

# 콘크리트 압축강도 시험과 결과의 평가

김 상 식

(인하대학교 건축공학과 교수)

## 1. 머리말

철근 콘크리트는 콘크리트에 철근이 보강된 합성재료로, 경제성, 시공성, 내구성 및 조형성에서 인류가 만들어 낸 것 중 가장 뛰어난 구조재료라고 할 수 있다.

철근 콘크리트의 구조 성능은 콘크리트의 압축력 지지 성능과 철근의 인장력 지지 성능이 부착이라는 이상적인 동맹관계에 의하여 이루어지며, 두 재료의 열팽창계수도 거의 같아 굳어진 후에는 재료의 분리가 좀체로 생기지 않기 때문에 설계의 신뢰성은 강재에 버금갈 만큼 높은 편이다.

그러나, 공장생산되어 품질에 대하여 일정한 등급으로 보장받는 철근과는 달리 콘크리트는 공장제품인 시멘트 및 혼화제와 천연재료인 골재 및 물이 설계강도와 소요 유동성에 따라 다르게 배합되어 타설된 후 굳어지기 때문에 재료 자체에 관련된 여러 요인들과 콘크리트 치기 공사 및 양생에 따라 압축강도가 달라지며, 같은 재질의 콘크리트인 경우에도 시험체 제작과 시험방법에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있는 개연성을 가지고 있어 철근 콘크리트 구조물 설계의 효율과 신뢰성을 높이기 위하여서는 배합설계와 더불어 콘크리트 압축강도의 시험에서 고려되는 여러 가지 문제점들과 강도 평가 방법에 대하여 포괄적인 이해가 선행되지 않으면 안된다.

## 2. 압축강도 시험

### 2.1 시험체 제작

콘크리트 압축강도 시험은 배합설계용 시험과 압축강도 관리용 시험으로 나뉜다. 배합설계용 시험은 일정한 비율로 배합된 콘크리트가 소정의 강도를 발현하는지 여부를 확인할 목적으로 시행되며, 시험체는 한 배합에 대하여 30회 이상 연속 시험할 수 있도록 제작되어야 한다. 강도 관리용 시험은 현장이나 콘크리트 제품 제조 공장에서 사용되는 콘크리트의 압축강도 관리를 목적으로 일정한 사용량에 주기적으로 실시되며, 믹서나 호퍼, 콘크리트 운반 기구 또는 콘크리트 타설장소로부터 굳지 않은 콘크리트를 채취하는 방법은 KS F 2401 (굳지 않은 콘크리트의 시료 채취 방법), 시험의 빈도에 대하여서는 「극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산규준」 2.2.7 (콘크리트의 평가와 사용승인)에 규정되어 있다. 이들 규준에 의하면 콘크리트 강도 시험용 시료를 (1) 하루에 한 번 이상, (2) 150m<sup>3</sup>당 한 번 이상, (3) 슬래브나 벽체의 표면적 500m<sup>2</sup>당 한 번 이상 채취하여야 하며, 드럼 트럭 믹서로부터 시료를 채취하는 경우 전 배치의 배출을 통하여 3회 이상 규칙적인 간격으로 채취하고 배출이 시작되거나 끝날 때 채취해서는 안된다. 또한 채취시에는

재료의 분리가 생기지 않도록 하여야 한다.

