

통합된 콘크리트구조 설계기준

## 설계기준 통합과정에서의 문제와 해결

Difficulties in Unification of the Code  
for Structural Concrete



김진근\*

### 1. 머리말

콘크리트에 관련된 연구 깊이의 얕음의 서러움으로 밖에 볼 수 없었다. 왜 아파트 공사장의 옹벽과 도로 옆 옹벽의 철근량을 다르게 계산하여야 하는지 이해할 수가 없었다. 그에 관련된 연구를 깊이 수행한 연구자라면 아마도 같은 결과를 제시할 수 있었을텐데 우리는 다르게 제시하였다. 그리고 다들 이유가 있었다면 그 근거를 정확히 제시하여야 했는데 그러하지 못했다.

이번에 통합한 콘크리트구조 설계기준의 내용도 대부분 우리의 연구결과가 아니고 외국의 것이다. 하지만, 토목과 건축분야에서 서로 다른 기준을 사용하여 오던 것을 통합하였다는데 그 의의가 크나 하겠다.

이 글에서는 이 통합 과정에서 일어난 여러 가지 문제 중에서 대표적인 몇 가지 사항에 대하여

해결 과정을 간략히 기술하고자 한다.

### 2. 위원회의 구성

앞의 「건설공사기준의 정비 방향」에서 언급한 바와 같이 이번 설계기준은 이때까지 토목과 건축분야에서 서로 다르게 사용하여온 기준을 통합하는 작업이었다. 그래서 모든 위원회에 속한 위원들의 전공분야도 토목과 건축에서 같은 수로 구성하는 것을 원칙으로 하였다.

먼저 집필위원회는 건설교통부의 의견을 참조하여 3학회(대한토목학회, 대한건축학회, 한국콘크리트학회)에서 4명씩 추천하여 12명으로(표 1 참조) 정하였다. 그러나 대한토목학회는 1996년에 이미 「콘크리트 표준시방서」의 관리주체를 한국콘크리트학회로 이관하는 것을 동의하였기 때문에 집필위원 4명은 콘크리트학회에서 토목분야

\* 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 교수

전공학자로 정하였다. 결국 콘크리트학회에서 8명(토목 6명, 건축 2명)을, 그리고 건축학회에서 4명(건축 4명)을 추천하였다.

각 집필위원을 장별로 분담하여 설계기준을 집필하기로 하고, 각 장에 있어서 건축, 토목분야 1인씩 2인을 책임집필자로 정하였다. 이는 통합에 있어서 각 분야의 의견이 수렴될 수 있도록 하기 위한 조치였다. 그리고 각 장에 협의위원을 토목, 건축분야 같은 수로(표 1 참조) 정하여 집필 내용을 협의, 검토하도록 하였다. 또한 보다 효율적으로 일을 추진하기 위하여 용어조정, 안전기준(배합설계강도, 하중계수, 강도감소계수) 및 체제검토 소위원회를 집필위원회내에 두었다. 그리고 마지막으로 콘크리트 분야에서 실무경험과 설계기준 작성에 참여하여 오신 원로 학자를 중심으로 자문위원회를 구성하여 통합된 내용을 학회 자체로 최종 심의·자문을 받도록 하였다.

표 1 위원회 구성

위원회	위원명 (가나다 순)	
집필위원회	위원장 : 정일영	
	부위원장 : 변근주, 조철호	
	간사 : 김수만, 신성우	
	위원 : 김명준, 김진근, 심종성, 오병환, 이광민, 정영수, 최완철	
· 용어조정 소위원회	김상식, 김수만, 김진근	
	· 안전기준 소위원회	김진근, 변근주, 신성우, 오병환, 이광민, 정영수, 조철호
	· 체제검토 소위원회	권영웅, 김공환, 김진근, 변근주, 심종성
협의위원회	위원 : 김공환, 김상식, 김수보, 문정호, 박복만, 박성무, 박의식, 변종규, 송배원, 송하원, 윤영수, 이상희, 장석진, 정하철, 조선규, 조양희, 최기봉, 최준석	
자문위원회	위원 : 김생민, 김용부, 노희일, 마춘경, 문세길, 박병용, 신현복, 안진규, 안치섭, 이봉우, 이리향, 최진택	

