조합을 사용하도록 한 것이다. 이로써 강구조형식과 콘크리트구조형식에서 다른 하중계수를 사용하는 문제를 해소하고, 합성구조물에 대한 하중계수 적용논란이 없게 됨.

1) 고정하중 및 활하중 비교

하중조합	KCI 2007	KCI 2003
고정하중지배	$U=1.4(D+F+H)$	$U=1.54D(=1.4 \times 1.1D)$
활하중지배	$U=1.2(D+F+T)+1.6(L+\alpha_H H_V + H_h)+0.5(L_r/S/R)$ $U=1.2D+1.6(L_r/S/R)+1.0L$	$U=1.4D+1.7L+1.8H$

- ① 고정하중과 활하중의 하중계수 감소 (강구조하중계수와 동일)
- ② 안전율을 유지하기 위해 강도감소계수 저감

2) 풍하중 및 지진하중 비교

하중조합	KCI 2007	KCI 2003
고정하중+활하중+풍하중	$U=1.2D+1.0L+1.3W$ $U=1.2D+1.6(L_r/S/R)+0.65W$ $U=0.9D+1.3W$	$U=1.05D+1.28L+1.28W$ $U=0.9D+1.3W$
고정하중+활하중+지진하중	$U=1.2D+1.0L+1.0E$ $U=0.9D+1.0E$	$U=1.05D+1.28L+1.35W$ $U=0.9D+1.4E$

- ① 1.0E : 붕괴방지수준의 지진력 (평균 재현주기 500년 또는 1000년)을 사용
- ② 1.4E : 기능수행수준의 지진력 (평균 재현주기 50년 또는 100년)을 사용

3) 토압하중 비교

하중조합	KCI 2007	KCI 2003
일반적인 경우	$U=1.2(D+F+T)+1.6(L+\alpha_H H_V + H_h)$	$U=1.4D+1.7L+1.8H$
횡압력이 작을 때	$U=1.2(D+F+T)+1.6(L+\alpha_H H_V + H_h)+0.8H_h$	$U=1.4D+1.7L+0.9H$
연직하중이 작을 때	$U=0.9D+1.3W+1.6(L+\alpha_H H_V + H_h)$ $U=0.9D+1.0E+1.6(L+\alpha_H H_V + H_h)$	$U=0.9D+1.8H$



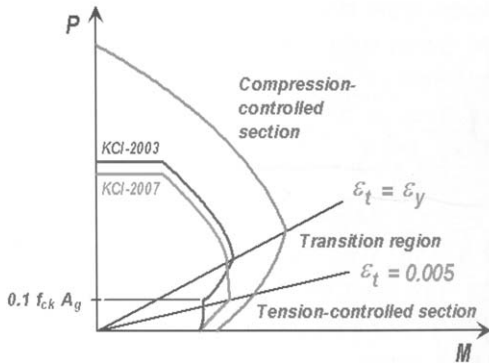
① α_t (토퍼의 두께에 따른 연직방향 하중 Hv에 대한 보정계수)를 사용하여 토합 하중에 대한 적절한 적용가능.

4) 기타하중조합

- ① 동적하중이 유발되는 구조물
 - 활하중+충격하중 고려
- ② 부등침하, 크리프, 건조수축, 팽창콘크리트의 팽창량, 온도변화
 - 사용구조물의 실제상황 고려
- ③ Post Tension 정착부 설계
 - 강재긴장력에 하중계수 1.2적용

2-3. 강도감소계수

적용되는 하중계수의 변경에 따라 기존의 설계기준과 동일한 안전율을 확보하고 기존 설계와의 연속성을 유지하기 위해 강도감소계수를 변경함.