콘크리트의 압축강도 시험을 위한 공시체의 제작에 대하여서는 KS F 2403 (콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 규정되어 있다. 이 규정에서 공시체는 지름의 두 배 높이를 가진 원주형으로 하도록 되어 있으며, 굵은 골재의 최대 치수가 50mm 이하인 경우에는 지름 15cm, 높이 30cm의 치수를 원칙으로 하고 있어 이 크기의 공시체가 표준공시체로 되어 있다. 그러나, 현장 또는 실험실에서는 이보다 작은 지름 10cm, 높이 20cm의 원주형 공시체도 많이 사용된다. 이러한 공시체를 사용하는 경우 표준공시체에 비하여 압축강도가 약 3퍼센트 더 높게 나타나는 것으로 알려져 있다. 콘크리트 압축시험시에는 공시체의 양 단부와 가압판이 밀착되기 때문에 가압판과 단부의 밀착에 의한 마찰력은 횡압과 같이 작용하여 실험결과는 실제 압축강도보다 크게 나타날 수 있다. 그러나 높이를 지름의 두 배로 하면 시험체 중앙부는 단부의 마찰의 영향을 거의 받지 않으므로 정확한 강도 측정이 가능하게 된다. 높이를 지름의 두 배로 한 공시체에 비하여 높이가 1.5배인 공시체는 4퍼센트, 높이가 지름과 같은 공시체는 12퍼센트 정도 더 높은 강도를 나타내는 것으로 알려져 있다.

원주 공시체에 의한 콘크리트 압축강도 관리는 우리나라를 포함하여 미국, 일본, 프랑스 등에서 채택되고 있으며, 영국, 독일, 이탈리아 등 유럽의 여러나라에서는 콘크리트 압축강도 공시체로 가로, 세로, 높이가 모두 10cm 되는 각주(角柱) 공시체를 쓰고 있다. 각주 공시체에 의한 압축강도는 원주 공시체에 의한 압축강도보다 높게 나타나기 때문에 원주 표준공시체에 의한 압축강도로 환산하는데에는 0.75의 계수를 곱하여야 한다.

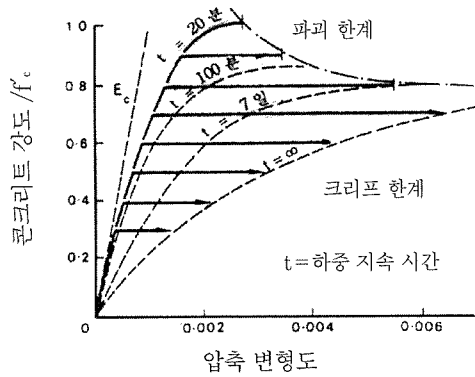
콘크리트 압축강도 공시체 제작에서 또 하

나의 중요한 것은 재하면의 마무리이다. 압축 시험에서 가압판에 맞는 공시체 면이 평탄하지 않거나 요철이 있는 경우에는 응력 집중이 생겨 실제 압축강도 보다 낮은 강도에서 파괴되는 경우도 생기기 때문에 KS F 2403에서는 마무리한 면의 평면도가 0.05mm 이내가 되도록 규정하고 있다. 이러한 면의 마무리에는 물 시멘트 비 0.3이하 시멘트 페이스트나 유황에 광물질 분말을 혼합한 유황합성재가 많이 사용되나 고강도 콘크리트 시험에서는 면을 갈아서 평탄하게 하기도 한다.

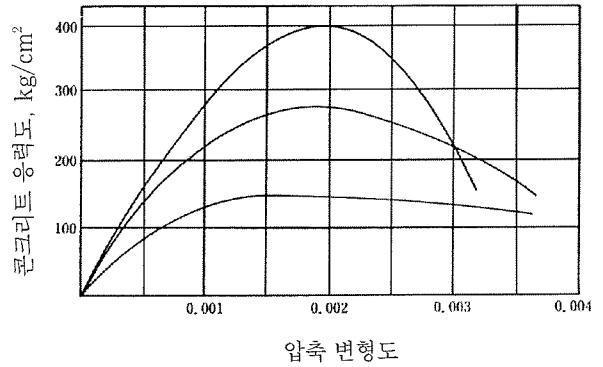
## 2.2 일축 압축강도 시험

콘크리트의 설계강도 측정을 위한 압축강도 실험은 압축력을 시험체의 마구리면 한 방향으로만 가하는 일축(一軸) 압축시험으로 하며, 시험 방법은 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 규정되어 있다. 공시체를 압축시험기에 설치할 때 시험기의 가압판과 공시체의 재하면 사이에는 0.25mm 이상의 요철이 생기지 않도록 설치한다. 요철이 생길 경우 콘크리트의 압축강도가 감소하는데, 연구결과에 의하면 공시체의 재하면이 1.25mm 오목한 경우에는 콘크리트의 강도가 최대 5퍼센트 정도 감소하며, 반대로 1.25mm 볼록한 경우에는 콘크리트가 최대 30퍼센트까지 감소하는 것으로 나타나, 공시체 설치에서 특히 재하면이 볼록하지 않도록 주의하여야 한다.