### 3. 용어 및 기호의 통일

#### 3.1 용어의 통일

설계기준의 내용을 통일하는 것도 큰 난제였으나 용어와 기호의 통일은 더 큰 어려움을 주었다. 이것은 논리의 문제라기 보다는 이제까지 사용하여온 편의를 버려야 한다는 것이 가끔 감정 대립 까지도 일으켰다. 그러나 용어는 콘크리트학회에서 통일의 필요성이 제기되어 약 4년전부터 「용어 제·개정 분과위원회 (위원장: 김상식, 간사: 이광명)」를 구성하여 콘크리트 관련 용어를 총정리하여 「콘크리트 용어집」을 발간한 바가 있었다. 따라서 가능하면 이 용어집의 용어를 사용하기로 하고 집필을 하였다. 그러나 이 용어집을 발간할 때도 주요 용어는 어느 한 전공분야를 따를 수 없어서 2개를 모두 병기한 경우가 많았다. 이러한 용어는 주로 많이 사용되고 있는 주된 용어라 이번 통합기준 작성에서 하나로 통일하는데 많은 어려움이 있었다. 문제가 되는 용어는 서로 양보하기도 하고, 국어사전을 찾아 가능하면 정확한 용어를 사용하고자 하였으나 계속적으로 다듬는 것이 필요하다고 본다. 여기서는 문제가 되었던 주된 용어에 대하여 언급하고 통일된 용어는 이 특집 「구조설계기준에서의 용어와 기호의 통일」에서 다룰 예정이다.

#### 활하중과 고정하중 (live load, dead load)

사실 하중은 콘크리트구조 설계기준에서 결정하여야 할 문제라기보다는 하중기준에서 정해야 할 문제라고 본다. 토목에서는 ACI 기준 원어가 가볍게 활하중과 사하중으로 사용하여 왔고 건축에서는 일본 기준을 참고하여 적재하중과 고정하중으로 사용하여 왔다. 참고로 CEB-FIP 기준에서는 variable actions 과 permanent actions (정확하게 서로 일치하는 것은 아니나 비슷한 개념이고, actions이 load보다 넓은 의미로 사용되고 있음)으로 표기되고 있다. 토목분야의 live load는 주로 차량하중이므로 이를 적재하중으로

나타내기가 매우 힘들었기 때문에, 양 분야에서 의미가 통할 수 있는 live load를 활하중, dead load를 고정하중으로 통일하였다.

응력 (stress)

토목에서는 '응력', 건축에서는 '응력 또는 응력도' 라고 불러 왔는데, 공학분야 전반에서 '응력'으로 사용하고 있으므로 응력으로 통일하였다. 그러나 협의위원중 한 분이 '응력도'가 더 정확한 용어라고 주장하였는데 국어사전에 의하면 응력이란 '물체가 외부로부터 힘을 받았을 때, 물체 안에 생기는 반작용의 힘, 내력' 이라고 되어 있다. 따라서 응력이란 어디까지 force이지 stress가 아니라는 것이다. 즉 stress는 '반작용의 힘의 단위 면적당 정도'를 나타내므로 응력도가 더 정확한 의미라는 의견이 있었으나 타 분야에서도 응력으로 사용하고 있으므로 응력으로 결정하였다.

변형률 (strain)

토목에서는 변형률, 건축에서는 변형도로 불러 왔는데, 콘크리트학회에서는 변형도로 통일하자는 의견이 있어왔다. 이는 strain과 strain rate를 구별할 때, 문제가 있어 그러한 의견이 있었다. 그러나 strain은 무차원의 양으로서 '본래 길이에 대한 늘어난 길이의 비율'이므로 변형률이 더 적합한 용어라고 판단하여 이번 통합기준에서는 변형률로 통일하였다. 앞으로 strain rate는 '변형률 속도' 또는 '변형률도' 등으로 하여야 할 것으로 본다.

강도감소계수 (capacity reduction factor)

토목에서는 강도감소계수로, 건축에서는 강도저감계수로 사용하여 왔다. 국어사전에 의하면 감소는 '① 줄어서 적어짐 ② 떨어져 적게 함', 이고 저감은 '① 줄어짐, 줄임'으로 되어 있다. 여기서 reduction은 '적게 함', '줄임'의 뜻이므로 어느 것이나 사용가능한 것으로 보아 일반적으로 많이 쓰이는 감소로 통일하였다.

