

21세기를 향한 콘크리트 관련 통합기준의 방향

김진근

한국과학기술원 토목공학과 교수
본학회 이사, 기술위원회 위원장

1. 머릿말

우리 학회에도 이 분야에 많은 전문가가 계시는데도 불구하고 필자에게 이러한 기회가 주어진 데 대하여 먼저 송구스런 마음이다. 아마도 이번 「콘크리트구조 설계기준」 작성에 있어서 전체적으로 검토하는 작업이 필자에게 주어졌기 때문에 이 기회가 주어진 것으로 본다. 따라서 그와 관련하여 이번에 개정된 설계기준의 주요개정내용과 앞으로 통합기준이 어떻게 발전하여 가야만 하는가에 대한 의견 개진의 장으로 생각하고 이 글을 적고자 한다.

설계기준이란 구조물을 설계하는데 가장 기본이 되는 규정의 모음이라 할 수 있겠다. 그런데 구조물의 설계라는 것도 잘 알다시피 광의의 설계와 협의의 설계로 나눌 수 있는데, 우리가 말하는 「콘크리트구조 설계기준」에서 '설계'는 협의의 의미에 가깝다고 보아야 할 것이다. 즉 콘크리트 구조물을 해석하고, 그 결과에 따라 단면을 해석, 설계하는 것을 의미하는 것이며, 이 중에서도 특히 설계기준에서는 콘크리트 구조물의 해석 방법에 대한 규정은 최소화하고, 대부분 단면 또는 부재의 설계에 대한 규정이 대부분을 차지하고 있다. 따라서 이러한 설계기준에서 해석방법, 설계방법 등에 관련된 이론과 개념 등은 지역의 특성에 관계없이 객관적이고 일반화될 수 있으나, 사용 재료, 시공 정밀도 등은 각 지역의 특성을 갖는 것으로서 주관적 판단이 필요하고 넓은 지역으로 일반화하기가 힘든 부분이다.

그리고 설계기준이 나타나기 이전인 1800년대 말부터 1900년 초까지는 구조물 부재 및 단면의 설계에 대한 내용이 특허로 많이 발표되었으나 1910년 이후 각국에서는 설계기준을 제정하기에 이르렀다. 이렇게 시작한 초기의 설계기준의 주요 관심사항은 구조물의 안전성(safety-strength)이었다. 그러나 그 이후 기준에는 사용성(serviceability)이 규정되기 시작하였고, 1960년 이후부터는 내구성(durability)도 규정되기 시작하였다. 한편 앞으로의 설계기준에서는 한걸음 더 나아가 복구성(rehabilitation)을 고려하여야 한다는 논의가 시작되고 있다.

2. 각국의 설계기준의 발전사

이 장에서는 현재 국제적으로 널리 사용되고 있는 Model Code 인 ACI Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) (이하 ACI 설계기준)와 CEB-FIP Model Code 1990 (이하 CEB-FIP 설계기준)의 발전 과정에 대하여 간단히 서술하고, 우리나라 설계기준의 발전사에 대해서도 간단히 서술하고자 한다.

2.1 설계 방법

현재 세계 각국에서 사용하고 있는 콘크리트 구조물의 설계 방법으로는 허용응력설계법, 강도설계법과 한계상태설계법 등으로 나누어져 있으며, 앞서 설명한 바와 같이 우리나라에서는 현재 강도설계법으로 주로 사용하고 있으나 허용응력설계법도 사용할 수 있도록 규정하고 있다.

이 3가지 설계 방법은 여러 가지 서로 다른 개념을 갖고 있으며, 또 같은 설계법이라 하여도 그 구체적인 규정내용은 각 기준에 따라 다르게 표현될 수도 있다. 그러나 그 주된 차이점은 <표 1>에서 볼 수 있듯이 구조물의 해석방법과 구조부재 또는 단면의 설계방법의 차이라고 할 수 있다.

표 1 설계방법에 따른 차이

설 계 법	구조물 해석	부재 또는 단면 설계
허용응력설계법(WSD) Working Stress Design	선형(linear)	선형(linear)
(극한)강도설계법(USD) (Ultimate) Strength Design	선형(linear)	비선형(nonlinear)
한계상태설계법(LSD) Limit State Design	비선형(nonlinear)	비선형(nonlinear)

<표 1>에서 보듯이 허용응력설계법은 콘크리트구조물에 외력이 작용하여 그 부재력을 계산할 때 선형 탄성체로 가정하여 수행한다. 그리고 그 부재력에 대한 단면의 응력을 계산할 때에도 사용한 철근과 콘크리트가 선형 거동을 한다고 가정한다. 물론 사용하중하에서는 이러한 가정이 어느정도 타당하나 구조물의 극한 상태까지의 거동 상황과는 큰 차이가 있으므로 구조물의 안전성 확보 측면에서 볼 때 비합리적 부분이 있을 수 있다.

둘째로 강도설계법(Strength Design)은 초기에는 극한강도설계법(Ultimate Strength Design Method)이라고 불리어졌는데 강도(Strength)라는 말 자체가 극한(Ultimate)이라는 개념을 갖고 있으므로 현재에는 강도설계법으로 통일되어 불리고 있다. 이 강도 설계법은 구조물을 해석할 때에는 선형으로 가정하여 수행한다. (예 ACI 설계기준 8.3.1 - All members of frames or continuous construction shall be designed for the maximum effects of factored loads as determined by the theory of elastic analysis, except as modified according to 8.4). 즉 ACI 설계기준은 대표적인 강도설계법을 채택하고 있는데 8.3.1의 규정에 탄성이론에 의해 구조해석을 하도록 규정하고 있다. 예외 조항은 8.4의 부모멘트 재분배인데 이것은 비선형 해석 결과에 의한 값이므로 예외로 인정하고 있다. 그러나 강도설계법에서 단면설계는 그 단면이 극한 상태(파괴까지)에 이를 때까지의 거동을 고려한 값을 사용한다.