공시체에 가력할 경우에는 충격을 주지 않으면서 초당 1.5~3.5kg/cm<sup>2</sup>의 가력속도로 연속적으로 하중을 가하여야 한다. 이 가력속도는 설계압축강도 240kg/cm<sup>2</sup> 정도의 보통 콘크리트 공시체가 파괴되는 데 70~160초 정도의 시간이 소요되는 것을 의미하므로 편의상 보통 콘크리트 공시체 압축시험에서는



(그림 1) 지속하중에 대한 응력-변형도 곡선



(그림 2) 콘크리트 압축응력-변형도 곡선

공시체를 1~2분 정도에 파괴되도록 균등하게 가력하면 된다.

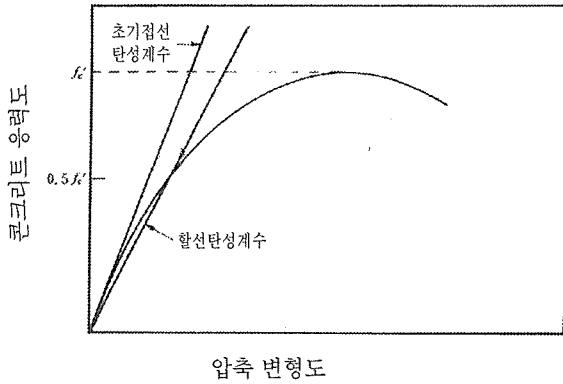
가력속도는 콘크리트의 압축강도에 크게 영향을 끼치는데, 매우 빠른 속도의 가력, 예를 들면 초당  $1t/cm^2$ 의 속도로 가력하면 표준 압축시험 공시체에 비하여 10 퍼센트, 초당  $100t/cm^2$ 의 속도로 가력하는 경우에는 30퍼센트 정도 더 높게 강도가 나타나나, 반대로 가력을 천천히 하는 경우, [그림 1]에 보이는 바와 같이, 크리프 현상에 의하여 강도가 표준시험 공시체강도의 80퍼센트까지 낮아지는 것으로 연구되어 있다. 따라서 2분 정도의 짧은 시간에 측정된 압축강도를 장기강도로 하는 경우, 극한강도 설계법에서는 설계압축강도의 85 퍼센트로 하고 있다.

콘크리트의 압축강도 시험에서는 압축강도와 함께 변형도와 탄성계수의 측정도 매우 높은 비중으로 다루어진다. 콘크리트의 압축응력은 공시체에 작용하는 압축력을 공시체의 가압면적으로 나눈 값으로 정의되며, 이 중 파괴될 때까지의 최대응력을 압축강도로 한다. 시험에서 압축강도는  $1kg/cm^2$ 의 정밀도까지 구하여야 한다. 콘크리트의 압축변형도도 일반 재료역학에서의 정의처럼 압축력 작용 방향의 변형을 공시체의 표점거리로 나눈

값으로 한다.

