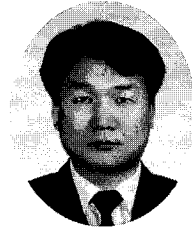
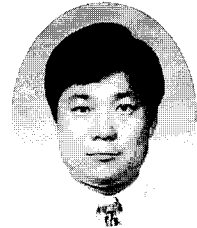


한국의 콘크리트 구조 기준 변천사

- History of Concrete Design Code in Korea -



정영수*



이차돈**

1. 서 언

건설교통부에서는 1960년대부터 정부가 관리해 오던 각종 건설공사기준(표준전문공사시방서, 설계기준, 편람, 지침, 표준도, 기술지도서, 요령 등 50종)에 대한 제·개정 및 관리 권한 등을 학·협회 등 전문성을 갖춘 민간 관리 주체에 이관(건교부 훈령 제197호, 1998. 2. 24)하였다. 또한 그 동안 일관성 없이 관리 주체별로 관리해 오던 기준을 우선 상위 기준 총 43종(표준시방서 13종, 전문시방서 5종, 설계기준 25종)으로 정하여 정부의 지원으로 통합합, 코드화, 전산화 등을 통해 각종 기준의 체계를 대폭적으로 정비하고 신기술, 신공법 등을 조기에 도입하여 건설 기술 발전 및 건설 시장 개방에 대비하고자 대한토목학회, 대한건축학회 등 15개 민간 관리 주체로 하여금 매년 제·개정을 추진토록 하고 있다. <표 1> 및 <표 2>는 토목 및 건축 분야에서 콘크리트 관련 표준시방서 및 설계기준 정비 현황을 요약하여 나타내고 있다.

<표 1>, <표 2>에 나타난 바와 같이 국내의 철근 콘크리트 재료 및 구조에 대한 규격 또는 기준은 최근 1999년도에 토목, 건축의 통합 콘크리트 설계기준이 제정될 때까지 크게 토목과 건축 두 분야에서 대립적으로 병행하게 그 발전이 이루어져 왔다.

토목공학의 경우, 1962년 처음 '콘크리트 표준시방서'로서 콘크리트의 공사 시공 및 철근 콘크리트의 구

조에 대한 기준이 제정된 이후, 통합 구조설계기준이 제정될 때까지 다섯 차례의 개정 작업이 이루어져 재료, 공법, 구조 기술의 발달을 반영하였음을 알 수 있다.

한편, 건축공학의 경우에는 토목공학과는 달리, 건축공사표준시방서와 철근 콘크리트 구조에 대한 기준이 따로 제정되어 적용되어 왔다. 1967년에 대한건축학회에 의하여 처음으로 '건축공사표준시방서'가 제정되었고 1972년도에 대한건축학회에 의하여 '철근콘크리트구조계산규준'이 발간되었다. '건축공사표준시방서'의 경우에는 1967년에 처음 제정된 이후 1972, 78, 85, 94, 99년도에 각각 개정되었으며 제반 건축 시공 상 모든 재료에 대하여 그 재료 및 시공 상 지켜져야 할 것들을 제시하고 있다. '철근콘크리트구조계산규준'의 경우에는 1972년 초판 발행 후 1975, 77, 82, 97년도에 개정이 이루어졌으며 특히 1988년도에 처음으로 국내에 '극한강도설계법에 의한 철근콘크리트구조설계규준'이 제정되었다.

상기에 언급한 대표적인 시방서 또는 기준 이외에도 콘크리트에 대한 KS 규정, ISO 규준 등을 비롯하여 기타 토목, 건축공학 분야의 다양한 시방서들이 토목학회, 건축학회 등을 중심으로 출판되어 왔다. 본고에서는 주제를 철근 콘크리트 구조에 한정하고 이에 대하여 대표적인 국내 규격, 규준이라고 할 수 있는 토목공학의 '철근콘크리트표준시방서'와 건축공학의 '철근콘크리트구조계산규준'의 주요 주체들이 그간 어떻게 변천, 발전되어 왔는가를 기술하고자 한다.

* 정회원, 중앙대학교 건설대학 토목공학과 교수

** 정회원, 중앙대학교 건설대학 건축공학과 교수

이들 두 기준을 기준으로 하여 1999년도에 토목, 건축 통합 기준으로서 '콘크리트구조설계기준'이 제정되었는데 그 내용을 간략히 살펴보면 그동안 서로 이질적으로 사용되던 주요 용어 및 기호의 통일, 구성 체계의 통합, 하중 계수와 강도 감소 계수의 통합 등으로 정리될 수 있다. 통합 기준인 '콘크리트구조설계기준'은 이미 본 학회지를 통하여 몇 차례 그 내용과 구성에 대하여 발표된 바 있으므로 본고에서는 제외하였다.

2. 콘크리트표준시방서 - 토목공학 분야

앞에서도 언급하였거니와 '콘크리트표준시방서'는 토목 구조물에 한하여 그 시공 및 구조에 대한 제반 사항을 언급하고 있다. 본고에서는 1968년 시방서 이후 1996년 시방서에 이르기까지의 주요 변경 내용을 중심으로 서술하였다.

2.1 콘크리트표준시방서 제정(1962)

국가 발전과 함께 국가의 기간 시설물 중 콘크리트 구조물의 건설 물량이 증가함에 따라 우선 외국의 문헌 및 시방서 기준에 의존하여 구조물을 설계, 시공하였으나, 우리의 현실과 맞지 않는 다른 나라의 기준을 사용하였던 관계로 여러 문제점이 대두되었다. 따라서 국내의 실정에 맞는 콘크리트 구조물의 설계 및 시공에 관한 시방서 기준이 필요하게 되었으며, 콘크리트 구조물의 설계 및 시공에 대한 국가적인 기준의 필요성이 요구되었다.

1962년에 제정된 콘크리트표준시방서는 무근 콘크

표 1. 표준시방서(13종) 정비 현황

연번	시방서	개정년도	관리 주체	소관 부서
1	토목공사 표준일반시방서	1996	대한토목학회	건설기술심의관실
2	도시철도(지하철) 공사표준시방서	1997	대한토목학회	육상교통국
3	콘크리트 표준시방서	1998	한국콘크리트학회 (568-5985~6)	건설기술심의관실
4	건축공사 표준시방서	1998	대한건축학회 (525-1841~4)	건설기술심의관실
5	조경공사 표준시방서	1996	한국조경학회 (565-2055)	건설기술심의관실
6	도로공사 표준시방서	1996	한국도로교통협회 (552-5871~2)	도로심의관실
7	도로교 표준시방서	1996 (1999)	한국도로교통협회 (552-5871~2)	도로심의관실
8	터널표준시방서	1996 (1999)	대한터널협회 (598-3138)	도로심의관실
9	하천공사 표준시방서	1998	한국수자원학회 (414-7548)	수자원심의관실
10	건축전기설비 공사표준시방서	1998	한국조명전기설비 (564-6534~5)	건설기술심의관실
11	건축기계설비공사 표준시방서	1997	공기조화냉동공학회 (554-8571~2)	건설기술심의관실
12	상수도공사 표준시방서	1998	한국수도협회 (3445-9928)	환경부
13	항만공사 표준시방서	1996	한국항만협회 (782-7904~5)	한국항만협회

리트 표준시방서, 철근 콘크리트 표준시방서, 포장 콘크리트 표준시방서, 댐 콘크리트 표준시방서의 4 권으로 구성되었으며, 각 시방서에는 구조물의 설계기법 및 시공지침 등을 수록하였다. 그리고 부록에서는 각 시방서의 해설편을 따로 제정하였다. 당시의 설계기법은 허용응력법을 사용하여 구조물을 설계하도록 하였으며, 무근 콘크리트는 프리캐스트 콘크리트 및 뿔어붙이기 콘크리트 등에 대한 규정을 수록하였다. 댐 및 포장 콘크리트 시방서에서는 댐과 포장 구조물의 설계 및 시공에 대한 일반적인 기준을 수록하였다.

2.2 콘크리트표준시방서 1차 개정(1968)

콘크리트표준시방서가 1962년 제정된 이후 콘크리트 기술의 발전과 함께 새로운 설계 및 시공 방법이 개발됨에 따라 1968년 1차 개정이 이루어졌다. 1968년의 개정 내용을 살펴보면 기존 시방서에서 철근 콘크리트와 무근 콘크리트 시방서의 내용이 분리되어 있던 것을 무근 및 철근 콘크리트 표준시방서로 개정하였으며, 별개의 시방서로 구성되어 있던 댐 및 포장 콘크리트 표준시방서를 합하여 한 권으로 통합하였다. 콘크리트 설계기법의 발전으로 인하여 선진국의 시방서 기준에 포함되어 사용되고 있는 극한강설계법이 신설되었다.