[그림 1] 종전 설계기준과 개정된 설계기준에 의한 모멘트-축력 강도곡선

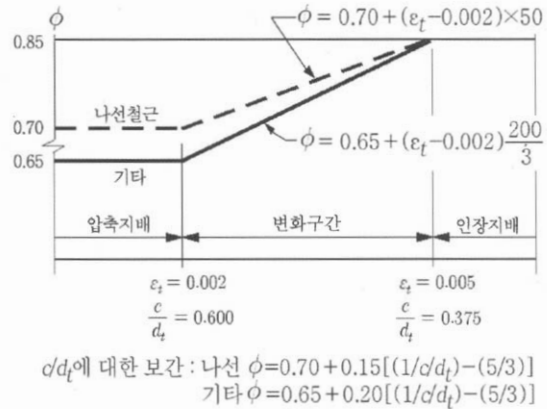
1) 강도감소계수 적용 목적

- ① 재료강도와 치수가 변동할 때 부재강도 저하확률에 대비
- ② 부정확한 설계 방정식에 대비
- ③ 주어진 하중조건에 대한 부재의 연성도와 소요신뢰도
- ④ 구조물에 차지하는 부재의 중요도 반영

2) 휨모멘트와 축력을 받는 부재의 강도감소계수

휨모멘트와 축력을 받는 부재에 대한 강도감소계수 ϕ 의 크기를 정할 때, 기존 기준에서는 축력의 경우, 또는 휨의 경우, 또는 동시 작용의 경우 등 하중 형식으로 나누어 정하였음.

개정 기준에서는 이들의 경우에 대하여 공칭강도에서 단면의 변형률조건에 따라 통합하여 정하도록 재정의하였음. 공칭강도에서 최외단 인장변형률 ϵ_t 가 압축지배변형률 한계 ϵ_y 와 인장지배변형률 한계 0.005사이에 있는 단면의 경우에는 [그림 2]에 보인 것과 같이 ϕ 값을 직선보간하여 구함.



[그림 2] SD400 철근 및 프리스트레싱 강재를 사용한 휨과 압축부재에 대한 감소계수 산정수식

<표 1> 지배단면에 따른 강도감소계수

지배단면	순인장변형률조건	강도감소계수
압축지배	ϵ_y 이하	0.65(또는0.70)
변화구간	$\epsilon_y \sim 0.005$ (또는 $2.5 \epsilon_t$)	0.65(또는0.70)~0.85
인장지배	0.005(또는 $2.5 \epsilon_t$) 이상	0.85

2-4. 균열제어

1) 균열제어 규정의 개정 배경

종전의 구조설계기준에서는 사용하중에 대하여 계산된 휨균열폭을 허용 균열폭과 비교하는 방법을 사용하였음. 하지만 개정되는 설계기준의 경우 철근의 수량 및 간격, 콘크리트 구성재료, 그리고 철근의 최소 피복두께 등을 검토함으로써 구조물에 발생하는 균열을 제어하는 것으로 하였음.

특히 철근의 부식이 표면 균열폭에 직접적인 관계가 없고 콘크리트의 품질, 적절한 다짐, 충분한 콘크리트 피복 등이 철근부식을 방지하는 것으로 나타나 균열에 대한 실무 설계자들의 책임과 부담을 경감시키고, 설계를 할 때 합리적으로 균열을 제어 할 수 있도록 균열제어규정을 개정하였음.

〈표 2〉개정된 강도감소계수 값 및 기존 기준과 ACI 기준과의 비교

구분	하중작용 및 대상	ACI-99	KCI 2003	하중작용 및 대상	ACI-03/05(ACI-99부록)	KCI-2007
U	하중조합	1,4D+1,7L 1,54D+1,7L	1,4D+1,7L	하중조합	1,2D+1,6L 1,4D	1,2D+1,6L 1,4D
φ	휨, 인장, 인장+휨	0,90	0,85	인장지배단면	0,90(0,80)	0,85
	압축, 압축+휨	-	-	압축지배단면	-	-
	- 나선철근부재	0,75	0,75	- 나선철근부재	0,70	0,70
	- 기타(띠철근)	0,70	0,70	- 기타(띠철근)	0,65	0,65
	전단과 비틀림	0,85	0,80	전단과 비틀림	0,75	0,75
	지압	0,70	0,70	지압	0,65	0,65
	무근콘크리트	0,65	0,65	무근콘크리트	0,55	0,55
	현행 KCI 2003에서, 건물의 경우에는 휨, 인장, 인장+휨, 전단, 비틀림에 대하여 강도감소계수를 0,05씩 크게 취할 수 있음. KCI 2007에서는 건물에 대한 예외규정 삭제			포스트텐션정착구역	0,85	0,85
			스트럿-타이모델	0,75	0,75	
			특수한 경우 프리텐션부재의 휨	0,75~0,90	0,75~0,90	