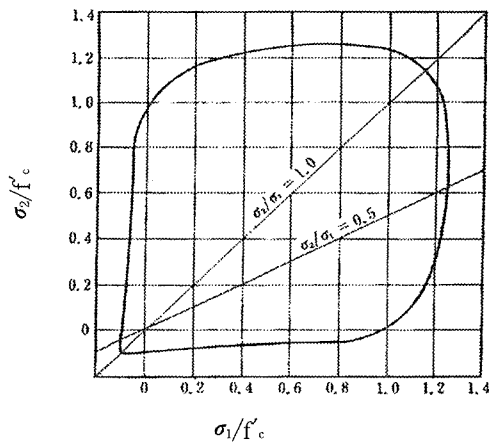
압축변형이나 변형도 측정에는 압축변형측정기(compressometer), 다이얼 게이지, 변형도 게이지 등이 사용되며, [그림 2]는 보통 콘크리트 공시체의 압축시험에서 얻은 압축응력 - 변형도 곡선이다. 이 곡선에서 압축강도에 대응하는 변형도는 대략 0.002 정도로 나타나 있으며, 많은 시험에서 압축강도의 변형도는 0.002~0.0025의 범위에서 측정되고 있으며, 콘크리트의 강도가 높아지면 압축강도의 변형도도 조금 더 커진다. [그림 2]에서 응력은 최고응력, 즉 압축강도 이후 하강 곡선을 그리고 있는데 이러한 응력-변형도 곡선은 변형도 주도형 시험에서만 얻을 수 있으며, 응력 주도형 시험에서는 압축응력 이후 변형도의 증가만 나타나 평탄한 곡선이 되기 때문에 하강곡선을 얻을 수 없다. 압축강도 이후 응력 곡선이 하강하는 것은 시험체 내부의 균열 파급이 현저하게 진행되어 재료 입자간의 결속이 파괴되는 것으로, 이 영역을 변형도연화역(變形度軟化域)이라고 한다. 극한강도 설계법에서 파괴시 극한 변형도를 0.003으로 하는 것은 변형도 연화역의 일부까지 극한강도의 일부로 하는 셈이 된다.

철근콘크리트 구조설계방법이 극한강도설



(그림 3) 콘크리트의 접선 및 할선탄성계수

계법으로 바뀌고 철근의 인장강도와 콘크리트의 압축강도가 고강도화되면서 부재의 단면치수가 전보다 작아져 처짐이나 기둥의 세장효과 등의 비중이 커지고, 따라서 콘크리트의 탄성계수 측정도 실험에서 중요하게 다루어지고 있다. 강재의 탄성계수는 응력 - 변형도 곡선의 초기 접선계수의 기울기로 정의되나, 콘크리트 압축강도 시험에서는 (그림 3)에 보이는 바와 같이 압축강도의 25 퍼센트 또는 50 퍼센트의 점을 잇는 할선탄성계수를

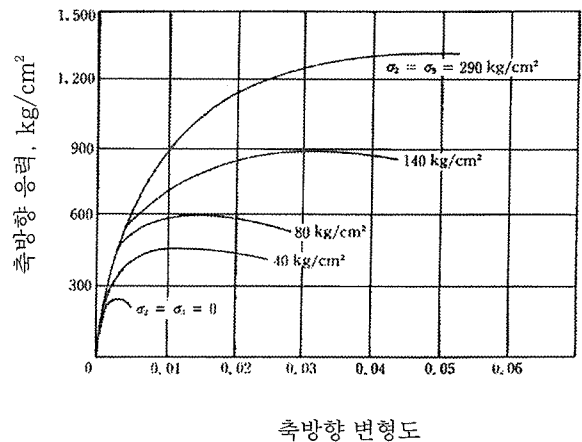


(그림 4) 2축 응력상태에서 콘크리트의 압축강도

콘크리트의 탄성계수로 하고 있다.

### 2.3 다축 압축강도 시험

한 방향으로 압축력을 받는 콘크리트는 설계압축강도에 이르러 가력방향으로 나란하게 균열을 일으켜 벌어지면서 파괴되며, 작용 압축력과 직교하는 방향으로 다른 압축력이 작용하는 경우에는 이러한 벌어짐을 어느 정도 구속할 수 있기 때문에 콘크리트의 강도는 증가하게 된다. (그림 4)는 직교하는 두 방향으로 일정한 비율의 압축력을 가하는 이축(二軸) 압축시험의 강도를 나타낸 것으로, 예를 들어  $\sigma_2$ 를  $\sigma_1$ 의 0.5배로 한 경우에는 일축 압축강도보다 25퍼센트 정도,  $\sigma_1$ 과  $\sigma_2$ 를 같이 한 경우에는 18 퍼센트 정도 더 증가한 것으로 나타나 있어, 그 증가의 폭은 그렇게 큰 편은 아니다. 그러나, 한 방향으로 압축력을 가하고 그에 직교하는 두 방향으로 일정한 크기의 횡방향 구속 압축응력을 가하는 삼축 압축시험에서는 압축강도가 두드러지게 증가한다. (그림 5)는 이러한 삼축 압축시험 결과의 한 예로, 이 그림에서 보면, 횡압력이 없는 상태