한편 한계상태설계법은 기본적으로 구조물을 해석하고, 단면을 설계할 때 비탄성, 비선형에 근거하고 있다. 따라서 극한상태까지의 구조물 거동을 가장 잘 모사할 수 있는 방법으로서 사용성, 안전성 설정에 있어 합리적 방법이라 할 수 있다. 그러나 이 방법을 현재 사용하는데 있어서 가장 큰 문제는 비선형해석에 의해 구조물을 해석한다는 어려움이다.

2.2 ACI 설계기준

이번에 우리 학회에서 준비한 「콘크리트구조 설계기준」의 기본이 된 것도 이 ACI 318-95 설계기준이다. 이 ACI 설계기준은 ACI의 전신인 NACU(National Association of Cement Users)가 1905년 발족되어 1907년에 준비하여 1910년에 발표된 최초의 Standard Building Regulations를 시작으로 13번의 개정을 거쳤으며 그 주된 개정시기와 특징은 <표 2>와 같다.

<표 2>에서 나타낸 바와 같이 현재의 ACI 설계기준은 ACI의 전신인 NACU에 의해 최초로 제정된 것으로서 1956년 ACI 318-56 설계기준이전까지는 허용응력 설계법 개념에 기본을 둔 것이다. 그 이후 1956년과 1963년 설계기준에 강도설계법 개념이 도입되기 시작하여 ACI 318-71판인 1971년도에 설계 개념이 허용응력설계법에서 강도설계법으로 바뀌게 되었다. 1971년 이후에는 매 6년마다 정기적으로 개정판을 발간하였으며, 중간 3년마다 약간의 수정된 내용을 ACI 학회지인 Concrete International에 수록, 발표하였다. 가장 최근에 개정한 것은 1995년에 있었으며, 이를 기준으로 이번에 우리학회에서도 「콘크리트구조 설계기준」을 통합, 개정하였다.

그러나 ACI에서는 지금부터는 금년 1999년에 개정판(1995년 이후 4년만에)을 내고, 이후 매 3년마다 즉 2002, 2005, ... 년에 개정판을 낼 예정으로 있다. 그 이유는 ACI 설계기준은 legal code가 아니라 model code이므로 미국 각 주에서 채택할 예정인 ICC(International Code Council)의 IBC Code(International Building Code)가 최초로 2000년부터 즉 IBC 2000부터 제정될 예정이기 때문이다. 다시말하여 model code인 ACI 설계기준이 legal code인 IBC에 포함될 수 있도록 1년 먼저 개정판을 낼 예정인 것이다.

표 2 ACI 설계기준의 개정

년 도		
1910	NACU 설계기준 제정	NACU(1905~1913. 7)는 ACI의 전신
1917	ACI 설계기준	이름이 ACI로 변경된 후 최초의 ACI 설계기준임
1925	2차 개정	
1936	3차 개정	ACI 501-36 설계기준 Committee 501에서 개정하였으며, 후에 Committee 318로 변경
1941	4차 개정	최초의 Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-41)로 탄생
1947	5차 개정	
1951	6차 개정	
1956	7차 개정	일부 강도설계법 채택 flexure and axial load 에 대한 최초의 강도설계법 개념이 부록에 추가
1963	8차 개정	본격적 강도설계법 채택 허용응력 설계법과 강도설계법을 본문에 나란히 규정함
1971	9차 개정	완전히 강도설계법으로 변경 허용응력설계법은 Alternate Design Method로 부록으로 이동
1977	10차 개정	이 때부터 매 6년마다 정기적으로 개정
1983	11차 개정	
1989	12차 개정	내구성에 대한 내용이 독립된 chapter로 구성
1995	13차 개정	부록에 Unified Design Provision 삽입과 Building Code Requirements for Structural Concrete 로 명칭 변경

CEB-FIP 설계기준

1970년에 fib(fédération internationale du béton)로 합쳐졌지만, 그 이전의 CEB(Comité Européen du Béton)와 FIP(Fédération Internationale de la Précontrainte)가 제정한 설계기준이 CEB-FIP Model Code이다. 이 설계기준도 legal code가 아닌 model code로서 Eurocode 2 뿐만 아니라 유럽 각국의 설계기준의 기본이 되고 있으며 큰 영향을 미치고 있다.

FIP는 1952년에, CEB는 1953년에 발족되었으며 콘크리트구조에 대한 설계기준을 제정 발표한 것을 보면 <표 3>과 같다.

표 3 CEB-FIP 설계기준 개정

년 도	내 용
1964	CEB International Recommendations를 제정
1970	CEB/FIP 2'nd International Recommendations 출판
1978	CEB/FIP Model Code 1978 제정 (CEB, FIP, ECCS, CIB, RILEM 등이 협조)
1990	CEB/FIP Model Code 1990 출판

CEB/FIP 설계기준의 특징은 한계상태(limit states)와 부분안전계수(partial safety factors)에 근거한 새로운 안전성 개념을 도입한 한계상태 설계법(limit states design method)인 것이다. 또한 이 설계기준은 유럽 여러나라가 각자 고유의 설계기준을 갖고 설계하던 것을 model code이지만 유럽의 통합 기준으로서 통일할 수 있도록 한 것이 그 큰 의의라고 할 수 있다. 즉 이 기준의 제정 이후 이러한 지역별 통일기준이 나타나는 기운이 생겨나고 있으며 아시아 지역에서도 1990년 초반 이후 Asian Concrete Model Code

준비가 한창 진행 중이다.