2) KCI 2003 균열제어규정

- 균열검토 : 사용하중에 의한 휨균열폭이 허용 균열폭 이하가 되도록 설계
- 균열폭계산 : $w = 1.08\beta_c f_s \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-5}$ (mm)
- 허용균열폭 : 〈표 3〉적용

〈표 3〉KCI 2003 허용균열폭 (mm)

강재의 종류	건조환경	강재의 부식에 대한 환경조건			
		습윤환경	부식성환경	고부식성환경	
철근	건물	0,4mm	0,3mm	0,004tc	0,0035 tc
	기타구조물	0,006 tc	0,005 tc		
PS긴장재		0,005 tc	0,004 tc	-	-

tc : 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

3) KCI 2007 균열제어규정

① 제4장 사용성 및 내구성

4.2절의 환경조건 및 허용균열폭에 대한 규정을 삭제하고 일반적인 부재의 경우 6.3.3(보 및 1방향 슬래브의 휨철근 배치)에 규정된 철근의 간격 제한규정을 만족하고, 또한 다른 모든 규정을 만족하는 경우 균열에 대한 검토가 이루어진 것으로 간주하도록 규정함. 다만, 수밀성이 요구되는 경우와 미관이 중요한 경우에는 허용균열폭을 설정하여 균열을 검토할 수 있음.

② 제6장 6.3.3 보 및 1방향슬래브의 휨철근 배치

균열제어에 대해 콘크리트 인장연장에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심 간격 s 는 아래 식 (6.3.3)과 식 (6.3.4)에 의해 계산된 값 중에서 작은 값 이하로 하여야 한다는 규정하고 있다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5c_c \quad (6.3.3)$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) \quad (6.3.4)$$

여기서, c_c 는 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 최소 두께이다. 철근이 하나만 배치된 경우에는 인장연단의 폭을 s 로 한다. f_s 는 사용하중 상태에서 인장연단에서 가장 가까이에 위치한 철근의 응력으로 사용하중 휨모멘트에 대한 해석으로 결정하여야 하지만, 근사값으로 f_y 의 2/3를 사용할 수 있다.

③ 부록 V : 균열의 검증

● 적용범위

- 철근콘크리트구조물의 내구성, 사용성 및 미관 등에 대한 균열폭 검증이 필요한 경우
- 수밀성이 요구되는 구조물

● 허용균열폭 w_a (두 값 중 큰 값)

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조환경	습윤환경	부식성환경	고부식성환경
철근	0,4mm, 0,006 c_c	0,3mm, 0,005 c_c	0,3mm, 0,004 c_c	0,3mm, 0,0035 c_c
PS긴장재	0,2mm, 0,005 c_c	0,2mm, 0,004 c_c	-	-

c_c : 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소 피복 두께(mm)



● 균열폭의 계산

$$w_k \leq w_a$$

w_k : 지속하중이 작용할 때 계산된 균열폭

w_a : 내구성, 사용성, 미관에 관련하여 허용되는 균열폭

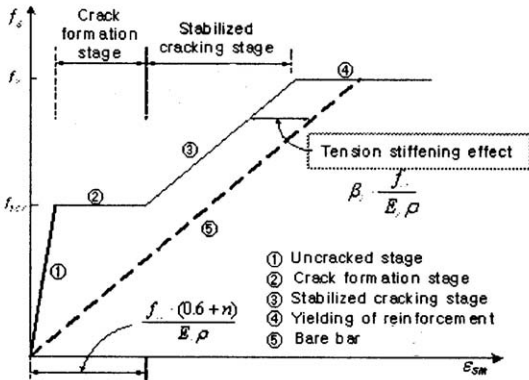
$$w_k = l_{s,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} - \epsilon_{cs})$$