(그림 5) 3축 응력상태에서 축방향 응력-변형도 곡선

의 압축강도는 240kg/cm<sup>2</sup>이나, 횡압력이 80 kg/cm<sup>2</sup>에서는 600kg/cm<sup>2</sup>, 횡압력이 140 kg/cm<sup>2</sup>에서는 800kg/cm<sup>2</sup>의 압축강도를 나타내고 있어, 삼축 압축강도는 일축 압축강도에 횡압력의 약 네 배를 더한 것으로 계산된다. 설계규준에 규정되어 있지 않으나, 횡방향 구속응력  $\sigma_2 = \sigma_3$ 의 작용상태에서 축방향의 압축 파괴시 응력  $\sigma_1$ 을 평가하는 데에는

$$\sigma_1 = f'_c + 4.1\sigma_2 \dots\dots\dots(1)$$

의 공식이 통용되고 있다.

철근콘크리트 기둥 설계에서 띠철근이나, 나선철근도 극한압축상태에서 이러한 횡방향 철근의 구속으로 삼축 압축상태를 만들어 축방향 압축강도를 증가시키려는 의도로 시도되는 설계방법이며, 나선철근의 체적비 산정에는 식 (1)의 공식이 사용된다.

### 3. 강도의 평가

#### 3.1 개요

콘크리트는 앞에 기술한 바와 같이 재료 자체의 이질성과 배합, 운반, 타설, 양생 등에 따라 강도에 변화를 일으키며, 강도시험에서도 공시체 제작 및 시험 방법에 따라 다른 재료보다 비교적 큰 폭의 산포도(散布度)를 나타내기 때문에 시험결과를 통계처리하여 압축강도의 크기와 그 변화의 폭에 대한 신뢰성을 평가하여야 한다. 이러한 평가를 위하여서는 시험 자료를 체계적으로 분류하여 분포 특성을 나타내는 강도의 평균치, 표준편차 및 변동계수 등을 계산하고, 규준에 정하여진 콘크리트의 설계기준강도나 배합강도의 규정을 만족하는지 여부를 확인하는 일련의 절차를 거쳐야 한다.

#### 3.2 자료의 분류

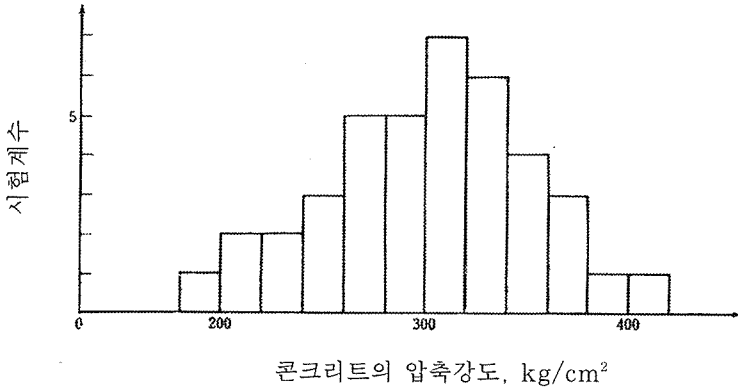
배합설계를 위하여 30회 이상, 또는 현장에 반입되는 콘크리트의 매 150m<sup>3</sup>에 1회 이상의 압축강도 시험을 하면, 서로 다른 값들이 뒤섞인 상태의 시험결과를 얻게 된다. 이러한 자료들을 강도순으로 분류하여 일목요연하게 이해할 수 있도록 정리하는 것이 강도 평가의 첫 번째 순서이다. 강도시험의 자료들을 알기 쉽게 처리하기 위하여서는 일정한 간격으로 나누어 분류하는 것이 바람직하다. 이러한 조 분류에서 단위 크기를 조(組)간격이라고 하며, 각 조간격 내에 있는 자료의 수를 조빈도라고 한다. 콘크리트의 강도자료 분류에서 조간격은 20kg/cm<sup>2</sup> 정도가 실용적이며, 자료의 수가 많을 때에는 분류되는 조간격의 수를 13~20개 정도로 하는 것이 바람직하다.