계수하중 (factored load)

토목에서는 극한하중으로, 건축에서는 계수하중으로 사용하여 왔다. 엄밀한 의미에서 factored load는 극한하중은 아니다. 단지 사용하중(평균하중)에 얼마의 계수를 곱한 하중이다. 건축에서도 1988년 강도설계법 제정 당시 이전에는 극한하중으로 사용하여 왔으나 계수하중으로 바꾼 이후 개념이 더욱 명확하게 되었다. 따라서 이번 통합기준에서는 계수하중으로 통일시켰다

콘크리트의 설계기준강도

(specified compressive strength of concrete)

잘 알려진 바와 같이 strength(강도)란, 단면의 경우 각 단면력에 대해 그 단면이 저항할 수 있는 최대 저항능력을 의미하고, 재료의 경우 각 응력에 대해 그 재료가 저항할 수 있는 최대 저항응력을 말한다. 그리고 specified라는 용어는 설계를 할 때(사실은 설계를 할 때 정확한 재료의 강도를 알 수 없다) 기준으로 삼는다는 말로서 '설계기준'으로 하였다. 그래서 직역하면 '콘크리트의 설계기준압축강도'가 되겠으나, 콘크리트 강도라고 하면 압축강도를 일반적으로 의미하므로 단순히 '콘크리트의 설계기준강도'로 결정하였다.

쪼갠인장강도 (splitting tensile strength)

현재 활렬인장강도로 널리 사용되고 있으나 '활렬'이라는 단어가 너무 일본어 형태라고 하여 순수 우리말로 쪼갠인장강도로 결정하였다. 건축분야에서는 강도설계법 제정 이후 쪼갠인장강도로 사용하고 있다.

피복두께 (cover, thickness of cover)

토목에서는 덮개, 건축에서는 피복 또는 피복두께로 사용하여 왔다. 국어사전에 의하면 덮개는 '① 뚜껑, ② 잘 때 덮는 이불·담요'로 되어 있고, 피복은 '① 거죽을 덮어 씌, 또는 덮어 씌운 물건'으로 되어 있다. 덮개는 덮어싸는 물건과 덮어 쌓인 물건이 일체가 되지 않고 서로 떨어질 수

있는 것을 의미한다면 피복은 보다 두 물건이 일체화되어 떨어지지 않는 것을 의미하는 것으로 보아 피복두께로 통일하였다.

### 깊이 (depth)

depth를 토목에서는 높이, 건축에서는 춤이라고 사용하여 왔는데 원어에 가깝게 깊이로 통일하였다. '보의 높이'라고 했을 때 depth of beam인지 height of beam인지 확실하지가 않다. 즉 height of beam은 지표면(또는 슬래브 바닥면)으로부터 상부 보까지의 높이를 의미할 수 있기 때문에 혼란을 줄이기 위하여 깊이로 통일하였다. 따라서 'effective depth of beam'은 '보의 유효깊이'로 나타낼 수 있다.

### 균형철근비 (balanced reinforcement ratio)

토목, 건축 양 분야에서 균형철근비 또는 균형철근비로 사용되어 왔는데 균형철근비로 통일하였다. 왜냐하면 이 경우의 balanced와 힘의 평형을 의미하는 equilibrium을 구별하기 위해서 균형철근비로 통일하였다.

### 별도설계법 (alternate design method)

콘크리트 표준시방서 설계편에 「허용응력 설계법」으로 되어 있고, 건축분야에서는 강도 설계법과 별책으로 허용응력도 설계법에 의한 규준이 있다. 그러나 건축분야의 허용응력도 설계법은 바로 working stress design method이나 토목분야에서 사용하고 있는 「허용응력 설계법」은 순수한 의미의 허용응력 설계법은 아니다. 즉 기둥의 축하중강도, 보의 전단강도 및 철근의 정착 등은 강도설계법에 의해 계산하도록 되어 있다. 그래서 ACI에서도 순수한 허용응력 설계법이었던 1963년도 판에서는 working stress design method라고 하였고, 1971년도판부터는 현재와 내용이 비슷하여 alternate design method라고 하였다. 건설교통부 심의 과정 중에 이 문제가 제기되어 건축분야에서 사용하고 있는 허용응력도 설계법과 혼란을 주지 않기 위해 별도 설계법

이라고 이름하였다.

그외에도 많은 용어가 긴 시간의 논의 후에 의해 결정되었으며 자세한 내용은 생략하고, 프리스트레스트 콘크리트에 사용되는 보강재의 용어는 원어에 가깝게 다음과 같이 결정되었음을 밝혀둔다.