2.4 우리나라 설계기준

잘 알다시피 우리나라는 처음부터 model code의 작성에서 시작한 것이 아니라 일본의 영향으로 건설교통부(당시 건설부)의 요청에 의한 legal code의 제정으로부터 시작되었으며, 또한 토목, 건축분야에 서로 상이한 설계기준이 적용되어 왔다. 그러나 1996년부터 우리나라 건설시장의 개방등의 이유로 토목, 건축분야의 설계기준을 통일하여야 할 필요성이 있어 올해 (1999년)에 이를 통합, 개정하게 되었다.

우리나라는 해방 이후부터 1960년대 초반까지는 설계기준이 없었다. 그러던 중 1962년 대한 토목학회에 의해 토목분야에서 사용될 '콘크리트 표준시방서'를 제정하였다. 사실 시방서는 specification으로 일반적으로 시공에 관련된 규정의 모음집이라 볼 수 있는데 우리나라 토목분야에서는 표준시방서내에 설계편과 시공편으로 나누어 설계기준에 해당하는 내용도 함께 다루어왔다. 제정 당시 '콘크리트 표준시방서(설계편)'는 허용응력설계법으로 되어 있었으며, 1차 개정이 1983년에 이루어지면서 강도설계법으로 바뀌었다. 그 이후 1988과 1996년에 개정되었고, 작년 1998년에 개정되면서 설계편은 「콘크리트구조 설계기준」으로 이관되고 시공편의 내용만으로 이루어지게 되었다.

건축분야에서는 1972년 대한건축학회에 의해 '철근콘크리트 구조계산 기준'이 작성, 제정되었다. 이 초기의 기준은 일본 건축학회의 기준 내용을 대부분 모방하였으나 일부 내용은 ACI의 허용응력설계법도 인용하였다. 그 이후 1975년과 1977년에 일부 수정, 보완되었으나 그 설계개념은 허용응력설계법에 근거한 것이었다. 그 후 1988년 ACI 318-83 설계기준을 기본으로 한 '극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산기준'이 작성되었고, 1994년에 1차 개정되었다.

이와 같이 우리나라 설계기준은 토목, 건축분야가 별도로 제정하여 사용하여 왔으며, 초기에 사용한 허용응력설계법은 주로 일본의 영향을 받아 제정되었고, 1980년 중반 이후 강도설계법으로 개념이 바뀌면서 ACI 설계기준을 기준으로 삼아 작성되었다. 따라서 토목분야에서 사용하여온 '콘크리트 표준시방서(설계편)'의 기본개념과 건축분야에서 사용하여온 '극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산기준'의 기본개념은 동일한 것이었기 때문에, 1998년 건설교통부의 요청에 의해 우리학회에서 기존의 두 기준을 통합한 '콘크리트구조 설계기준'을 작성하게 되었다.

3. 통합 설계기준의 주요내용

이 장에서는 이번에 우리 학회에서 통합, 개정한 「콘크리트구조 설계기준」의 주요 개정내용을 다루고자 한다.

3.1 용어 및 기호의 통일

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 대립까지도 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 주된 용어라 이번 통합기준 작성에서 하나로 통일하는 데 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 여기서 언급하고 통일된 용어는 <표 4>를 참조하기 바란다.

live load 와 dead load (활하중과 고정하중)

사실 하중은 콘크리트구조 설계기준에서 결정하여야 할 문제라기보다는 하중기준에서 정해야 할 문제

라고 본다. 토목에서는 ACI 기준 원어에 가깝게 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 load 보다 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.

stress (응력)

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.

strain (변형률)

토목에서는 변형률, 건축에서는 변형도로 불러왔는데, 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.

capacity reduction factor (강도감소계수)

토목에서는 강도감소계수로, 건축에서는 강도저감계수로 사용하여 왔다. 국어사전에 의하면 감소는 '① 줄어서 적어짐 ② 덜어서 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.

factored load (계수하중)

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

specified compressive strength of concrete(콘크리트의 설계기준강도)

잘 알려진 바와같이 strength(강도)란 단면의 경우 각 단면력에 대해 그 단면이 저항할 수 있는 최대 저항력을 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 되겠지만, 콘크리트강도라고 하면 압축강도를 일반적으로 의미하므로 단순히 '콘크리트의 설계기준강도'로 결정하였다.

splitting tensile strength (조갠인장강도)

현재 할렬인장강도로 널리 사용되고 있으나 '할렬'이라는 단어가 너무 일본어 형태라고 하여 순수 우리말로 조갠인장강도로 결정하였다. 건축분야에서는 강도설계법 제정 이후 조갠인장강도로 사용하고 있다.

cover, thickness of cover (피복두께)

토목에서는 덮개, 건축에서는 피복 또는 피복두께로 사용하였다. 국어사전에 의하면 덮개는 '① 뚜껑,

② 잘 때 덮는 이불·담요'로 되어 있고, 피복은 '① 거죽을 덮어 씌, 또는 덮어 쓴 물건'으로 되어있다. 덮개는 덮어싸는 물건과 덮어쌓인 물건이 일체가 되지 않고 서로 떨어질 수 있는 것을 의미한다면 피복은 보다 두 물건의 일체화되어 떨어지지 않는 것을 의미하는 것으로 보아 피복두께로 통일하였다.