$l_{s,max}$: 철근과 콘크리트 사이에 미끄럼이 발생하는 길이

ϵ_{sm} : $l_{s,max}$ 내의 평균 철근 변형률

ϵ_{cm} : $l_{s,max}$ 내의 평균 콘크리트 변형률

ϵ_{cs} : 수축에 의한 콘크리트 변형률



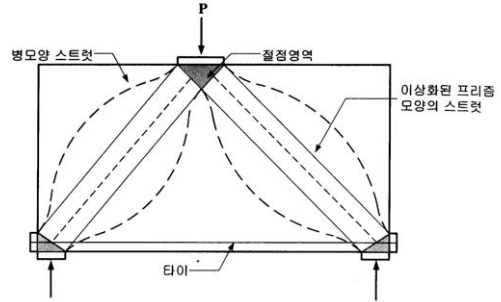
[그림 3] 강도에 따른 내의 평균 철근 변형률

2-5. 전단 및 비틀림모멘트

KCI 2003의 설계방법은 부재단면에 작용하는 전단력을 V_c+V_s 로 표현될 수 있고, 이 식으로 모든 구역의 전단강도를 표현할 수 있음. KCI 2007은 전단 및 비틀림에 대한 일부 변경과 스트럿-타이 모델을 도입하게 됨.

1) 용어정리

- ① B영역(B-region) : 보 이론의 평면유지원리가 적용되는 부분
- ② D영역(D-region) : 집중하중에 의한 하중 불연속부, 단면이 급변하는 기하학적 불연속부, 그리고 보 이론의 평면유지원리가 적용되지 않는 영역
- ③ 스트럿-타이 모델 : 스트럿, 타이, 그리고 스트럿과 타이의 단면력을 받침부나 부근의 B영역으로 전달시켜주는 절점 등으로 구성된 콘크리트 구조 부재 또는 D영역의 설계를 위한 트러스모델



[그림 4] 스트럿-타이 모델의 구성요소

2) 깊은 보의 설계

중전의 설계기준에서는 깊은 보의 전단강도는 V_c+V_s 의 틀에서 전단보강철근의 가중치를 두어 철근에 의한 전단강도를 산정하도록 하였음. 개정 기준에서는 하중 흐름을 전체적으로 이해하여 철근배치 및 강도 산정에 스트럿-타이 모델을 적용하도록 하였음.

3) 스트럿-타이 모델

평형조건을 만족하는 정적시스템으로 요소가 제 능력을 발휘하기 위하여 항복 이후 연성도 확보가 필요하며, 특히 압축재인 스트럿과 절점에 대한 충분한 연성도 확보해야 함.

스트럿-타이 모델의 가장 큰 문제는 지금까지 공식에 따라 기계적으로 철근배근량을 산정한 관습에서 벗어나 힘의 흐름을 이해하여 개념적인 그림을 그려야 함. 설계자가 기하학적인 형상과 하중에 대한 모형을 임의로 결정해야 하기 때문에 그 접근이 쉽지가 않다. 스트럿-타이 모델은 일반적인 구조 부재로 정의하기 어려운 조건의 구조부의 안전한 응력 전달에 의한 설계 도구로 제시될 것임.

3. 맺음말

앞에서 살펴보았듯이, 콘크리트설계기준이 근간에서 변화하고 있음. ACI95에 근간한 콘크리트설계기준이 ACI05 및 유럽코드에 의거 KCI2007로 나타나고 있음. 본 고에서는 콘크리트탄성계수, 하중조합 및 하중계수, 강도감소계수, 균열제어, 전단 및 비틀림에 대한 개정내용에 대해 설명하였음. S

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 「콘크리트구조설계기준」, 2007
2. 한국콘크리트학회, 「콘크리트구조설계기준」, 2003
3. 한국콘크리트학회, 개정콘크리트구조설계기준해설 공학전문과정, 2007
4. 한국콘크리트학회, 콘크리트 학회지, 2007년도 개정 콘크리트설계기준, 2007
5. (사)한국건축구조기술사회, 건축구조 제14권, KBC2007(안)개정안 소개