- prestressing tendon(strand, bar, wire):  
: 프리스트레싱 긴장재
- prestressing strand:  
: 프리스트레싱 강연선
- prestressing bar:  
: 프리스트레싱 강봉
- prestressing wire:  
: 프리스트레싱 강선
- prestressed reinforcement:  
: 프리스트레스트 보강재

### 3.2 기호의 통일

기호는 토목, 건축 양 분야에서 서로 다르게 사용하여 왔기에 통합에 많은 진통이 있었다. 그래서 집필위원회에서는 설계기준 내용이 ACI 318 code와 비슷하므로 기호도 가능한 동일하게 하기로 결정하였다. ACI code에 의하면 기호에 대한 몇가지 원칙이 있는데 : (1) 힘, 응력과 관련하여 힘은 대문자, 응력은 소문자로 되어 있다. 그리고 재료의 강도는 prime을 붙여 구별하였고, 응력의 종류에 따라 아래 첨자로 구별하였으며, (2) 길이, 면적 등에 있어서 부재와 단면 등의 길이는 소문자, 단면의 특성인 면적, 1차, 2차 단면계수 등은 대문자로 표기하고 있다. (3) 모든 계수, 상수는 영문 또는 Greek 문자의 소문자(몇 개의 예외 있음)로 나타내고 있다.

그러나 이번 통합 기준에서는 토의 후에 몇 개의 주요 기호를 ACI와 다르게 표기하기로 하였는데 그 내용은 다음과 같다.

### 콘크리트의 설계기준강도 $f_{ck}$

토목에서는  $\sigma_{ck}$ , 건축에서는  $F_c$  또는  $f'_c$ 으로

사용하여 왔는데 이번 통합기준에서는  $f_{ck}$ 로 통일하였다. 이유는 ACI code에서는  $f'_c$ 을 설계기준강도로 규정하고 있는데 일반 교과서에서 사용하고 있는  $f'_c$ 은 실제로 설계기준강도가 아니라 콘크리트의 압축강도를 의미하는 경우가 많다. 설계기준강도와 실제 콘크리트의 압축강도가 구별되어야 할 필요가 있으므로 이의 혼란을 막기 위하여  $f_{ck}$ 를 설계기준강도로 통일하고, 콘크리트의 압축강도는  $f_{cu}$ 로 구별하였다. 참고로 CEB-FIP에서도 설계기준강도로  $f_{ck}$ 를 사용하고 있다.

#### 콘크리트의 압축강도 $f_{cu}$ 와 재령 28일 강도 $f_{28}$

앞에서 설명한 바와 같이 콘크리트의 압축강도를  $f_{cu}$ (cu의 의미는 compressive, ultimate임)로 하였다. 물론 구비에서  $f_{cu}$ 는 가끔 cubic specimen의 강도를 의미하기도 하는데 혼란이 예상되기도 한다. 따라서 재령 t일의 콘크리트 압축강도는  $f_{cu}(t)$ 로 표기하면 되고, 재령 28일의 강도는  $f_{cu}$  또는  $f_{28}$ 로 표기하면 된다.

#### 콘크리트의 쪼갬인장강도 $f_{sp}$

콘크리트의 splitting tensile strength를 ACI에서는  $f_{ct}$ 로 되어 있으나  $f_{sp}$ 로 결정하였다. ACI에서는 콘크리트의 인장강도로서의 의미로  $f_{ct}$ 로 하였으나 통합기준에서는 splitting이라는 의미를 주기 위해서  $f_{sp}$ 로 통일하였다.

#### 콘크리트의 지압강도 $f_{bk}$

bearing strength의 의미로  $f_{bk}$ 로 통일시켰다.

#### 콘크리트의 파괴계수 $f_r$

휨인장강도의 의미도 갖고 있으나, modulus of rupture는 재료상수의 하나로 보아 콘크리트 파괴계수라고 용어 통일을 하였으며, 표기도 강도의 의미보다는 재료상수로 보아 ACI 그대로  $f_r$ 로 결정하였다.

#### 콘크리트의 배합강도 $f_{cr}$

ACI에서는 강도의 의미로서  $f'_{cr}$ 으로 되어 있

으나 간단하게 표현하기 위하여 prime을 빼고  $f_{cr}$ 로 통일하였다.

#### 콘크리트의 압축, 인장, 지압 응력, $f_c, f_t, f_b$

단면에 작용하는 압축, 인장, 지압 응력은 강도에서 첨자 k가 없는  $f_c, f_t, f_b$  통일하였다.