이러한 자료 분류는 표로 하는 것이 일반적이며, 시각적인 이해를 위하여서는 그림 표현을 병행하는 것이 좋다. 그림 표현에는 조 분류를 막대형으로 한 막대그래프가 많이 사용된다.

강도 평가의 실제 적용의 한 예로써,  $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$  압축강도의 콘크리트 배합설계에서 40개의 원주 표준공시체에 대한 압축강도 시험결과를 kg/cm<sup>2</sup> 단위로 하여 시험치 :

205	248	183	314	302	283	217	293	}	…(2)
262	325	337	275	294	287	304	323		
222	306	315	289	229	343	373	405		
334	347	389	365	318	255	352	329		
263	319	356	325	268	243	366	275		

와 같이 얻었을 때, 이 결과의 값들을  $w = 20\text{kg/cm}^2$ 의 간격으로 분류한 조빈도 분포는 [표 1]과 같으며, 막대그래프는 [그림 6]과 같다.



(그림 6) 예제의 압축강도 막대그래프

(표 1) 예제 압축강도의 조빈도 분포

i	조간격	중간치 $x_i$	빈도 $f_i$	$D_i$ ( $= \frac{x_i - x_0}{w}$ )	$f_i D_i$	$f_i D_i^2$
1	180-199	190	1	0	0	0
2	200-219	210	2	1	2	2
3	220-239	230	2	2	4	8
4	240-259	250	3	3	9	27
5	260-279	270	5	4	20	80
6	280-299	290	5	5	25	125
7	300-319	310	7	6	42	252
8	320-339	330	6	7	42	294
9	340-359	350	4	8	32	256
10	360-379	370	3	9	27	243
11	380-399	390	1	10	10	100
12	400-419	410	1	11	11	121
	합 계		40		224	1,508

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(3)$$

으로 계산되며, 일정한 조간격  $w$ 로 분류되어 있는 경우에는

$$\bar{x} = x_0 + \frac{w \sum f_i D_i}{\sum f_i} \dots\dots\dots(4)$$

의 약산식을 사용할 수 있다. 이 식에서  $x_0$ 는 평균값 계산을 위한 기준값이며,  $D_i$ 는 이 기준값과 개별 시험체 강도의 차를 조간격  $w$ 로 나눈 값이다. 앞의 예에서 평균값을 정산할 경우에는 식 (2)의 자료와 식 (3)으로부터

$$\bar{x} = \frac{205 + 248 + 183 + \dots + 275}{40}$$

$$= 301.0 \text{ kg/cm}^2$$

으로 계산된다. 조 분류된 자료를 사용하여 약산하는 경우에는 [표 1]과 식 (4)로부터  $x_0$ 를 첫 번째 조의 중간값  $190 \text{ kg/cm}^2$ 으로 하여

$$\bar{x} = 190 + \frac{20 \times 224}{40} = 302.0 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.3 강도 분포 특성

콘크리트의 강도 분포의 중심이 되는 평균값과 그로부터 분산 정도를 나타내는 표준편차 및 평균값과 표준편차의 상대적인 관계를 나타내는 변동계수로 특징지어진다.

강도의 평균값을 정하는 데 실용적으로 사용되는 산술평균치  $\bar{x}$ 는  $n$ 개의 시험체의 압축강도  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 에 대하여

으로 계산되며, 정산값에 대한 약산값의 오차는 이 예에서는 0.3 퍼센트이다.