1차 개정에서는 지금까지 사용되어 온 국토건설청 기준 재료 규격 및 시험 방법을 한국공업규격(KS)으로 개정하여 재료 시험 및 품질 규격 등에 대한 통일을 도모하였다. 플라이 애쉬, 감수제 및 지연제 등 혼화 재료의 사용이 광범위하게 고려되었으며, 거푸집 및 동바리 등에 대하여 상세하게 규정되었다. 포장 콘

크리트의 경우 기계화 시공을 원칙으로 개정되었다.

1968년의 개정 작업 시 처음으로 도입된 극한강도설계시방서에는 극한강도 설계의 정의와 요구 사항 등에 대한 총칙, 휨 및 전단에 대한 기본적인 설계 방법, 철근의 부착 및 정착과 단주의 설계 방법 등에 대한 규정을 제시하였다. 그러나 1968년 개정 시방서의 극한강도설계기준은 부재의 설계에 대한 규정은 마련하지 않았으며, 부재의 설계는 기본적으로 허용응력법에 의하여 설계하도록 하였다.

2.3 콘크리트 표준시방서 2차 개정 (1977)

1차 개정(1968년)시 시공에 비중을 두었던 것을 1977년의 개정 작업에서는 설계에 그 중요성을 두어 편집 순서를 조정하였다. 1968년 시방서에 기본적인 개념 및 설계 방법에 대한

소개되었던 극한강도설계법에 대해서는 허용응력설계법과 동시에 사용할 수 있도록 무근 및 철근 콘크리트

표 2. 설계기준(25종) 정비 현황

연번	설계기준	개정년도	관리 주체	소관 부서
1	콘크리트 구조설계기준 (공동기본분야)	-(1999)	한국콘크리트학회 (568-5985~6)	건설기술심의관실
2	철근콘크리트 구조설계기준 (허용응력및극한강도)	1998	대한건축학회 (525-1841~4)	건설기술심의관실
3	건축물하중기준	1998	대한건축학회 (525-1841~4)	건설기술심의관실
4	프리캐스트콘크리트 조립식건축 구조설계기준	1998	대한건축학회 (525-1841~4)	주택도시국
5	콘크리트블록조립구조설계기준	1992	대한건축학회 (525-1841~4)	주택도시국
6	강구조한계 상태설계기준	1998	대한건축학회 (525-1841~4)	주택도시국
7	경량기포콘크리트 구조설계기준 (블록및패널)	1997	대한건축학회 (525-1841~4)	주택도시국
8	강관구조설계기준	1997	대한건축학회 (525-1841~4)	주택도시국
9	구조물기초설계기준	1997	한국지반공학회 (3474-4428)	건설기술심의관실
10	조경공사설계기준	1998	한국조경학회 (565-2055)	건설기술심의관실
11	도로설계기준	-	한국도로교통협회 (552-5871~2)	도로심의관실
12	도로교설계기준	-(1999)	한국도로교통협회 (552-5871~2)	도로심의관실
13	터널설계기준	-(1999)	대한터널협회 (598-3138)	도로심의관실
14	하천설계기준	-(1999)	한국수자원학회 (414-7548)	수자원심의관실
15	댐설계기준	-	한국수자원학회 (414-7548)	수자원심의관실
16	건축전기 설비설계기준	-(1999)	한국조명전기설비학회 (564-6534~5)	건설기술심의관실
17	급배수설계기준	-	공기조화냉동공학회 (554-8571~2)	건설기술심의관실
18	강구조설계기준 (공동편, 토목편)	-(1999)	한국강구조학회 (568-7636)	건설기술심의관실
18-1	강구조설계기준 (건물편)	-(1999)	대한건축학회 (525-1841~4)	건설기술심의관실
19	주요 시설물 내진설계기준	1997	한국지진공학회 (886-2838)	건설기술심의관실
20	하수도시설기준	1998	한국수도협회 (3445-9928)	환경부
21	상수도시설기준	1997	한국수도협회 (3445-9928)	환경부
22	항만시설물설계기준	1993(1999)	한국항만협회 (782-7904~5)	해양수산부
23	어항구조물설계기준	1996	한국어항협회 (3673-2851~4)	해양수산부
24	농업생산기반 정비사업설계기준	1998	농어촌진흥공사 (0343-420-3454)	농림부
25	농지개발사업 설계기준	1998	농어촌진흥공사 (0343-420-3454)	농림부

시방서를 본문에 삽입하였으며, 강도 및 처짐에 대한 항목과 2방향 슬래브의 설계에 대한 규정을 신설하였다.

또한 1977년의 개정 작업에서는 철근 콘크리트 부재 설계에 있어 설계자 및 사용자의 의도에 따라 허용응력설계법과 극한강도설계법을 모두 사용할 수 있도록 하였으며, 설계 및 시공의 발전에 따라 프리스트레스트 콘크리트시방서가 새로이 제정되었다.

본문의 내용에서는 설계 하중 및 설계 강도에 대한 규정을 신설하여 구조물의 설계시 고려하여야 할 하중들의 적용 기준 및 하중 조합에 대하여 기술하였다. 극한강도설계법에서 풍하중 고려시 하중 계수가 $1.25(D+L+W)$ 와 $0.9D+1.1W$ 중 큰 값에서 $0.75(1.5D+1.8L+1.8W)$ 로 바뀌었으며, 철근의 설계 강도 최대값이 $5,270 \text{ kgf/cm}^2$ 에서 $5,250 \text{ kgf/cm}^2$ 로 바뀌었

다. 콘크리트의 재료적 특성인 건조 수축 및 크리프에 대한 규정이 프리스트레스트 콘크리트 표준시방서에

신설되어 콘크리트의 장기 거동 및 비탄성 거동에 대한 고려를 설계에 반영하도록 하였다. 또한 교량 및 다양한 토목 구조물이 설계됨에 따라 활하중 재하 방법 및 콘크리트의 강성, 강도에 대한 규정이 신설되었다.

설계 일반에 대해서는 휨 부재의 설계에서 횡 지지 간격의 규정을 신설하였으며, 최소 철근량의 규정을 두어 구조 부재의 설계시 안전성을 확보하도록 하였다. 전단 및 비틀림에 대한 규정이 강화되어 구조물 설계시 전단 파괴 및 비틀림에 의하여 구조물이 손상을 받지 않도록 하였다.

기둥에 대한 설계에서 모멘트 확대 계수에 대한 항목과 기둥에 전달되는 항목이 신설되었다. 압축 부재의 장주 영향을 신설하여 축 방향력과 휨 모멘트에 대한 설계를 수행토록 하였다. 구조물의 경계성 및 안전성을 도모하기 위하여 구조 강재 또는 강관을 축 방향으로 보강한 압축 부재가 설계됨에 따라 이에 대한 규정을 신설하여 구조물 설계시 이를 적용토록 하였다.

2방향 슬래브 설계시 강도설계법에 의한 직접설계법 및 등가골조법에 대한 규정을 신설하여 허용응력법에 의한 설계 방법과 같이 사용하도록 하였다. 아치와 라멘에 대한 설계 항목이 신설되어 단기간 교량 등의 설계에 적용할 수 있도록 하였다.

제15장 "철근 세목"이 신설되었고, 부착과 정착의 경우 인장과 압축 철근으로 분류하였으며, 철근 다발의 부착에 대한 규정이 신설되었다. 콘크리트의 사용성에 대한 항목으로 콘크리트의 처짐 및 균열에 대한 규정이 프리스트레스트 콘크리트 표준시방서에 규정되어 설계에 적용하도록 하였다.

시공 부분에서는 급속하게 사용이 증가하고 있는 프리스트레스트 콘크리트에 대한 시공 규정이 신설되었으며, 매스 콘크리트, 인공 경량 골재 콘크리트, 수중 콘크리트, 프리팩트 콘크리트, 또한 뽑어붙이기 콘크리트와 공장 제품 콘크리트 등의 특수 콘크리트의 시공에 대한 규정이 신설되었다. 거푸집 및 동바리를 떼어낸 직후에 구조물을 재하할 경우 구조물이 손상을 받을 수 있으므로 이에 대한 규정이 신설되었다.

2.4 콘크리트표준시방서 3차 개정(1982)

1970년대부터 선진국들의 콘크리트 시방서는 허용응력법을 탈피하여 강도설계법이나 한계상태설계법이 주축이 되었으며, 이에 따라 3차 개정에서는 허용응력법과 강도설계법을 같이 사용할 수 있도록 규정된

1977년 시방서를 다시 개정하여 강도설계법을 따르도록 한 규정들이 강도설계법에 맞게 수정 또는 신설되었다.

하중 조합에서 횡 토압 및 유체의 횡 압력 등에 대한 항목이 신설되어 옹벽 및 교량 교각 등의 구조물 설계시 적절한 하중 조합을 적용하도록 하였다. 강도 감소 계수의 적용 항목을 축 방향 압축 부재 및 휨과 축 방향력을 동시에 받는 부재 등으로 세분하여 다양한 구조물에 적용할 수 있도록 하였다.