표 4 조정된 주요 용어

ACI 318	콘크리트구조 설계 기준	철근콘크리트구조계산규준	콘크리트 표준시방서
strength reduction factor	강도감소계수	강도저감계수	강도감소계수
dead load	고정하중	고정하중	사하중
live load	활하중	적재하중	활하중
splitting tensile strength	쪼갠인장강도	쪼갠인장강도	할렬인장강도
factored load	계수하중	계수하중	극한하중
effective depth	유효깊이	유효층	유효높이
web	복부	웹	복부
balanced reinforcement ratio	균형철근비	평형철근비	평형철근비
rectangular beam	직사각형보	장방형보	직사각형보
deep beam	깊은 보	층이 큰 보	높이가 큰 보
cover	피복 두께	피복 두께	덮개
closed stirrup	폐쇄스터럽	폐쇄형 스테럽	폐합 스테럽
hook	갈고리	훅크	갈고리
bundled bars	다발 철근	묶음 철근	다발 철근
welded wire fabric	용접철망	용접철망	용접 강선망
splice	겹침이음	겹침이음	겹이음
span	경간	스팬	지간
frame	골조	골조	뼈대
support	받침부	지지부, 지점	받침부, 지점
shearhead	전단머리	전단주두	전단머리
corbel	내민 받침	코벨	코벨, 내민받침
drop panel	지판	지판	드롭 패널
middle strip	중간대	주간대	중간대
modification factor	보정계수	보정계수	수정계수
moment magnification factor	모멘트 확대 계수	모멘트 증대 계수	모멘트 확대 계수
strain	변형률	변형도	변형률
sway frame	비횡구속 골조	버팀지지되지 않은 골조	가로 흔들이가 방지되어 있지 않은 뼈대
non-sway frame	횡구속 골조	버팀지지된 골조	가로 흔들이가 방지된 뼈대
camber	숯음	치울림	숯음

depth (깊이)

depth를 토목에서는 높이, 건축에서는 층이라고 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.

balanced reinforcement ratio (균형철근비)

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

alternate design method(별도설계법)

콘크리트 표준시방서 설계편에 「허용응력 설계법」으로 되어 있고, 건축분야에서는 강도 설계법과 별책으로 허용응력도 설계법에 의한 기준이 있다. 그러나 건축분야의 허용응력도 설계법은 바로 working stress design method이나 토목분야에서 사용하고 있는 「허용응력 설계법」은 순수한 의미의 허용응력설계법은 아니다. 즉 기둥의 축하중 강도, 보의 전단강도 및 철근의 정착 등은 강도설계법에 의해 계산하도록 되어 있다. 그래서 ACI에서 순수한 허용응력설계법 이었던 1963년도판에서는 working stress design method라고 하였고, 1971년도 판부터는 현재와 비슷하여 alternate design method라고 하였다. 건설교통부 심의 과정 중에 이 문제가 제기되어 건축분야에서 사용하고 있는 허용응력도설계법과 혼란을 주지 않기 위해 별도설계법이라고 이름하였다.

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 '(prime)'을 붙여 구별하였고, 응력의 종류에 따라 아래 첨자로 구별하였으며, (2) 길이, 면적 등에 있어서 부재와 단면 등의 길이는 소문자, 단면의 특성인 면적, 1차, 2차단면계수 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 같으며, 조정 내용은 <표 5> 에 나타난 바와 같다.

콘크리트의 설계기준 강도 f_{ck}

토목에서는 σ_{cb} , 건축에서는 f'_c , F'_c 또는 f'_c 로 사용하여 왔는데 이번 통합기준에서는 f_{ck} 로 통일하였다. 이유는 ACI code에서는 을 설계기준강도로 규정하고 있는데 일반 교과서에서 사용하고 있는 f'_c 은 실재는 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 구미에서 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.

표 5 주요 기호의 조정 내용

기호의 정의	통합 기준	표준 시방서	계산 기준	기호의 정의	통합 기준	표준 시방서	계산 기준
하중, 힘, 모멘트				콘크리트 배합강도	f_{cr}	σ_c	f_{cr}'
고정하중, 단면력	D	D	D	콘크리트 조강인장강도	f_{sp}	σ_{st}	f_{st}'
활하중, 단면력	L	L	L	콘크리트 압축강도	f_{cu}	-	-
풍하중, 단면력	W	W	W	콘크리트 파괴계수	f_r	σ_{rs}	f_r
지진하중, 단면력	E	E	E	철근의 설계기준 항복강도	f_s	σ_s	f_s
토압, 지하수, 단면력	H	H	H	프리스트레싱 긴장재의 인장강도	f_{ps}	σ_{ps}	f_{ps}
유체압, 단면력	F	F	F	재료, 단면성질, 부재길이			
온도하중 등, 단면력	T	T	T	콘크리트 탄성계수	E_c	E_c	E_c
충격하중, 단면력	I	I	-	철근의 탄성계수	E_s	E_s	E_s
계수인장력	N_u	N_{uc}	N_u	프리스트레싱 긴장재의 탄성계수	E_{ps}	E_{ps}	E_{ps}
계수축하중	P_u	P_u	P_u	단면 2차 모멘트	I	I	I
계수휨모멘트	M_u	M_u	M_u	경간	l	l	l
계수전단력	V_u	S_u	V_u	순경간	l_n	l_n	l_n
계수비틀림모멘트	T_u	T_u	T_u	유효깊이	d	d	d
공칭 축하중강도	P_n	P_n	P_n	중립축 깊이	c	c	c
공칭 휨모멘트강도	M_n	M_n	M_n	복부 폭	b_w	b	b_w
공칭 전단강도	V_n	S_n	V_n	유효 플랜지 폭	b	b_o	b
공칭 비틀림모멘트강도	T_n	T_n	T_n	2방향 전단 둘레길이	b_o	b_p	b_o
응력, 재료강도				인장 철근의 단면적	A_s	A_s	A_s
콘크리트 압축응력	f_c	σ_c	-	압축철근의 단면적	A_s'	A_s'	A_s'
콘크리트 인장응력	f_t	σ_t	-	인장철근의 단면적	ρ	ρ	ρ
콘크리트 지압응력	f_b	-	-	인장철근비	ρ'	ρ'	ρ'
콘크리트 설계기준강도	f_{ck}	σ_{ck}	f_c'	압축철근비	ρ_s	ρ_s	ρ_s
				균형철근비	ρ_b	ρ_b	ρ_b

콘크리트의 파괴계수 f_r

휨인장강도의 의미도 갖고 있으나, modulus of rupture는 재료의 상수의 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 있으나 간단히 하게 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 로 통일하였다.