평균값에 대하여 분산의 정도를 가장 일반적으로 나타내는 통계식은 표준편차이다. 시험 결과값들이 유한개인 경우 산술평균값  $\bar{x}$ 에 대한 표준편차는

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

조 분류에 의한 약산식은

$$s = w \sqrt{\frac{\sum f_i D_i^2 - (\sum f_i D_i)^2 / \sum f_i}{n-1}} \dots (6)$$

으로 주어진다.

위의 예에서 정산된 평균값  $\bar{x} = 301 \text{kg/cm}^2$ 에 대하여 식 (5)를 식 (2)의 자료에 적용하면 표준편차는

$$s = \{[(205-301)^2 + (248-301)^2 + \dots + (275-301)^2] / (40-1)\}^{1/2} = 51.5 \text{kg/cm}^2$$

약산된 평균값  $\bar{x} = 302 \text{kg/cm}^2$ 과 [표 1]에서 계산된 값들을 식 (6)에 적용하여 계산된 표준편차는

$$s = 20 \times \sqrt{\frac{1508 - (224)^2 / 40}{40 - 1}} = 51.0 \text{kg/cm}^2$$

으로, 두 표준편차의 오차는 1 퍼센트이다.

변동계수는 표준편차를 평균값으로 나눈 것을 퍼센트로 나타낸 수치로

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \times 100(\%)$$

으로 계산된다. 변동계수는 콘크리트강도의 품질관리를 나타내는 유용한 지표로서, 변동계수가 15퍼센트 정도면 보통 수준, 10퍼센

트 이하이면 우수한 품질관리이며, 20퍼센트를 넘는 경우에는 부실한 관리 상태를 나타낸다. 위의 예에서 변동계수는

$$v = \frac{51.5}{301} \times 100 = 17.1\%$$

으로, 보통 수준의 품질관리이나, 조금 불안스러운 상태를 보여주고 있다.

### 3.4 규준의 적용

콘크리트 압축강도 시험결과의 통계처리에서는 평균값과 표준편차에 의한 신뢰한계의 개념이 적용된다. 신뢰한계는 어느 범위에서 확률을 나타내는 한계로서, 정규분포 곡선에서 평균값  $\bar{x}$ 에 대칭으로 표준편차의 t배수, 즉  $\bar{x} \pm ts$  형태로 나타낼 수 있다. 평균치  $\bar{x}$ 에서 ts 만큼 떨어진 거리 내의 정규분포 면적은

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{ts} \exp(-t^2 / 2) dt \dots\dots\dots (7)$$

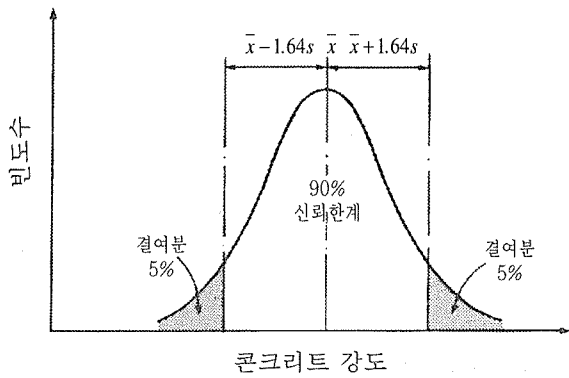
으로 계산되며, 계산 결과는 [표 2]와 같다. 따라서 신뢰한계  $\bar{x} \pm ts$ 의 면적비율은 임의의 t에 대하여 [표 2]에서 얻은 값  $\Phi(t)$ 를 이용하여

$$A = 2\Phi(t) \dots\dots\dots (8)$$

으로 쉽게 얻을 수 있다. 예를 들어 [그림 7]에서 t=1.64인 경우 [표 2]로부터 0.4495의 값을 얻으므로 이 값을 식 (8)에 대입하면

$$A = 2 \times 0.4495 = 0.899$$

즉 신뢰한계는 정규분포 면적의 90퍼센트가 되며 결여분은 평균치 전후로 각각 5퍼센



트가 된다.