전단과 비틀림에 대한 설계 규정을 강화하여 구조물의 전단 설계에 활용하도록 하였으며, 전단 강도 계산시 실용식 및 엄밀식을 모두 제시하여 사용자의 필요에 따라 적절한 전단 강도를 산정할 수 있도록 하였다. 비틀림 철근의 요구 조건 및 간격 등에 대한 규정을 보강하여 비틀림 설계에 적용하도록 하였다. 슬래브 및 확대 기초의 전단 설계 시 2방향 전단 설계와 전단 보강에 대한 항목을 추가하여 슬래브와 벽체 등에 발생하기 쉬운 전단 균열 및 전단 파괴에 대한 기준을 제시하였으며, 프리스트레스트 콘크리트의 전단 설계에 대한 항목을 신설하였다. 높이가 큰 보의 전단 설계는 ACI의 설계기준을 기초로 하여 전단 강도의 실용식과 엄밀식을 함께 제시하였으며, 전단 철근의 배치 구역에 대한 규정을 신설하였다. 그리고 기존 시방서(1977)의 제15장 "철근 세목"의 이음 부분과 제18장 "철근의 부착"을 제7장 "철근의 정착과 이음"으로 통합하였다.

압축 부재의 횡 철근 배근에 대한 항목이 신설되어 횡 철근의 배근 기준이 제시되었다. 또한 현장 치기 콘크리트의 경우 적용 기준이 달라질 수 있으므로 이에 대한 규정을 분명히 하였다. 그리고 허용 응력의 안전 계수를 허용 전단 응력의 경우 $\tau_{ca} = 0.29\sqrt{\sigma_{ck}}$ 에서 $\tau_{ca} = 0.25\sqrt{\sigma_{ck}}$ 로 조정하여 보다 안전측으로 설계되도록 하였으며, 허용응력설계법의 규정에 있던 설계 계산 일반(처짐의 제한, 구조 해석 일반 등)의 내용이 강도설계법의 내용으로 통합되었다. 확대 기초의 설계에 대해서는 전단 설계에 대한 항목을 보강하였다.

프리트스트레싱 시방서에서는 포스트텐션 방식을 추가로 설명하였으며, 시공 부분의 경우 수중 콘크리트의 콘크리트 치기 방법인 트래미, 콘크리트 펌프, 밀열림 상자, 그리고 밀열림 포대 방식에 대한 규정 설명이 추가되었다.

2.5 콘크리트표준시방서 4차 개정(1989)

4차 개정에서는 건설 기술의 발전에 따라 강도설계법으로의 전환이 이루어졌으며, 철근 콘크리트와 프리스트레스트 콘크리트의 설계 이론의 근사성으로 인하여 두 시방서를 통합하였다. 또한 콘크리트의 내구성 및 피로, 균열에 대한 이론 정립에 따른 제 규정이 신설되고 보완되었다. 1982년의 시방서에는 기존 구조물의 내하력 평가에 대한 부분이 없었으나 오래된 구조물의 안전에 관하여 관심을 갖게 됨으로써 강도설계법 제15장에 기존 구조물의 내하력 평가에 대한 규정이 신설되었다.

설계편의 개정 방향은 ACI 318-89 시방서의 강도설계법을 기초로 하여 전반적인 체계, 내용 및 해설을 수정 보완하였으며, 하중과 처짐에서 강도 감소 계수와 하중 계수는 근간의 연구 결과를 바탕으로 하여 대폭 개편되었다. 종전의 프리스트레스트 콘크리트 표준시방서를 무근 및 철근 콘크리트 표준시방서의 하나의 장으로 편성하고 기존 PSC 시방서와 철근 콘크리트 표준시방서의 중복되는 부분은 통합 또는 소항목으로 재편성되었다.

해석 및 설계 일반편에서의 내용이 일부 보완되었으며, 장선 구조에 관한 규정이 신설되었다. 강도 및 처짐에 관한 규정 중 저항 및 하중 계수 관련 규정은 그동안의 연구 결과를 바탕으로 개편되었다. 강도설계법의 하중 및 하중 조합의 경우 하중 계수를 사하중 계수는 1.5에서 1.2로 조정하였으며, 풍하중 고려시 하중 계수를 $0.75(1.5D+1.8L+1.8W)$ 에서 $1.25D+1.4W+0.6L$ 로 조정되었다. 철근의 설계 강도 최대 값은 $5,600 \text{ kgf/cm}^2$ 에서 $5,000 \text{ kgf/cm}^2$ 로 조정되었고, 전단 마찰에 대한 항목과 전단 머리 보강에 대한 항이 신설되었다.

제4장 "철근 세목"의 덮개는 특수 콘크리트 사용 및 여러 상황에 따라 유형별로 분류되었으며, 프리스트레스트 콘크리트 및 프리캐스트 콘크리트의 덮개 규정과 기둥에 관한 특수한 철근 세목이 신설되었다. 휨과 축방향력 편에서는 압축 부재의 장주 영향에 대한 부분을 개정하여 가로흔들이를 일으키는 경우에 대하여 모멘트 확대 계수를 수정하여 실제 구조물의 거동과 유사한 설계가 될 수 있도록 하였다. 제7장 "철근의 정착과 이음"에서는 프리스트레스트 콘크리트의 사용으로 인한 PS 스트랜드의 정착이 신설되었으며 기둥 철근의 이음 항목이 신설되었다. 프리캐스트 콘크리트 부재 및 합성 콘크리트 휨 부재의 설계에 관한 규정이

신설되었다. 1982년 시방서의 허용 응력 설계편에 있던 전단, 사인장, 부착의 규정이 1989년에는 강도설계법의 정착, 부착의 내용과 통합되었다. 벽체에 대한 규정 중에서 벽체의 일반 사항, 최소 철근량, 압축 부재로 설계되는 벽체 조항이 신설되었으며, 수정된 설계 축 하중 계산식이 제시되었다.

프리캐스트 콘크리트 부재와 합성 콘크리트 휨 부재의 설계에 관한 규정이 신설되었으며, 기존 구조물의 점검 및 유지관리에 대한 필요성이 대두됨에 따라 기존 구조물의 내하력 평가에 대한 항목을 신설하고 채하 시험 방법 및 내하력 평가 방법이 제시되었다.

시공편의 경우 프리스트레스트 콘크리트 시방서로 따로 규정되어 있던 내용이 본문의 특수 콘크리트편에 흡수되면서 재료의 시험 방법 등이 새롭게 규정되었고, 일반 콘크리트와 공통된 부분은 통합 설명되었다. 매스 콘크리트에서는 온도 균열 발생 검토에 대한 규정이 보강되었고, 경량 골재 콘크리트의 경우 내구성 실험 항목 및 다지기 시간 등이 개정되었다. 유동화 콘크리트에 대한 정의 및 시공에 대한 기준이 간단하게 제시되었으며, 대규모 프리팩트 콘크리트 부분이 신설되었다.

2.6 콘크리트표준시방서 5차 개정(1996)

콘크리트 시방서 5차 개정에서는 콘크리트의 내구성 향상과 안정성 확보를 위하여 기존 시방서의 내용을 대폭 보완하였다. 또한 최근의 건설 여건을 감안하여 최신 설계 이론은 물론 콘크리트의 시공성 향상과 구조물 유지관리에 관한 규정 등을 신설하여 그동안의 건설 환경 변화와 재료 및 시공 기술 발달에 부응토록 하였으며, 부록으로 내진 설계시 특별 고려 사항과 허용응력설계법을 수록하여 참고할 수 있도록 하였다. 특히 기존 시방서의 적용에 따른 안전도의 제고를 위한 하중 계수 등도 합리적으로 수정 보완하였다. 또한 시방서 기술에 있어서 본문 내용을 대폭 보강하고 해설 부분은 최소화하는 등의 체계 개편이 수행되었다. 1996년의 개정에서는 본문 부분을 대폭 보강하고 해설 부분은 최소화하였다.

개정 시방서의 "해석 및 설계일반" 편에서는 보편화되어 가는 고강도 콘크리트를 고려하여 고강도 콘크리트용 탄성 계수 계산식을 추가하였으며 건조 수축 및 크리프 변형을 계산식을 추천하였다.