철근의 설계기준항복강도, f_y

토목에서는 σ_y , 건축에서는 F_y 또는 f_y 로 사용되어 왔는데 통합기준에서는 ACI에 따라 f_y 로 통일시켰다.

3.2 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, 통합된 콘크리트구조 설계기준의 각 장에 해당하는 콘크리트 표준시방서 설계편(1996년판 기준)과 철근콘크리트구조 계산규준 (1994년판 기준)의 장과 절은 <표 6>과 같다. 구성체계의 통합에 있어서 큰 문제는 없었으나 제15장 라멘의 명칭 등이 합당한지 여부가 논의되었다.

3.3 표준시방서 내용과의 일치 문제

1) 현상황

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. 허용응력설계법에 의할 때는 토목, 건축 모두 일본의 기준을, 그리고 강도설계법에 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 조정과정을 여기서 밝히고자 한다.

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 35kgf/cm^2 (500 psi)를 뺀 값 즉 $f_{ck} - 35\text{kgf/cm}^2$ 보다 작을 확률이 1%라는 의미이다.

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

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

표 6 장의 재구성에 따른 기존 기준의 해당 장

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

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

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

(2) 콘크리트 표준시방서

1998년 12월 한국콘크리트학회에서 개정한 콘크리트 표준시방서에서는 배합강도 f_{ck} 이 설계기준강도 f_{cr} 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) 건축공사시방서 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 배합 강도를 결정하고, sample 수가 30이하일 때 보정하도록 하였고, 표준편차가 없을 때는 $0.15f_{ck}$ 로 표준 편차로 하도록 하여 내용을 표준시방서와 일치시켰다. 그러나 $1.34s$ 대신에 $1.64s$ 를 택함으로써 같은 설계 기준강도와 품질관리가 되어도 미국보다 우리나라는 배합강도가 $0.3s$ 만큼 커야 한다. 예컨대 $f_{ck} = 300\text{kgf/cm}^2$, $s = 0.1f_{ck}$ 라면 9kgf/cm^2 의 강도를 더 발휘하도록 배합하여야 하기 때문에 단위시멘트량의 증가가 필수적으로 가져오게 되어 경제적으로, 콘크리트 품질면에서도 문제가 될 수 있다.

3) 염화물 함유량

콘크리트 표준시방서에서는 염화물 이온량을 콘크리트 1m^3 당 0.3kgf 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.

3.4 하중계수와 강도감소계수의 통합

1) 하중계수

하중계수란 각 하중의 특성에 따라 불확실에 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 계수값 보다 0.1씩 크게 (지진하중 제외) 사용하여 왔다.

현재도 이에 대한 정확한 조사 결과가 없기 때문에 각 분야의 구조물에 크게 영향을 줄 수 있는 하중에 대한 계수를 택하기로 결정하였으며 <표 7>에 나타나 있다.

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

표 7 하중계수

하중의 종류	콘크리트구조 설계기준	철근콘크리트구 조 계산기준	콘크리트 표준시방서
고정하중 D	1.4 D^*	1.4 D^*	1.5 D
활하중 L	1.7 L	1.7 L	1.8 L
풍하중 W	1.7 W	1.7 W	1.8 W
지진하중 E	1.8 E	1.87 E	1.8 E
지하수 및 토압 H^{**}	1.8 H	1.7 H	1.8 H
유체압 F	1.5 F	1.4 F	1.5 F
온도하중 등 T	1.5 T	1.4 T	1.5 T

* 고정하중이 지배적인 구조물은 D 에 1.1 D 를 사용.

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

토목분야에서는 ACI code보다 0.05씩 작게, 건축분야에서는 ACI code와 동일하게 사용하여 왔다.

그리고 콘크리트강도는 앞서 언급한 바와 같이 콘크리트 배합강도는 ACI code보다 오히려 강화시켰으므로 이 강도감소계수는 오히려 증가될 수도 있겠으나 국내의 시공수준 등을 감안하여 <표 8>과 같이 결정하였다.

표 8 강도감소계수

단면력의 종류	콘크리트구조 설계기준	철근콘크리트구 조 계산기준	콘크리트 표준시방서
휨, 휨과 인장	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.

3.5 각 장별 주요 개정 내용

이 특집에서는 각 장별 개정 내용에 대하여 <표 9>에 간략히 서술하였으며, 구체적 내용은 통합 기준을 참조하기 바란다. 그리고 여기 사용한 기호와 용어는 비교를 쉽게 하기 위하여 이번에 통일된 것을 사용하였음을 밝혀둔다.