압축시험의 결과 평가에서 모든 공시체의 압축강도가 규정된 설계기준강도 이상이 되도록 하는 것은 경제성이나 실용적인 면에서 무리한 일이 되기 때문에 확률적인 분석을 통하여 전체 공시체 압축강도에 대한 신뢰한계를 정하여 그 최소치가 설계기준 강도보다 크도록 한다. 이것을 식으로 나타내면

$$\bar{x} - t_s > f'c$$

(그림 7)  $\bar{x} \pm 1.64s$ 에서의 신뢰한계 정규분포 면적

[표 2]  $\Phi(t)$ 의 값

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952



이 되며, 이로부터

$$\bar{x} > f'_c + ts \dots\dots\dots (9)$$

평가 기준식을 얻게 된다. 「극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산규준」에서는 이러한 개념에 바탕을 두고 콘크리트 배합 선택의 기초로 사용되는 소요 평균 압축강도  $f'_{cr}$ 을

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (10)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (11)$$

으로 규정하고 있다. 따라서 공시체 압축시험 결과의 평균값  $\bar{x}$ 가 주어진 표준편차  $s$ 에서 식 (10) 및 (11)로 계산되는  $f'_{cr}$ 보다 크면 그 배합설계의 강도는 적합한 것으로 판정된다. 식 (10)의  $1.34s$ 에 대한  $\phi(t)$ 의 값은 [표 2]에서 0.4099이므로 신뢰한계의 분포면적비는

$$A = 2 \times 0.4099 = 0.8198$$

즉 82퍼센트이며, 결여분은 9퍼센트이므로, 예를 들어 40개의 공시체에 대한 압축강도 시험을 하였을 때

$$0.09 \times 40 = 3.6$$

즉 3개나 4개의 공시체 압축강도만 설계기준강도에 미달하고 나머지 공시체의 압축강도는 모두 설계기준강도보다 커야 하는 것을 뜻한다. 앞의 식 (2)에 열거된 강도시험 결과에서 설계기준강도  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 에 대하여 표준편차는  $51.5 \text{ kg/cm}^2$ 이므로 식 (10)과

(11)에 의한 소요 평균 압축강도는 각각

$$f'_{cr} = 210 + 1.34 \times 51.5 = 279.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 210 + 2.33 \times 51.5 - 35 = 295.0 \text{ kg/cm}^2$$

으로 계산되며, 평균치  $\bar{x} = 301 \text{ kg/cm}^2$ 으로 이들 값보다 크므로 식 (2)의 실험결과에 의한 강도는 설계기준강도에 적합한 것으로 받아들여진다.

#### 4. 맺음말

구조재로서 콘크리트의 성능은 압축강도에 의하여 평가된다. 축압력에 대하여서는 전단 저항이나 탄성계수 등도 압축강도의 함수가 되기 때문에 압축강도 시험과 결과의 평가는 콘크리트 업무에 종사하는 모든 사람들이 우선적으로 숙지하여야 할 일로 판단된다. 최근에는 거의 모든 건설 현장에서 콘크리트 압축강도 시험 및 자료 관리를 전담하는 전문기사를 두고 현장에 반입되는 레디 믹스트 콘크리트에 대하여 규정에 따라 시료를 채취하고 공시체를 만들어 압축강도를 측정 후, 자료를 정리하여 관리하는 일련의 작업들이 이루어지고 있는 것은 매우 고무적인 현상이며, 우리나라 콘크리트 업계의 품질관리가 정상적인 궤도에 진입했음을 알려주는 일이다. 여기에 쓰여 있는 글은 많은 사람들이 알고 있는 것이기는 하나, 개념과 수치가 나타내는 바를 밝혀 콘크리트 압축강도 시험과 결과의 평가 방법을 보다 명확히 알리려는 의도로 집필한 것으로, 레디 믹스트 콘크리트 및 관련 업계에서 일하는 여러 사람들에게 조그마한 도움이 되었으면 하는 바램이다.