설계 하중 및 설계 강도 부분에서는 기존 시방서

(1989년)에서 사하중이 지배적인 경우에 안전율이 떨어지는 등 시방서의 하중 계수 조합이 불합리한 경우가 발생하여 개정 시방서에서는 하중 계수 및 하중 조합을 대폭 개정하였다. 즉, 외국의 시방서를 참조로 하여 국내 현실에 맞게 사하중 및 활하중 계수를 1.5 및 1.8로 취하는 등 안전율을 높였으며 설계 시 고려해야 할 각종 하중에 대한 상세한 설명과 계산식을 첨가하였다. 또한 증가된 하중 계수를 고려하여 전단에 대한 강도 감소 계수에 수정을 가하였다. 풍하중 고려시의 하중 계수는 $1.25D+1.4W+0.6L$ 에서 $0.75(1.5D+1.8L+1.8W)$ 로 개정하였다. 또한 토압, 수압, 유수압 및 설하중에 대한 항목이 추가되었다. 사하중과 활하중의 하중 조합에 대한 규정이 조정되었으며, 횡 방향 철근에 대한 설계기준이 보완되었다. 강도 감소 계수의 경우 전단과 비틀림에 대하여 $\phi = 0.70$ 에서 $\phi = 0.80$ 로 바꾸었다. 휨과 축 방향력 편에서는 휨 철근의 분배에 관한 조항에 수정 보완이 이루어졌으며 기존 시방서 해설이 보다 상세화되었다. 고강도 콘크리트의 사용이 급속도로 증가함에 따라 고강도 콘크리트 슬래브의 전단 및 비틀림에 대한 설계 규정이 필요하게 되었으나, 이에 대한 실험 결과가 많지 않은 관계로 개정 시방서에서는 전단 강도나 정착 길이 계산을 위한 $\sqrt{\sigma_{ck}}$ 는 26.5 kgf/cm^2 로, 즉 $\sigma_{ck} = 700 \text{ kgf/cm}^2$ 로 제한하였다.

구조물 또는 부재는 설계 내용 기간 중 충분한 기능과 성능을 유지하기 위하여 소요 안전성 이외에 사용 하중 하에서의 사용성과 내구성을 갖추어야 한다. 개정 시방서에서는 이를 고려하여 “사용성 및 내구성” 편을 신설하였다. 즉, 구조물의 균열 폭 및 처짐에 관한 제한 조항을 추가하고 피로 및 내구성 설계 기준을 제시하였다. 콘크리트 도로 교량에 대한 규정과 피로, 내구성에 대한 규정이 신설되었다. 처짐을 계산하지 않아도 되는 휨 부재의 최소 높이 규정이 교량에 대한 기준이 신설되었다.

제7장 “정착과 이음”에서는 수정 계수의 항목을 여러 가지 유형으로 분류하여 세분화하였고, 결침 이음 등급에서 기존 시방서(1989)의 C급 이음을 삭제하였으며 또한 기둥 철근에 관한 특별 규정을 신설하였다. 개정 시방서에서는 철근 간격, 덮개, 횡 방향 철근에 근거하여 정착 길이 계산에 사용하는 수정 계수값을 제시하였다. 또한 예폭시 도막 철근에 대한 규정을 추가하였다. 그리고 개정 시방서에서 최소 덮개로 좁게 배근된 인장 철근의 정착 길이를 구하는 데 필요한 수

정 계수를 새로 도입함에 따라 종전 시방서의 C급 이음을 삭제하였다. 제9장 “슬래브” 부분에서는 1방향 슬래브와 2방향 슬래브의 구분을 명확히 하고, 질곡 철근에 대한 규정은 시공상 어려움으로 인하여 개정시(1996) 삭제하였다.

프리스트레스트 콘크리트 설계편에서는 프리스트레스트 콘크리트 및 PS 강재의 허용 응력 규정에 약간의 수정을 가하였으며 긴장재의 마찰 손실 등에 관한 상세한 해설을 추가하였다.

지하철 구조물의 건설 증가로 인하여 지하 박스 구조물에 대한 제 규정이 필요하게 됨에 따라 박스 구조물의 설계에 대한 규정이 새롭게 추가되었으며, 1989년 시방서에서 기타 구조물로 분류되어 있던 아치, 라멘, 옹벽 구조물에 대한 설계기준을 보다 자세하게 수록하였다.

개정 시방서는 허용응력설계법을 부록으로 수록하여 강도설계법에 대응하여 구조물의 설계 및 안전도 검토를 수행할 수 있도록 하였다. 이때 허용 응력 조항은 대체로 시방서의 강도설계법에 대응하는 등가의 안전율을 가급적 유지할 수 있도록 하였다.

근래에 내진 설계의 필요성이 대두됨에 따라 내진 설계에 관하여 특별히 고려해야 할 규정을 부록 II에 기술하고 철근 콘크리트 구조물의 내진 설계에 관한 개념을 소개함으로써 교량과 같은 특수한 구조물을 제외한 일반적인 철근 콘크리트 구조물의 내진 설계시 이 시방서의 규정을 참고할 수 있게 하였다.

시공편에서는 시공 방법의 발전과 건설 재료의 개발로 인하여 그 사용이 급속히 증가되고 있는 유동화 콘크리트와 섬유 보강 콘크리트에 대한 시공 규정을 마련함으로써 현장 적용시 고려하도록 하였다. 프리스트레스트 콘크리트에서는 염화물의 함유량에 대해 새로이 규정하였으며, 수중 불분리성 콘크리트, 고강도 프리팩트 콘크리트에 대한 시공 기준을 신설하고, 이전에 도로교 표준시방서에서 언급되었던 철골 철근 콘크리트의 내용을 본문에 언급하였다.

3. 철근콘크리트구조설계기준 - 건축공학 분야

건축에서 철근 콘크리트 구조 설계에 대한 규준은 1972년도의 허용응력법에 대한 대한건축학회의 ‘철근 콘크리트구조제산규준’을 시점으로 1975, 77, 82년, 그리고 1997년의 4회에 걸친 개정이 있었다. 이 과정에서 건설부의 요청에 따라 1988년도에 처음으로 국

내에 '극한강도설계법에 의한 철근콘크리트구조설계기준'이 대한건축학회에서 출판되어 기존의 허용응력법 설계 중심에서 좀더 진일보된 설계법이라고 할 수 있는 강도설계법으로 전환할 수 있는 새로운 지표를 세울 수 있게 되었다. 본 장에서는 설계법에 따라 먼저 허용응력설계법에 대한 기준과 이후 강도설계법에 대한 기준을 연대별로 고찰하기로 한다. 다만, 1975년도 제1차 개정안은 필자의 노력에도 불구하고 해당 기준을 구할 수가 없어 본고에서는 생략되었음을 독자들에게 사과하는 바이다.

3.1 허용응력설계법에 대한 기준의 제정 및 개정

국내의 경우, 거의 해방 이후 30년이 지난 1972년도에야 처음으로 철근 콘크리트에 대한 기준이 당시 건설부의 요청으로 대한건축학회 철근 콘크리트 구조설계기준 작성 심의위원회 28명을 중심으로 1972년 6월부터 동년 10월 중순까지 작업을 통하여 그 해 말에 비로소 원안을 출판하게 되었다. 이 원안은 이후 최근의 개정판인 1997년도 기준을 포함하여 전체 4번의 추가적인 개정이 있었다.

3.1.1 철근 콘크리트 구조계산 기준 제정(1972)

최초의 기준은 제1장 총칙, 제2장 재료 및 시험, 제3장 시공, 제4장 기본사항과 구조해석, 제5장 부재 설계, 그리고 제6장 합성구조의 전체 6장으로 구성되었다. 각 장에 나타난 내용에 대하여 간략히 아래에서 살펴보기로 한다.

제1장 "총칙"에서는 1.1항의 기준의 적용 범위, 허가 및 도면, 감독 등에 대한 일반 사항과 1.2항의 재료, 기둥 및 슬래브에 대한 부재 종류에 대한 정의를 하고 있으며, 역학적 용어{응력도, 콘크리트 압축 강도, 항복 강도(f_y 로 표기함)}, 하중(고정 하중, 적재 하중) 등에 대한 정의, 그리고 1.3항의 구조해석식에 사용되는 기호 정리(예 : f_b = 허용 휨 압축 응력도,

f_c = 콘크리트의 허용 압축 응력도, f_c' = 콘크리트의 압축 강도 등) 등으로 구성되어 있다. 제2장 "재료 및 시험"에서는 재료와 이들에 대한 시험에 대한 규정을 주로 KS에 준하여 명시하고 있

다. 콘크리트 설계 기준 강도는 150, 180, 210, 240, 270, 300 kgf/cm²으로 설정되었다. 이 값은 이후 현재까지 그대로 적용되고 있다. 허용 응력도 값은 극히 일부를 제외하고는 이후 개정판에서 거의 변함이 없이 적용되었다. 각 허용치의 값은 다음과 같다. 허용 압축 응력도 : $f_c = 0.3f_c'$, 허용 휨 압축 응력도 : $f_c = 0.4f_c'$, 허용 전단 응력도 : $v_c = 0.3\sqrt{f_c'}$. 특히 본 원본에서는 허용 전단 응력도에 대하여 보다 상세한 계산을 할 경우에는 단면 내에 작용하는 모멘트와 전단력을 고려한 식을 제시하였으나 이후 개정판에서는 삭제되었다. 또한 전단력과 축 방향력이 작용할 경우의 허용 전단력에 대한 식도 제시하였으나 이 역시 이후 개정판에서는 삭제되어 실무자들이 상기의 근사 식에만 근거하여 설계하도록 되었다.