표 9 주요 개정 내용

상	개정 내용	표준시방서	계산규준
2장	1. 크리프, 건조수축 모델식 규정 CEB-FIP 1990 model code에 의해 규정함 2. 콘크리트 배합강도 $f_{cr} = f_{ck} + 1.64s$ 표준편차가 없을 때는 $s = 0.15f_{ck}$ 로 사용	ACI model code와 유사한 형태 $f_{cr} = f_{ck} + 1.64s$ $f_{cr} = 0.85f_{ck} + 3.0s$	model식이 주어져 있지 않음 $f_{cr} = f_{ck} + 1.34s$ $f_{cr} = f_{ck} - 35 + 2.33s$
3장	1. 소요강도(하중계수) * 고정하중이 지배적인 구조물은 1.4D항의 D대신에 1.1D를 대입 $U = 1.4D + 1.7L$ $U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$ (L=0) $U = 0.9D + 1.3W$ $U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.8E)$ (L=0) $U = 0.9D + 1.4E$ $U = 1.4D + 1.7L + 1.8H$ (L=0) $U = 0.9D + 1.7L + 1.8H$ (L=0) $U = 1.4D + 1.7L + 1.5F$ (L=0) $U = 0.9D + 1.7L + 1.5F$ (L=0) $U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.5T)$ $U = 1.4D + 1.5T$ 2. 설계강도(강도감소계수) 휘모멘트, 휘+축인장력 0.85* 축인장력 0.85 축압축력(띠철근) 0.70 (나선철근) 0.75 전단력과 비틀림 0.80* 지압 0.70 무근 콘크리트 0.65 *건물의 경우는 0.05씩 증가시킬 수 있다. 3. 콘크리트의 탄성계수 1) $f_{ck} \leq 300 \text{ kgf/cm}^2$ $E_c = 4,270 w_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}}$ $= 15,000 \sqrt{f_{ck}} (w_c = 2.3 \text{ tonf/m}^3)$ 2) $f_{ck} > 300 \text{ kgf/cm}^2$ $= 3,000 w_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}} + 70,000$ $= 10,500 \sqrt{f_{ck}} + 70,000 (w_c = 2.3 \text{ tonf/m}^3)$ 4. 철근의 탄성계수 $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 5. 균형철근비 $\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{6,000}{6,000 + f_y}$	1.5D+1.8L 0.75(1.5D+1.8L+1.8W) 0.9D+1.4W 0.75(1.5D+1.8L+1.8E) 0.9D+1.4E 1.5D+1.8L+1.8H 0.9D+1.8L+1.8H 1.5D+1.8L+1.5F 0.9D+1.8L+1.5F 0.75(1.5D+1.8L+1.5T) 1.5D+1.5T 0.85 0.85 0.65 0.70 0.80* 0.70 0.65 동합기준과 동일 $2.04 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ $0.85 \beta_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{6,120}{6,120 + f_y}$	1.4D+1.7L 0.75(1.4D+1.7L+1.7W) 0.9D+1.3W 0.75(1.4D+1.7L+1.8E) 0.9D+1.54E 1.4D+1.7L+1.7H 0.9D+1.7L+1.7H 1.4D+1.7L+1.4F 0.9D+1.7L+1.4F 0.75(1.4D+1.7L+1.4T) 1.4D+1.4T 0.90 0.90 0.70 0.75 0.85 0.60 0.55 $E_c = 4,300 w_c^{1.5} \sqrt{f_{ck}}$ 15,000 $\sqrt{f_{ck}}$ ($w_c = 2.3$) * w_c 단위 tonf/m ³ 환산 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ $0.85 \beta_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{6,300}{6,300 + f_y}$

상	개정 내용	표준시방서	계산기준
4장	1. 허용균열폭(철근 콘크리트구조) 건조환경 0.006t _c 또는 0.4mm 택일 습윤환경 0.005t _c 또는 0.3mm 택일 부식성환경 0.004t _c 고부식성환경 0.0035t _c	0.006t _c 0.005t _c 0.004t _c 0.0035t _c	0.4mm 0.3mm - -
	2. 균열폭 계산식 $w = 1.08 \beta_c f_s \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-5} \text{ mm}$	$1.06 \beta_c f_s \sqrt[3]{d_c A} \times 10^{-5}$	$z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$ (동일)
	3. 2방향구조 처짐 $h = \frac{l_n(800 + f_y/14)}{36,000 + 5,000\beta(\alpha_m - 0.2)}$ $h = \frac{l_n(800 + f_y/14)}{36,000 + 9,000\beta}$	ACI 318-89 code식	ACI 318-89 code식
	4. 피로 용력범위가 주어져 있음(RC, PSC)	RC에 대해서만 규정	규정없음
	5. 내구성 염분량 (1)0.3kgf/m ³ 또는 (2)염소이온량의 시멘트 중량에 대한 비로 제한	규정없음(시공편에 있음)	시멘트 중량에 대한 염소이온량으로 규정
	6. 보수, 보강 및 유지관리 규정 삽입	규정없음	규정없음
5장	1. 철근 최대간격 제한 중 45cm를 40cm로 강화(다른 장에서도 통일)	45cm	45cm
	2. 최소 피복두께 일부 변경되었음(통합기준 참조) 3. 수축·온도철근 1) 1방향 슬래브 $f_s < 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 0.0020 $f_s > 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ $0.0020 \times 4,000/f_s$ 2) 구속이 심할 때 온도, 수축변형을 고려하여 추가철근 배근	$f_s < 3,500 \text{ kgf/cm}^2$ 0.0020 $f_s < 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 0.0018 $f_s > 4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 0.0020 × 4,000/f _s	표준시방서와 동일
6장	1. β ₁ 의 값(등가직사각용력불록 깊이) 280kgf/cm ² 초과 10kgf/cm ² 마다 0.007씩 감소	0.007	0.008
	2. 휨부재의 최소 철근량 $A_{s, \min} = \frac{0.80 \sqrt{f_{ct}}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y}$ * 정정 구조물로서 플랜지가 있을때 $A_{s, \min} = \frac{0.80 \sqrt{f_{ct}}}{f_y} b_w d$ 또는 $\frac{0.80 \sqrt{f_{ct}}}{f_y} bd$	$\frac{14}{f_y}$ 규정없음	$\frac{14}{f_y}$ 규정없음
	3. 장주설계 ACI 318-95 code 내용으로 개정 (통합기준 참조)	ACI 318-89	ACI 318-89