#### 철근의 설계기준항복강도 $f_y$

토목에서는  $\sigma_y$ , 건축에서는  $F_y$  또는  $f_y$ 로 사용되어 왔는데 통합기준에서는 ACI에 따라  $f_y$ 로 통일시켰다.

### 4. 구성체계의 통합

설계기준의 장별 구성체계는 토목의 「콘크리트 표준시방서(설계편)」와 건축의 「극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트구조 계산규준」을 참조하고, ACI 318-95 code의 체계도 참조하여 결정하였으며 통합기준에 해당하는 토목, 건축의 기존 시방서 및 규준의 내용은 각 장과 절별로 다음 표(2)에 나타내었다. 구성체계의 통합에 있어서 큰 문제는 없었으나 제15장 라멘의 명칭 등이 합당한지 여부가 논의 되었다.

### 5. 표준시방서 내용과의 일치 문제

#### 5.1 현 상황

설계기준은 각 나라의 사용 재료와 시공의 정밀도, 해석 및 설계의 정확성 등을 고려하여 작성되어야 한다. 그러나 우리나라의 경우 고유의 설계기준과 표준시방서를 만들지 못하고 선진국의 것을 참조하여(거의 번역하여)제·개정하여 왔다. 허용응력 설계법에 의할 때는 토목, 건축 모두 일본의 규준을, 그리고 강도 설계법에 의할 때는 ACI 318 code를 기본으로 하여 만들었다. 그리고 표준시방서는 토목, 건축분야 모두 일본의 시방서(사양서)를 계속 참조하여 개정하고 있는 형편이다. 따라서 설계기준은 미국의 ACI code를 기준으로 되어 있고 콘크리트 표준시방서는

일본의 토목학회 또는 건축학회의 시방서를 기준으로 되어 있기 때문에 우리 설계기준과 표준시방서는 그 내용이 상충되는 부분이 있었다. 주로 콘크리트 재료에 관한 사항으로서 그 주된 상충점과 그 조정 과정을 여기서 밝히고자 한다.

## 5.2 콘크리트 배합강도

### 1) ACI 기준

콘크리트 생산 공장에서 비슷한 콘크리트 강도에 대한 표준편차를 갖고 있는 경우(아래 식(1)

과 (2)의 값은 100개 이상의 값에 대한 것이지만 30개 이상이면 적용가능한 것으로 ACI에서 보고 있음), 다음 식(1)과 (2) 중에서 큰 값을 택하도록 하고 있다. 식(1)에 의해 콘크리트 배합강도  $f_{cr}$ 을 결정하여 구조물에 사용하면 콘크리트 강도가 설계기준강도  $f_{ck}$  보다 더 작을 확률이 9%이고, 3개 연속 시험한  $f_{ck}$  값의 평균값이  $f_{cr}$  보다 작을 확률은 1%이다. 그리고 식(2)에 의하면  $f_{cr}$ 이 설계기준강도  $f_{ck}$ 에서  $35\text{kgf/cm}^2$  (500 psi)를 뺀 값 즉  $f_{ck} - 35\text{kgf/cm}^2$  보다 작을 확률이 1%라는 의미이다.