기타 전단 보강하였을 경우의 단면 내의 최대 전단력($v \leq 1.3\sqrt{f_c'}$)의 크기나 또는 슬래브 바닥판의 허용 전단 응력도($v_c = 0.53\sqrt{f_c'}$), 그리고 전단 보강시 슬래브 단면에서의 전단 응력의 최대치인 $v = 0.8\sqrt{f_c'}$ 에 대한 제한은 이후 개정판에서도 그 값에서 거의 변함이 없이 사용되었다. 허용 부착 응력도의 값은 아래의 <표 3>의 값이 적용되었는데 이 값 역시 이후의 개정판에서 그대로 변함이 없이 적용되었다.

기타 허용 지압 응력도 등에 대하여 본 기준은 명시하고 있다. 철근에 대해서는 원형 철근과 이형 철근에 대하여 각각의 허용 응력도를 명시하였는데 이 값 역시, 거의 변함이 없이 이후 개정판에서 사용되었다. 원형 철근인 경우 : 인장 및 압축 허용 응력도 $f_s = f_{sc} \leq \frac{f_y}{1.5}$ 또는 1.60 tf/cm² 이하 ; 전단 보강 철근의 허용 인장 응력도 $f_v \leq \frac{f_y}{1.5}$ 또는 1.60 tf/cm² 이하. 이형 철근인 경우 : 인장 및 압축 허용 응력도 $f_s = f_{sc} \leq \frac{f_y}{1.5}$ 또는 철근 지름 $D \leq 25mm$ 일 경우 2.20 tf/cm² 이하, 철근 지름 $D > 28mm$ 일 경우

표 3. 허용 부착 응력도

구 분	상단 철근 및 정착	기타 철근
원형 철근	$\frac{4}{100} f_c'$ 또한 9.0 이하	$\frac{6}{100} f_c'$ 또한 13.5 이하
이형 철근	$\frac{f_c'}{15}$ 또한 $(9 + \frac{2}{25} f_c')$ 이하	$\frac{f_c'}{10}$ 또한 $(13.5 + \frac{f_c'}{25})$ 이하

2.00 tf/cm² 이하. 전단 보강 철근의 허용 인장 응력도

$$f_v \leq \frac{f_y}{1.5} \text{ 또는 } 2.0 \text{ tf/cm}^2 \text{ 이하.}$$

제3장 "시공"에서는 기본적으로 철근 콘크리트 구조물을 시공할 경우에 필요한 조항들을 규정하고 있다. 콘크리트의 성질, 비비기와 콘크리트 부어넣기, 거푸집 매설과 시공 이음 등에 대하여 서술하고 있는데 이는 다분히 구조보다는 시공에 관련된 사항들로 구성되어 있다. 기타 배근 상세에서는 콘크리트 부재 단면 내에 철근 배근에 있어서의 혹크, 구부림, 철근의 간격, 철근의 이음, 띠 철근, 늑근, 수축 및 온도 철근, 콘크리트 피복 등에 대하여 그 규정을 서술하고 있다.

제4장 "기본사항과 구조해석"에서는 구조 해석을 위한 기본 사항 및 구조 해석을 위한 가정 등을 다루고 있다. 탄성 이론에 근거하여 응력 해석을 할 것과 강비 계산을 위한 유효 폭에 대한 식은 이후 일부 수정된 후 1997년까지의 모든 규준에서 그대로 채택되어 사용되고 있다. 근사법에 의한 모멘트 약산식은 1997년까지의 모든 규준에서 그대로 채택되어 사용되고 있다. 처짐을 계산하지 않고 보통 콘크리트 휨 부재의 최소휨 정할 경우에는 단순 지지, 1단 연속, 양단 연속, 캔틸레버 등에 대하여 1방향 슬래브와 보에 대하여 정의하고 있는데 이 값 역시, 이후 동일하게 사용되고 있다. 처짐과 관련하여 적재 하중에 의한 직접 처짐에 대한 최대 한도값에 대한 정의도 현재 사용되는 값과 거의 동일하다. 기타 기둥 단부의 고정단 가정 여부, 장방향 슬래브의 휨 모멘트와 주변 고정도에 따른 탄성 이론의 적용성, 플레이트 슬래브의 라멘 구조로의 치환, 보 및 라이멘의 하중 분담에 대한 가정 등을 규정하였다.

제5장 "부재설계"에서는 보, 장선 슬래브, 플레이트 슬래브, 기둥, 벽체, 전단 보강, 기초, 계단, 옹벽, 굴뚝 등에 대한 구조 설계 방법 및 구조 제한 등에 대하여 규정하고 있다. 슬래브의 최소 두께, 슬래브 각 방향별 최대 철근 간격 등에 대하여 규정하였다.

1972년도 원안에서는 장선 구조에 대하여 규정하고 있으나 추후 규준에서는 이 항이 삭제되었다. 장선 구조에 대한 정의 및 구조 제한을 명시하였는데 그 주요 내용으로는 장선의 나비는 적어도 10 cm 이상이고 장선의 순간 사이는 90 cm 이내로 하며 장선의 층은 장선의 최소 나비의 3.5배 이하로 하도록 함과 기타 장선 슬래브의 슬래브 두께에 대한 최소 값, 철근 직경, 최소 철근비, 배근, 그리고 격벽에 대한 규정 등을

명시하였다.

플레이트 슬래브에 대해서는 슬래브 두께에 대한 최소 크기, 기둥의 단면 최소 치수를 명시하였으며 응력 계산의 해석 방법 명시 및 총 부 및 정 모멘트의 분담률을 제시하였다. 이 분담률은 이후 규준에서도 기본적으로 같은 형태로 적용되었다.

기둥은 크게 길이와 단면 크기에 따른 단주와 장주, 그리고 단면 내 보강 철근의 형태에 따른 띠 철근과 나선 철근으로 구분하여 각각에 대한 규정을 정하고 있다.

단주 및 장주의 구분 기준을 설정하였으며 다음과 같이 그 허용 축압을 산정하도록 하였다.

① 축압을 받는 단주 :

가) 띠 기둥 :

$$P = 0.3f'_c \cdot A_g + 0.4f_y \cdot A_{st}$$

나) 나선 기둥 :

$$P = 0.3f'_c \cdot A_g + 0.4f_y \cdot A_{st} + f_s \cdot A_a$$

나선 기둥에 대한 식은 이후 규준에서 그 안전율이 일부 수정되어 사용되었다.

② 축압을 받는 장주 : 감소 계수를 적용하여 내력을 산정하도록 하였다.

기타로 휨과 축 방향력을 동시에 받는 기둥에 대하여 띠 기둥, 나선 기둥에 대한 식을 제시하였으며 기둥의 전단 보강에 대한 명시 및 다음과 같이 기둥에 대한 구조 제한을 제시하였다 : ① 최소 치수 : 20 cm, 최소 단면적 : 600 cm² ② 주근 지름 13 mm 이상, 띠 기둥 최소 4개, 나선 기둥 6개 이상 ③ 최대 및 최소 철근비 : 최소 철근비는 h/D가 5 이하일 경우에 0.4%, 그리고 10 이상일 경우에는 0.8% 이상으로 하도록 하였으며 그 사이의 h/D 값에 대해서는 직선 보간하도록 하였다. 최대 철근비는 콘크리트 강도에 따라 만일 f'_c가 180 kgf/cm² 미만이면 4%, 그리고 그 이상이면 8%로 하였다. ④ 띠 철근 간격 제한(즉, 축 방향 철근 지름의 16배, 띠 철근 지름의 48배, 기둥의 최소 지름 : 30cm) ⑤ 나선 철근에 대한 제한

벽체는 모든 휨 하중과 수직 및 휨 하중에 안전하게 저항할 수 있도록 설계해야 하도록 규정하였으며 편심이 벽 두께의 1/6을 초과할 경우에는 기둥에 따

라 설계하고 그 미만일 경우에는 경험적 약산 식을 사용하도록 하였다. 기둥에 준한 벽체 산정 때의 구조 제한을 다음과 같이 명시하였다 : ① 벽체 전단면에 대한 수직 철근비 : 모든 이형 철근에 대하여 0.0015, f_y 가 4,000 kgf/cm² 이상 또는 지름 16 ϕ 이하의 철근에 대해서는 0.0012, 그리고 지름 1.6 cm 이하의 용접 철망에 대해서는 0.0012. 수직 철근의 철근 간격 : 벽 두께의 3배 이내 또는 45 cm 이하. 띠 철근과 압축 철근 : 수직 철근이 벽 단면적의 0.01 이하일 때는 횡 띠 철근이 불필요하며 동시에 압축 철근의 보강을 요구하지 않는다. ② 수평 철근비 : 모든 이형 철근에 대하여 0.0025, f_y 가 4,000 kgf/cm² 이상의 D16 이하의 철근에 대해서는 0.0020, 그리고 지름 1.6 cm 이하의 용접 철망에 대해서는 0.0020. 철근 간격은 벽 두께의 1.5배 이하 또는 45 cm로 한다.