항	개정 내용	표준시방서	계산규준
7장	1. 비틀림 모멘트 강도 ACI 318-95 code 내용으로 개정 (통합기준 참조) 2. 그의 전단강도에 대한 값들의 일부 계수 조정 (단위 환산의 문제로 약간의 차이)	ACI 318-89	ACI 318-89
8장	1. 압축정착 길이 $l_{db} = 0.152 d_b f_y / \sqrt{f_{ck}}$ * 보정계수 ACI 318-95 code에 따라 2. 표준갈고리 인장 이형철근의 기본정착길이 $l_{db} = 305 d_b / \sqrt{f_{ck}}$ 3. 프리스트레싱 긴장재의 정착길이 $0.0145 \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{se} \right) d_b$ 4. 철근의 이음 A급 이음 $1.0l_d$ B급 이음 $1.3l_d$ 30cm이상	D35이하 $0.06 A_b f_y / \sqrt{f_{ck}}$ D38,D41 $0.82 f_y / \sqrt{f_{ck}}$ D51 $1.20 f_y / \sqrt{f_{ck}}$ $320 d_b / \sqrt{f_{ck}}$ $0.015 \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{se} \right) d_b$	D35이하 $0.06 A_b f_y / \sqrt{f_{ck}}$ D45 $0.82 f_y / \sqrt{f_{ck}}$ D55 $1.10 f_y / \sqrt{f_{ck}}$ $320 d_b / \sqrt{f_{ck}}$ $0.015 \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{se} \right) d_b$ A급 이음 $1.0l_d$ B급 이음 $1.3l_d$ C급 이음 $1.7l_d$ 30cm이상
9장	1. 허용응력 1) 프리스트레스 도입 직후 휘압축 $0.60 f_{ci}$ 휘인장(일반조건) $0.80 \sqrt{f_{ci}}$ (특수조건) $1.60 \sqrt{f_{ci}}$ 2) 손실 이후 휘압축 $0.40 f_{ck}$ 휘인장(일반조건) $1.60 \sqrt{f_{ck}}$ (부식환경) $0.80 \sqrt{f_{ck}}$ (특수조건) $3.20 \sqrt{f_{ck}}$ 2. 프리스트레스 마찰손실 $P_x = P_s e^{(k l_x + \mu \alpha)}$ $P_x = P_s (1 - k l_x - \mu \alpha)$	$0.60 f_{ci}$ $0.75 \sqrt{f_{ci}}$ $1.50 \sqrt{f_{ci}}$ $0.40 f_{ck}$ $1.50 \sqrt{f_{ck}}$ $0.75 \sqrt{f_{ck}}$ $3.00 \sqrt{f_{ck}}$ 통합기준과 동일	$0.60 f_{ci}$ $0.80 \sqrt{f_{ci}}$ $1.60 \sqrt{f_{ci}}$ $0.45 f_{ck}$ $1.60 \sqrt{f_{ck}}$ - $3.20 \sqrt{f_{ck}}$ $P_s = P_x e^{(k l_x + \mu \alpha)}$ $P_s = P_x (1 + k l_x + \mu \alpha)$
10장	1. 외부 받침부에서 $\gamma_f M_u$ 값의 산정 ACI 318-95 code에 따라 내용 일부 변경(통합기준 10.3.2 (4)참조) 2. 보가 없는 슬래브의 철근 상세 일부 변경 ACI 318-95 code에 따라 변경 (통합기준 그림 10.6.1 참조)	ACI 318-89 와 동일 ACI 318-89와 동일	ACI 318-89 와 동일 ACI 318-89 와 동일

장	개정 내용	표준시방서	계산기준
11장 12장	주요 변경사항 없음	-	-
13장 14장 15장	주요 변경사항 없음	-	규정 없었음
16장	1) ACI 318-95 code에 따라 규정을 상세히 다루고 있음 2) 프리캐스트 세그멘탈 교량 추가	ACI 318-89와 유사	ACI 318-89와 유사
17장	합성 콘크리트 부재로서 ACI 318-95의 합성 콘크리트 휨부재와 Chapter 10의 합성 콘크리트 압축부재를 통합하였음	간단히 기술	간단히 기술
18장	셀과 질판부재에 관한 이 장을 추가	규정없음	규정없음
19장	ACI 318-95 code에 따라 규정	허용응력설계법에서 규정하고 있음	규정없음
20장	1. 해석적 검토 ACI 318-95 code에 따라 규정 2. 재하시험 1) 최대시험하중 $0.85(1.4D+1.7L)$ 2) 허용기준 $l^2/20,000h$ 또는 $v_{max}/4$	규정없음 $0.85(1.5D+1.8L)$ $l^2/20,000h$	규정없음 $0.85(1.4D+1.7L)$ $l^2/200,000$
21장	ACI 318-95의 moderate seismic zone에 해당하는 내용을 규정으로 정함. 기존의 기준의 일부 내용 변경	(표준시방서 부록II 참조)	(계산기준 6장 참조)
부록 I	1. 별도 설계법으로 명칭 변경 2. 일부내용(허용응력 등)이 통합과정으로 변경 * 표준시방서의 허용응력설계법과 유사		
부록 II	1. 상대적 처짐 고려 조항 삽입 2. 계산기준 부록B의 내용을 구체화 및 오기사항 수정	규정없음	부록B

4. 통합기준의 방향

이 장에서는 우리 학회에서 이번에 통합, 개정한 '콘크리트구조 설계기준'의 앞으로 발전 방향에 대하여 개인적인 의견을 피력하고자 한다.