표 2 설계기준의 장별 구성

콘크리트구조 설계기준	철근콘크리트구조 계산규준	콘크리트 표준시방서 (설계편)
1. 총칙(설계 일반)	1. 총칙	1. 적용범위 및 일반사항
2. 재료	2. 재료 및 시험	2. 해석 및 설계일반
3. 설계하중 및 하중조합	2.1 재료	3. 설계하중 및 설계강도
4. 사용성 및 내구성	2.3 기존 구조물의 강도 평가	4. 휨과 축방향력
5. 철근 상세	2.4 철근상세	5. 전단 및 비틀림
6. 휨 및 압축	2.5 관련 KS 규격	6. 사용성 및 내구성
7. 전단과 비틀림	3. 기본사항과 구조해석	7. 철근의 정착 및 이음
8. 정착 및 이음	3.1 하중과 외력	8. 철근 세목
9. 프리스트레스트 콘크리트	3.2 강도규정	9. 슬래브
10. 슬래브	3.3 구조설계와 처짐	10. 벽체
11. 벽체	4. 부재설계	11. 확대기초
12. 기초판	4.1 휨재	12. PS 콘크리트
13. 옹벽	4.2 압축재	13. PC
14. 아치	4.3 전단과 비틀림	14. 합성 콘크리트 휨부재
15. 라멘	4.4 철근의 정착과 이음	15. 무근 콘크리트
16. 프리캐스트 콘크리트	4.5 슬래브	16. 박스구조
17. 합성 콘크리트 부재	4.6 기초	17. 옹벽
18. 셸과 절판부재	4.7 벽체	18. 아치
19. 구조용 무근콘크리트	5. 구조시스템과 특수부재	19. 라멘
20. 구조물의 안전성 평가	5.1 2방향 슬래브 시스템	20. 구조물의 내하력 평가
21. 내진설계시 특별고려 사항	5.2 PC 구조	부록 I. 허용응력 설계법
부록 I. 별도 설계법	5.3 PS 콘크리트	부록 II. 내진설계시 특별 고려사항
부록 II. 장방향 슬래브의 휨모멘트 계수	5.4 합성 콘크리트 휨부재	
	6. 내진설계를 위한 특별규정	
	부록 A. 시공규칙	
	부록 B. 장방향 슬래브의 휨모멘트 계수	
	부록 C. 수식 환산표	

$$f_{cr} = f_{ck} + 1.34s \quad (1)$$

$$f_{cr} = f_{ck} - 35 + 2.33s \quad (2)$$

그리고 이러한 표준 편차에 대한 자료가 없는 경우는 다음 식(3)에 따라 배합강도를 결정하도록 하고 있다.

$$\begin{aligned} f_{ck} &= f_{ck} + 70 \quad (f_{ck} < 210 \text{ kgf/cm}^2) \quad (3) \\ &= f_{ck} + 84 \quad (210 \leq f_{ck} \leq 350 \text{ kgf/cm}^2) \\ &= f_{ck} + 98 \quad (f_{ck} > 350 \text{ kgf/cm}^2) \end{aligned}$$

## 2) 콘크리트 표준시방서

1998년 12월 한국콘크리트학회에서 개정된 콘크리트 표준시방서에서는 배합강도  $f_{cr}$ 이 설계기준강도  $f_{ck}$ 보다 작을 확률을 5%로 하고,  $0.85f_{ck}$ 보다 작을 확률을 0.13%로 하여 다음 식(4), (5)와 같이 규정하였다.

$$f_{cr} = f_{ck} + 1.64s \quad (4)$$

$$f_{cr} = 0.85f_{ck} + 3.0s \quad (5)$$

## 3) 건축공사 표준시방서 및 계산규준

그러나 통합 이전의 토목분야는 위의 식(4)와 식(5)와 같이 규정되어 있었으나 건축공사 표준시방서에서는 이보다 더 엄격한 4% 확률로서 식(6)과 같이 규정하고 있었다.

$$f_{cr} = f_{ck} + 1.73s \quad (6)$$

한편 「철근콘크리트구조 계산규준」은 현재 ACI와 동일하게 규정하고 있어 기존 시방서 및 규준에서는 상호간 다르게 규정하고 있다.

## 4) 구조설계기준

설계기준에서는 이 배합강도 결정에 있어 많은 논란이 있었으나 콘크리트 표준시방서에 준하여 식(4)에 따라 배합강도를 결정하고, sample 수

가 30이하일 때 보정하도록 하였고, 표준편차가 없을 때는  $0.15f_{ck}$ 로 표준편차를 대신하도록 하여 내용을 표준시방서와 일치시켰다. 그러나 1.34s 대신에 1.64s를 택함으로써 같은 설계 기준강도와 품질관리가 되어도 미국보다 우리나라는 배합강도가 0.3s만큼 커야 한다. 예컨대  $f_{ck}=300 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $s=0.1f_{ck}$ 라면  $9 \text{ kgf/cm}^2$ 의 강도를 더 발휘하도록 배합하여야 하기 때문에 단위시멘트량의 증가가 필요하게 되어 경제적으로, 콘크리트 품질면에서도 문제가 될 수 있다.

## 5.3 염화물 함유량

콘크리트 표준시방서에서는 염화물 이온량을 콘크리트  $1\text{m}^3$ 당  $0.3 \text{ kgf}$ 로 원칙적으로 제한하고 있다. 이에 반하여 ACI code에서는 구조물의 종류에 따라 콘크리트 속의 최대 수용성 염화물 이온량을 시멘트 중량에 대한 비(%)로 규정하고 있다. 따라서 설계기준에서는 2가지 중에서 선택하여 제한할 수 있도록 규정하였다.