경험적 약산식은 다음과 같이 규정하였다.

$$N = 0.22f'_c \cdot A_g \cdot \left(1 - \left(\frac{I_c}{40l}\right)^2\right)$$

상기의 식은 1982년도에 수정되어 사용되었다. 기타 최소 벽 두께, 건물 내 내력벽에 대한 구조 제한, 땅에 접한 벽, 벽체 철근의 정착, 개구부 보강 등에 대하여 명시하고 있다.

보 및 기둥에 대한 전단 보강에 대해서는 철근 콘크리트 부재 내의 전단 응력($v = \frac{V}{b \cdot d}$)의 산정

및 소요 철근량($A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_v \cdot d}$)의 산정에 대하여 제시하고 있으며 굽힘 철근의 전단 보강 단면적, T형 보의 플랜지의 전단에 대한 저항 무시, 비틀림 영향에 대한 고려, 전단 보강용 철근에 대한 규정, 최소한의 균열을 가로지르는 전단 철근의 수 명시, 늑근(전단 보강근)의 최소 철근비($p_s = a_v/b_s \geq 0.15\%$)의 규정, 슬래브 및 기초 바닥판의 전단 보강 등을 설명하고 있다. 또한 부착 응력 산정식과 함께 부착 길이를 제시하였다.

정착 및 이음에 대해서는 식을 제시하여 실제 정착 길이가 이 식의 값보다 크도록 하였다. 기초에 대해서는 독립 기초, 복합 기초, 연속 기초, 말뚝 기초에 대하여 개괄 식으로 설명하였다. 독립 기초는 슬래브를 4개의 사다리꼴 캔틸레버로 보고 해석하며 단면 및 배

근은 환산된 장방형 보로 산정하도록 하였고 기타 주근의 배치에 대한 간격 제한을 규정하였다. 복합 기초, 연속 기초 및 말뚝 기초에 대해서는 간략히 해석 방법을 제시함과 동시에 이들 기초에 대한 기초 단면 및 배근은 독립 기초를 따르도록 하였다. 기타 계단 슬래브, 옹벽, 굴뚝벽의 설계, 합성 구조 등에 대하여 규정하고 있다.

3.1.2 철근 콘크리트 구조계산 기준 2차 개정(1977)

1977년도 기준은 제1장 총칙, 제2장 허용응력도, 제3장 기본사항과 구조해석, 제4장 부재설계, 제5장 합성구조로서 전체 5장으로 구성되었다. 1972년도의 원안과 비교할 때, 1977년도 개정안은 원안의 제2장 재료 및 시험, 그리고 제3장의 시공 부분이 없음을 알 수 있다. 원안의 제2장에 속한 내용들(재료, 허용응력도 등)은 1977년도 개정안의 제1장 및 제2장에 분산되어 수록되었으며 원안의 제3장에 속한 내용들 중 철근 배근 상세 부분(혹크, 철근 간격, 이음, 나선 철근, 띠 철근) 등은 개정안의 제4장에서 각 해당되는 부재 부분으로 이전하여 수록되었다. 1972년 원안과 비교하여 볼 때, 구조적인 규정에서는 큰 변화가 없었으나 1977년 개정안에서는 특히 시공 부분에 관한 내용이 많이 삭제되어 좀더 구조 중심의 기준의 틀을 갖추었다고 볼 수 있다. 특히, 기호에 약간의 변화가 있었는데 콘크리트의 설계압축강도가 f'_c 에서 F'_c 로, 철근의 항복 강도가 f_y 에서 F_y 로 변환 것이 대표적인 예라고 할 수 있다. 1972년 원안과 비교하여 그 내용면에서 크게 달라진 것이 없으므로 아래에서는 각 장별, 각 절별로 일일이 그 내용을 설명하기보다는 각 장을 중심으로 주요 내용을 간략히 정리하되 가능하면 변경된 사항을 중심으로 요약하고자 한다.

제1장 "총칙"에서는 일반사항, 기호, 재료, 시험에 대하여 간략히 설명하고 있다. 1972년도 원안에서는 간사이(span)로 불렀으나 스패너로 용어를 바꾸었으며 늑근 대신 스텐틸 등을 사용하도록 하였다. 1972년도 원안과 같이 콘크리트의 설계기준강도(F'_c)의 하한값은 150 kgf/cm²로 설정하고 있다. 재료 및 시험에 관한 내용은 원안과 거의 동일하다.

제2장 "허용응력도"에 관한 내용은 1972년도 원안의 내용과 거의 동일하다. 다만, 콘크리트의 허용 전단 응력도 부분에 있어서 보다 상세한 계산을 할 경우

의 허용전단응력도에 관한 식과 전단력과 축 방향력이 작용할 때의 허용전단응력도에 대한 1972년 원안의 식이 더 이상 1977년도 규정집에는 수록되지 않고 있다.

제3장 "기본사항과 구조해석"에서는 1972년도 원안의 제4장 "기본사항과 구조해석"의 내용과 거의 동일하다고 할 수 있으나 주요한 변경 사항을 보면, 1972년 원안에서는 반 T형 보의 경우에는 $8t + b$, 부재의 외측부터 슬래브 중심까지의 거리, $1/12 \times$ 부재의 간사이의 거리 중 작은값을 취하도록 하였으나 개정안에서는 $6t + b$ 를 $8t + b$ 대신 적용하도록 되어 있다. 또한 처짐을 계산하지 않고 최소 춤을 정할 경우, 1방향 슬래브와 보 전부에 적용하는 대신 보 부재에 대하여 <표 2>의 값을 적용하도록 규정하였다. 경량 콘크리트의 중량에 대해서도 원안에서는 $1.8 \sim 2.0 \text{ tf/m}^3$ 대신 $1.6 \sim 2.0 \text{ tf/m}^3$ 을 적용토록 하였다.

제4장 "부재설계"의 내용도 1972년 원안의 제5장 "부재설계"의 내용과 거의 동일하다. 1977년도 개정안에서는 원안에서 명시하였던 장선 슬래브에 대한 규정을 삭제하였으며 기초 설계 부분에서는 2방향 장방향 기초판에서의 인장 철근 배치를 명시하였다.

$$\frac{\text{유효배근폭 내의 철근량}}{\text{단면방향의 전철근량}} = \frac{2}{1 + \frac{\text{장변길이}}{\text{단변길이}}}$$

벽체의 실용설계법의 식의 계수를 기존의 0.22를 0.225로 수정, 보완하여 규정하였다.

$$N_o = 0.225 \cdot F_c \cdot A_g \cdot [1 - (\frac{h}{40t})^3]$$

나선 기둥의 식도 원안의 계수를 수정함과 동시에 추가적인 제한식을 두어 새롭게 제시하였다. 제5장 "합성구조"에서는 콘크리트에 묻힌 강재보를 가진 합성보, 쉬어콘택터를 사용한 강재보와 그 위에 놓인 슬래브와의 합성 단면보, 합성 기둥, 조합 기둥 등을 다루고 있다.

3.1.3 철근 콘크리트 구조계산 기준 3차 개정(1982)

1977년도 기준과 비교할 때, 1982년도 개정안은 그 목차가 동일하다. 즉, 제1장 총칙, 제2장 허용응력도, 제3장 기본사항과 구조해석, 제4장 부재설계, 제5

장 합성구조로 이루어져 있으며 각 장별 절의 수와 그 제목도 동일하게 편집되었다. 1977년도 기준과 비교할 때 크게 달라진 점이 없으므로 아래에서는 가능한 변경된 사항을 중심으로 요약하고자 한다. 제1장 총칙, 제2장 허용응력도, 제3장 기본사항과 구조해석, 제4장 부재설계 각 내용들은 이전 기준인 1977년의 내용과 거의 동일하다. 다만 1977년도 기준과 비교하여 전단 보강 철근에 대한 다음과 같은 구조 제한이 한 항 추가되었다. "전단 보강 철근은 이론적으로 필요한 지점을 지나서 d와 같은 거리까지 연장하여야 한다. 지지면에서 거리 d만큼 떨어진 단면 사이의 전단 보강 철근은 그 단면에서 욱되는 것과 같은 양이어야 한다."

제5장 "합성구조"의 내용도 이전 기준의 내용과 동일하다.