1) 설계 개념의 선진화

앞서 2.1에서 언급하였듯이 설계방법은 현재 3가지가 주로 사용되고 있는데 무엇보다도 설계기준은 구조물의 안전성이 중요하므로 실제 구조물의 거동과 일치하는 해석방법에 의해 해석되어야 하고 부재와 단면이 설계되어야 한다. 따라서 이러한 관점에서 볼 때 한계상태 설계법의 개념의 도입이 필요하다고 보며, 그러한 방향으로 나아가야 할 것으로 본다. 이를 위해서는 구조물의 비선형 해석방법이 필요한데 컴퓨터 용량과 유용한 software의 개발 등에 의해 그 가능성이 높으므로 문제가 되지 않을 것으로 생각한다. 따라서 앞으로 설계기준 작성에서 보다 정확한 재료의 model식 개발이 필요하므로 이에 대한 연구가 이루어졌으면 한다.

2) 설계기준의 통합화

현재까지는 철근콘크리트 구조물, 강구조물 등으로 사용재료에 따라 설계기준의 내용과 개념이 달랐다. 그러나 앞으로 구조물은 어느 한 종류의 재료로 이루어지지 않고 다수의 재료로 이루어지는 경우도 많을 수 있으므로 그 설계개념은 동일한 데서 출발하여야 할 것으로 본다. 더 나아가 모든 재료로 이루어진 구조물을 하나의 설계기준으로 설계될 수 있도록 설계기준의 통합화의 길이 바람직하다고 본다.

3) 설계기준의 level화

설계기준은 가능한 간단하여야 한다. 그러나 점점 복잡한 설계기준으로 개정되고 있다. 이것은 새로운 이론, 실험결과 등을 설계기준에 반영하고자 하는 과정에서, 또 새로운 다양한 구조재료를 사용하고자 하는 과정에서 피할 수 없는 문제라고 생각된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 설계기준을 사용하고자 하는 사람에 따라 적절한 level화가 필요하다고 본다. 현재 준비중인 Asian Concrete Model Code가 그 좋은 예라고 할 수 있겠다. level 1에서는 개념적인 내용만 담겨 있어 구조물을 design하는 또는 건축주 등에게 도움이 될 수 있고, level 2는 level 1보다는 구체적인 내용으로서 관련 공무원 등에게, 그리고 level 3은 model식 등 구체적인 내용을 담고 있으며 실제 구조부재를 해석하고 설계하는 사람들에게 필요한 것이다.

4) 설계기준의 국제화

유럽은 현재 설계기준의 지역화에 성공한 경우로서, 지금까지 각국이 고유의 설계기준을 사용하여 왔으나, 앞서 밝힌 바와 같이 Eurocode가 제정되어 통합화, 국제화가 되고 있다. 이를 본받아 아시아 지역에서도 Asian Concrete Model Code의 제정이 진행중에 있다. 특히 Asian Concrete Model Code에서는 level화가 이루어져 각국의 실정에 맞는 재료의 model식 등의 결정이 level 3에서 가능할 것으로 본다. 그리고 미국에서도 동북부 및 중부지역에서 BOCA(Building Officials and Code Administrators), 동남부 지역에서 SBC(Standard Building Code), 서부지역에서는 UBC(Uniform Building Code)가 사용되어 왔는데 2000년 이후부터 IBC 2000을 사용할 예정으로 통일되고 있다.

5) 설계기준의 model code화

우리나라의 모든 설계기준은 legal code이다. 즉 건설교통부의 요청이 있을 때 개정하고, 그 개정된 설계기준은 바로 법적 구속력을 갖는 기준이 되는 것이다. 이렇게 개정됨으로써 내용은 외국의 설계기준을 번역하여 작성하여 왔던 것이 현실이다. 그러나 앞으로는 학회 차원에서 지속적이고도 자율적으로 설계기준의 내용을 수정, 보완하는 체계가 이루어져야 할 것이다. 이러한 체계로는 상설위원회의 설치, 규정 개정의 제도화, 실무를 담당하는 기술자들의 참여의 폭 확대 등이 이루어져야 할 것으로 본다.

5. 맺는말

이 글에서는 현재 널리 사용되고 있는 ACI 설계기준, CEB-FIP 설계기준 등을 중심으로 그 제·개정

과정을 살펴보고, 또 이번에 통합, 개정된 우리나라 콘크리트구조 설계기준의 주요 개정 내용도 살펴보았다. 그리고 마지막으로 앞으로 설계기준의 개정방향에 대해서도 느낀 점을 적었다. 그러나 우리도 진정한 우리의 설계기준을 우리자신이 만들 수 있을 때, 우리 콘크리트 분야도 국제적으로 어깨를 나란히 할 수 있을 것이라고 확신하면서 우리 학회의 역할을 강조하고 싶다.

마지막으로 짧은 시간에 준비하였던 관계로 여러 가지로 미비한 글이 되었음을 사과 드리면서 이 글을 맺는다.

< 참고문헌 >

1. 건설교통부, '콘크리트구조 설계기준', 1999 (한국콘크리트학회 간)
2. 건설교통부, '콘크리트 표준시방서', 1999 (한국콘크리트학회 간)
3. ACI, 'Building Code Requirements for Structural Concrete', 1995
4. CEB, 'CEB-FIP Model Code 1990', 1990
5. 마춘경, '철근콘크리트구조'의 제1장, 1998 (대한건축학회 간)
6. Wölfel, 'European Codes and Standards', 1995
7. Cagley, 'The next new building code-ACI 318-99', Concrete International, Nov. 1998
8. Siess, 'Writing the code-More than 40 years on committee 318', Concrete International, Nov. 1998
9. Hanson, 'The ACI 318 Code Process', IABSE Colloquium Phuket, 1999
10. Virlogeux, 'The development of an international codification for structural concrete with the CEB-FIP model codes', IABSE Colloquium Phuket, 1999
11. ICCMC, 'Asian Concrete Model Code (Second Draft)', 1999