## 6. 하중계수와 강도감소계수의 통합

### 6.1 하중계수

하중계수란 각 하중의 특성에 따라 불확실성에 대한 설계되는 구조물의 안전을 확보하기 위한 계수이다. 따라서 이에 대한 정확한 값을 결정하기 위해서는 각 하중기준에서 정해진 각 형태의 평균 하중에 대한 구조물에 실제로 작용하는 하중의 조사가 선행되어야 할 것이다. 그러나 아직 그러한 조사가 이루어져 있지 않았기 때문에 건축분야는 ACI code에서 제시한 값과 동일하게, 토목분야에서는 ACI code에서 제시한 계수값보다 0.1씩 크게 (지진하중 제외) 사용하여 왔다.

현재도 이에 대한 정확한 조사 결과가 없기 때문에 토목·건축 분야의 해당구조물에 크게 영향을 줄 수 있는 하중계수를 택하기로 결정하였으며 표3에 나타나 있다.

표 3 하중계수

하중의 종류	콘크리트구조 설계기준	철근콘크리트 구조 계산기준	콘크리트 표준시방서
고정하중 <i>D</i>	1.4 <i>D</i> *	1.4 <i>D</i> *	1.5 <i>D</i>
활하중 <i>L</i>	1.7 <i>L</i>	1.7 <i>L</i>	1.8 <i>L</i>
풍하중 <i>W</i>	1.7 <i>W</i>	1.7 <i>W</i>	1.8 <i>W</i>
지진하중 <i>E</i>	1.8 <i>E</i>	1.87 <i>E</i>	1.8 <i>E</i>
지하수 및 토압 <i>H</i> **	1.8 <i>H</i>	1.7 <i>H</i>	1.8 <i>H</i>
유체압 <i>F</i>	1.5 <i>F</i>	1.4 <i>F</i>	1.5 <i>F</i>
온도하중 등 <i>T</i>	1.5 <i>T</i>	1.4 <i>T</i>	1.5 <i>T</i>

\* 고정하중이 지배적인 구조물은 *D*에 1.1*D*를 사용.


\*\* 슬래브 상부의 지하수 및 토압에 의한 연직 하중은 고정 하중 *D*로 취급. (ACI에서는 이 경우에도 *H*로 취급)

표 4 강도감소계수

단면력의 종류	콘크리트구조 설계기준	철근콘크리트 구조 계산기준	콘크리트 표준시방서
휨, 휨과인장	0.85*	0.90	0.85
축인장	0.85	0.90	0.85
압축(띠철근)	0.70	0.70	0.65
(나선철근)	0.75	0.75	0.70
전단, 비틀림	0.80*	0.85	0.80
지압	0.70	0.70	0.60
무근콘크리트	0.65	0.65	0.55

\* 건축 구조부재 설계의 경우 0.05 증가시킬 수 있다.

## 7. 맺음말

많은 토론과 이해를 통하여 이 통합기준이 완성되었다. 통합된 기준 내용, 용어 및 기호 등에 대하여 이견을 갖고 계실 회원들도 많을 것으로 판단한다. 그러나 학회에서는 계속 회원들의 의견을 수렴하여 개정 작업을 추진하기 위하여 위원회를 구성 운영하고자 계획하고 있다. 적극적으로 위원회 활동에 회원들은 참여하여 보다 나은 설계기준 작성에 도움을 주었으면 하는 바램이다. 그리고 우리 고유의 설계기준을 자체적으로 개발할 수 있도록, 콘크리트 관련 각 분야의 연구가 활발히 진행되었으면 한다. 

## 6.2 강도감소계수

강도감소계수도 재료강도, 시공의 정확성 및 구조해석·설계에서 여러 불확실성을 고려하기 위한 안전계수이다. 이 계수도 합리적으로 결정하기 위해서는 선행 연구가 이루어져야 할 것이나, 이제까지 토목분야에서는 ACI code보다 0.05씩 작게, 건축분야에서는 ACI code와 동일하게 사용하여 왔다.

그리고 앞서 언급한 바와 같이 콘크리트 배합 강도는 ACI code보다 오히려 강화시켰으므로 이 강도감소계수는 오히려 증가될 수도 있겠으나 국내의 시공수준 등을 감안하여 표4와 같이 결정하였다.