3.1.4 철근 콘크리트 구조계산 기준 4차 개정(1997)

1997년도 기준은 건설교통부의 의뢰하에 1982년 기준 이후 거의 15년 만에 새롭게 개정되어 발간되었다. 1982년도 기준과 비교할 때 주제 및 내용 면에서 크게 달라진 바는 없으나 1982년까지 수록되었던 합성 구조 부분이 삭제되었다. 합성 구조 부분을 제외하면 1997년도 개정안은 그 목차가 1982년도 규정집과 거의 유사하다. 다만, 필요에 따라 각 장의 세부 절에서 주제별로 다시 정리하여 분류하여 놓음으로써 1997년도의 기준은 1982년도 기준과 비교하여 좀더 체계적인 틀을 갖추었다고 볼 수 있다. 특히 콘크리트 강도의 개선과 설계법의 발달로 인하여 1997년도 개정된 기준에서는 부분적으로 이에 관한 항들이 수정, 보완되어 추가되었다. 본 절에서는 주제별로 기술하되 1982년도 규정집과 비교하여 새롭게 변경되었거나 추가된 사항을 중심으로 기술하고자 하였다.

제1장 "총칙"에서는 일반사항의 정의 부분에서 콘크리트의 성능을 개선하기 위하여 포틀랜드 시멘트, 골재, 물 이외에 첨가하는 재료를 혼화 재료 대신에 혼합 재료로 그 용어를 달리하였다. 또한 혼화 재료에서 고로 슬래그가 추가되었으며 콘크리트의 F_c 의 하한값이 150 kgf/cm^2 에서 180 kgf/cm^2 으로 상향 조정되었다. 이를 제외하고는 그 모든 내용들이 1982년도 기준과 동일하다.

제2장 "허용응력도"에서는 콘크리트의 설계기준강도에 대하여 1982년도 규정에서처럼 F_c 의 값을 150,

180, 210, 240, 270, 300 kgf/cm²으로 정리하기 보다는 구조용 콘크리트로서 F_c 값이 180 kgf/cm² 이상인 콘크리트를 규정하고 있다. 허용응력도에서는 지압의 경우, 부분적인 재하가 있을 경우에는 기존의 식 대신 $f_c = 0.3F_c \cdot \sqrt{\frac{A}{A}}$ (단, $\sqrt{\frac{A}{A}} \leq 2.0$) 으로 규정하고 있다. 재료의 정수에서도 $F_c = 300 \text{kgf/cm}^2$ 이상인 고강도 콘크리트인 경우에는 콘크리트의 탄성 계수를 다음과 같이 사용하도록 규정하였다:

$$E_c = 0.136w_c \cdot F_c^{1.5} = 15000\sqrt{F_c}$$

제3장 "기본사항과 구조해석"의 내용은 1977년의 내용과 거의 동일하다. 경량 콘크리트에 대하여 F_c 가 110 kgf/cm² 이상일 것과 기건용적 중량이 2.0 tf/m³ 미만일 것을 규정하고 있다.

제4장 "부재설계"에서는 기초 설계에 있어서 특히 여러 가지 추가 사항이 수록되었다. 말뚝 기초에 대하여 단면에 대한 전단 계산을 말뚝 중심과 위치에 따라 산정할 수 있도록 추가 규정하였으며, 기초판의 최소 두께(흙에 놓이는 기초는 15 cm 이상, 말뚝 기초의 경우는 30 cm 이상)의 규정, 기초판의 휨 모멘트에 대한 위험 단면 위치의 보완, 피복 두께의 6 cm에서 7 cm로의 상향 조정, 기둥, 벽체 또는 페에스탈 저면에서의 힘의 전달에 관한 보완 등을 들 수 있다. 또한 경사 또는 계단형 기초판에 대한 규정이 추가되었으며 복합 기초 및 연속 기초에 대해서는 토압 분포가 흙과 구조물의 성질 및 토질 역학 원리에 적합하도록 설계 되도록 추가적으로 제시하고 있다. 벽체에 대해서는 내력벽의 최소 두께는 기존의 벽의 비지지 높이나 폭 중에서 작은 값의 1/25 이상인 것 이외에 추가적으로 최소 15 cm 이상일 것을 명시하였다. 한편, 건물 내 내력벽의 아래층으로 내려 갈수록 1 cm/3 m 만큼 증가시키는 규정은 삭제하였으며 철근 콘크리트 판벽 및 간벽의 최소 두께는 10 cm에서 12 cm로 상향 조정하였다. 철근은 45 cm 간격 대신 40 cm로 하향 조정하였으며 복 배근의 경우 벽 두께가 25 cm에서 15 cm 이상일 경우 하도록 규정하였다.

3.2 극한강도설계법에 대한 기준의 제정 및 개정

(극한)강도설계법에 대한 설계가 미국의 경우 이미 1960년대에 실시되고 있었으나 국내의 경우에는

1980년대에도 여전히 허용응력법에 근거한 설계가 대다수를 차지하고 있었다. 국내에 강도설계법에 대한 기준이 처음 소개된 것은 1988년으로서 국제적인 흐름에 비하면 매우 뒤늦은 출발이었다고 할 수 있다. 1988년도 출판된 대한건축학회의 강도설계법에 의한 설계기준은 주로 미국의 ACI 기준에 근거하여 작성되었다고 할 수 있다. 허용응력 설계기준에 비하여 강도설계법의 기준은 상당히 세분화되고 다양화되어 앞에서 다룬 허용응력 설계기준에서와 같이 그 내용을 일일이 기술하려면 상당한 양의 지면이 할애되어야 한다. 1988년도와 1994년도의 기준을 비교하여 보면 거의 동일하다. 본 장에서는 간단히 연도별 기준에 대한 각각의 큰 주제를 살펴보고자 한다.

3.2.1 극한강도설계법에 의한 철근 콘크리트 구조 계산 기준 제정(1988)

본 기준은 1988년도에 12명의 집필진과 43명의 고문 및 심의위원, 그리고 5명의 협력위원을 중심으로 건설부의 연구비 지원 하에 대한건축학회에서 발간하였다. 이 기준의 발간은 그간 허용응력설계법을 중심으로 설계되던 국내 건축 구조물을 강도설계법의 개념 하에 설계될 수 있도록 새로운 모멘텀을 준 중요한 동기를 부여한 일이라 할 수 있다. 각 장의 내용은 다음과 같다.

제1장 "총칙"에서는 일반사항 및 정의에 대하여 기술하고 있다. 제2장 "재료"에서는 재료, 시험, 구조물의 재하 시험, 기준에서 인용하고 있는 한국공업규격(KS)에 대한 설명 등으로 구성되어 있다. 제3장 "기본사항과 구조해석"에서는 하중과 외력은 원칙적으로 건축법 시행령에서 정한 규정을 따르도록 하고 있으며 소요 강도를 위한 하중 조합을 명시하였다. 또한 설계 강도에 대해서는 강도 저감 계수를 명시하고 있다. 구조 설계와 처짐-처짐을 계산하기 위한 제반 재료 계수(탄성 계수)값들에 대한 식과 유효 단면 2차 모멘트, 강성, 스펠 길이, 기둥 등에 대하여 규정하였으며, 구조해석 및 설계방법으로서 적재 하중의 배치, 구조물의 실용 해법, 연속 보에서 부모멘트의 재분배, 그리고 1방향, 2방향 구조물의 처짐, 프리스트레스트 콘크리트 구조의 처짐 등에 대하여 명시하고 있다. 제4장 "부재설계"에서는 휨재 부분에서 최소 철근비, 보 및 1방향 슬래브의 철근 배근, T형 보, 춤이 큰 휨재, 구조 제한 등에 대하여 기준을 제시하였으며 압축재에

관하여는 압축재의 설계 치수, 철근, 세장 효과의 실용 해석, 합성 압축재 등에 대하여 명시하였다. 전단 및 비틀림에 관해서는 전단 강도, 비틀림 모멘트 강도, 특수 구조에 대한 전단과 비틀림, 기둥으로 전달되는 모멘트에 규준을 제시하고 있고 철근의 정착과 이음에 대하여 규정하였다. 슬래브는 1방향 슬래브, 2방향 슬래브, 그리고 각각에 대한 구조 제한의 내용을 담고 있으며 기초에서는 하중 및 반력, 원형 또는 정다각형 기둥 및 페데스탈을 지지하는 기초, 기초판의 휨 모멘트, 기초판의 전단, 기초판 철근의 정착, 기초판의 최소 두께, 기둥, 벽, 또는 페데스탈 저면에서의 힘의 전달, 경사 및 계단형 기초판, 복합 기초 및 온통 기초를 다루고 있다. 벽체 부분에서는 내력벽의 해석과 설계 사항, 최소 철근량, 실용설계법, 비내력벽, 지중 보로서의 벽체, 프리캐스트 벽체, 무근 콘크리트, 웅벽 등에 대하여 구조설계기준을 제시하였다.

제5장 "구조시스템과 특수부재"에서는 다스팬 장방형 슬래브 시스템에 대한 설계 절차, 직접설계법, 등가골조법, 슬래브의 철근, 슬래브 시스템의 개구부에 관하여, 그리고 프리캐스트 콘크리트 구조에 관해서는 설계 방법, 프리캐스트 벽 판넬, 상재 설계, 제품의 구분과 표시, 운반, 저장과 조립 등에 대하여 설명하였다. 프리스트레스트 콘크리트 구조에 대해서는 휨재의 허용 응력, 프리스트레스의 손실, 휨 강도, 전단 강도, 부정정구조물, 휨과 축력의 조합, 프리스트레스트 슬래브, 휨재의 보강근 제한, 부착 철근의 최소량, 긴장재의 정착 부분, 프리스트레스의 적용과 측정, 긴장재의 방청과 충전, 철근 및 프리스트레스 긴장재의 배치, 프리스트레스트 긴장재의 보호, 포스트텐션 방식의 정착구와 접속 장치, 구조 제한에 대하여 기술하였다.

기타 합성 콘크리트 휨 부재에 관해서는 가설 지주(동바리), 수직 전단 강도, 수평 전단 강도, 수평 전단 보강 등에 대하여 기술하였다. 기타 부록에는 전체 3분야로 나누어 각각 내진 설계, 시공 규칙, 장방형 슬래브의 휨 모멘트 계수 등을 수록하고 있다.

3.2.1 극한강도설계법에 의한 철근 콘크리트 구조 계산 규준 1차 개정(1994)

1994년도의 기준은 그 내용 면에서 거의 1988년도 기준과 동일하다. 다만, 그 목차에서 약간의 변화가 있을 뿐, 그 내용 면에서는 거의 변화가 없다. 또,

국내 철근의 항복 강도가 $4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 이므로 1988년 기준에서 미국 철근 항복 강도 60 ksi에 해당되던 $4,200 \text{ kgf/cm}^2$ 를 사용하는 대신 $4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 을 사용하였다.

아래에서는 1988년도 기준과 비교하여 장 및 절에서 그 내용에 변화가 없는 경우에는 생략하였다.

제4장 "부재설계"의 압축재 설계에서 압축재의 설계 치수, 철근, 세장 효과의 실용 해석, 합성 압축재 등에 대하여 명시하였다. 1994년도에서는 나선 철근의 철근비에 대한 제한에서 나선 철근의 항복 강도로 f_y 를 1988년도의 $4,200 \text{ kgf/cm}^2$ 에서 $4,000 \text{ kgf/cm}^2$ 이하로 하였다. 이는 국내 철근의 항복 강도가 $f_y = 4000 \text{ kgf/cm}^2$ 임으로 직접적으로 단위 환산에 의한 값보다는 현실적인 값을 사용하고자 함에서 기인하였다고 사료된다. 전단 및 비틀림에서도 전단 강도, 비틀림 모멘트 강도, 특수 구조에 대한 전단과 비틀림, 기둥으로 전달되는 모멘트, 상기의 이유와 마찬가지로, 전단 마찰 보강근의 기준 항복 항도도 1988년도의 $4,200 \text{ kgf/cm}^2$ 이하에서 $f_y = 4000 \text{ kgf/cm}^2$ 이하로 수정하였다.

벽체에 있어서 수직 전단 보강근의 간격은 $\frac{l_w}{3}$, 3 h, 50 cm 중 작은값을 택하도록 되었으나 1994년 기준에서는 $\frac{l_w}{3}$, 3 h, 45 cm로 새롭게 개정되었다.

철근의 정착과 이음의 경우, 예폭시 표면 처리된 철근의 경우, 1988년의 기준에서는 콘크리트 피복 두께가 철근 지름의 3배 미만인 경우, 혹은 순철근 간격이 철근 지름의 6배 미만인 경우에는 정착에 대한 보정계수를 1.5로, 그 외의 경우에는 1.2로 규정하였으나 1994년 기준에서는 전부 1.5를 취하도록 하였다.

제5장 "구조시스템과 특수부재"에서는 프리스트레스트 콘크리트 구조에서 1988년도의 기준에서는 프리스트레스트 긴장재의 경우, 모든 손실이 일어난 후의 유효 프리스트레스 및 적재 하중을 작용시키기 전에 프리스트레스트 긴장재의 인장력은 $0.6f_{pu}$ (여기서 f_{pu} 는 긴장재의 최대 인장 강도)를 초과하지 못하도록 하였으나 1994년 기준에서는 이 항이 삭제되었다. 또, 1988년도 기준에서는 콘크리트의 탄성 변형에 의한 프리스트레스의 손실이 누락되어 있으나 1994년도 기준에서는 이 항이 추가되어 명시되어 있다. 휨과 축력의 조합에서는 평균 프리스트레스의 값인 f_{pc} 의 값을

1988년 기준의 값인 15 kgf/cm^2 에서 16 kgf/cm^2 로 상향 조정하였다. 합성 콘크리트 휨 부재 내용에서는 가설 지주(동바리), 수직 전단 강도, 수평 전단 강도, 수평 전단 보강 등에 대하여 명시하고 있다. 1988년도 기준에서 수평 전단 강도에서 $6.0b_v d$ (여기서 b_v 및 d 는 각각 수평 전단을 검토하고자 하는 접촉면의 단면 폭(cm)과 합성 단면의 압축 연단에서 인장 철근 중심까지의 거리(cm)를 각각 나타낸다.)가 1994년 5.4.4에서 $5.6b_v d$ 로, 그리고 $25b_v d$ 가 $24.6b_v d$ 로 수정되었다. 기타 부록의 내용도 전과 유사하다. 즉, 내진 설계, 시공 규칙, 장방형 슬래브의 휨 모멘트 계수 등에 대하여 세 부분으로 나뉘어서 수록되었다.

4. 결 언

국내 토목, 건축공학 분야에서의 철근 콘크리트 구조물에 대한 시방서나 규격·규준은 그간 토목학회와 건축학회를 중심으로 처음 제정된 후, 여러 번의 개정을 거쳐 그 내용과 형식면에서 발전하여 왔다. 연도가 흘러감에 따라, 재료 및 구조적인 측면에서 국내의 콘크리트 관련 공사 및 기술 수준이 날로 향상되었고, 또한 학, 연, 산에 의한 연구 기술 개발로 인하여 토목공학의 '콘크리트표준시방서'나 건축공학의 '철근콘크리트구조계산규준' 및 '극한강도 설계법에 의한 극한강도설계규준'의 분량과 내용 면에서 크게 성장하였음을 볼 수 있다. 매번 개정됨에 따라, 그 내용이 다양하고 풍부하여 졌으며, 참여 집필진의 수 및 그 소속도 다양화되어 모름지기 현실적이고 실용성을 갖는 시방서

및 규준이 다듬어져 왔음을 알 수 있다. 특히 콘크리트의 다양화(고강도 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트, 고내구성 콘크리트, 유동화 콘크리트)에 대하여 시방서가 적절히 그 시방에 대하여 규정하고 있으며 새로운 공법의 보편화에 따른 독립적인 시방서 장들의 출현은 기술면에서 급성장하고 있는 콘크리트 분야를 잘 대변하고 있다고 보인다. 또한 시방서의 형식면에서도 일정한 틀을 갖추게 되었음을 살펴볼 수 있다. 선진 외국에 비하여 비교적 늦게 시작된 건축공학 분야의 철근 콘크리트 구조계산 기준에 대한 제정은 그 동안 여러 번 개정을 통하여 그 모습을 다듬어 왔다고 할 수 있다.

한편, 통합 기준 내용 대부분은 미국 ACI 318 기준에 준한 것으로서 통합 시에 분명한 학문적 근거가 없이 통합된 부분도 없지 않다. 오랜 기간 동안 토목 및 건축공학 분야의 철근 콘크리트 공학 기준이 서로 상이한 기준을 제정하고 이를 사용하여 왔으므로 통합을 위한 어느 정도의 진통은 인정되나 그간 각각의 시방서 및 규준이 여러 번 개정을 통하여 그 내용을 발전시키고 개선시켰다는 점을 고려할 때, 학문적으로 아직 명확히 규명되지 않은 상태로 통합 구조설계기준에 포함된 항목들에 대한 추후 학문적 규명 및 고찰은 필수적이고도 긴급하다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 좀 더 지역성을 살릴 수 있는 우리만의 독특한 기준을 제정하기 위하여 다양한 철근 콘크리트 분야에 대한 학, 연, 산의 꾸준한 연구가 필요하며 또한 기준의 국제화에 대비한 자체적인 기준의 정립이 필요하다고 사료된다. □