

실존 콘크리트 구조물의 강도 추정에 관한 연구(I)

— 강도의 측정 시험법을 중심으로 —

권 영 응

<인천대 부교수 공학박사>

1. 서 언

콘크리트의 강도는 콘크리트의 품질과 특성을 보여주는 얼굴 역할을 하기 때문에, 이는 콘크리트 공학에 있어서 전통적으로 가장 영향력 있는 파라미터로 취급되고 있다.

한편, 실제로 시공중이거나 사용되고 있는 구조물에 있어서도 구조체의 사용성이나 안정성에 대하여 우려가 생기게 될 경우에도 해석적 방법이나 재하시험을 통하여 구조적인 강도 평가를 내리기에 앞서 구조체의 콘크리트 강도를 구하는 것은 선행작업으로 널리 행해지고 있다.

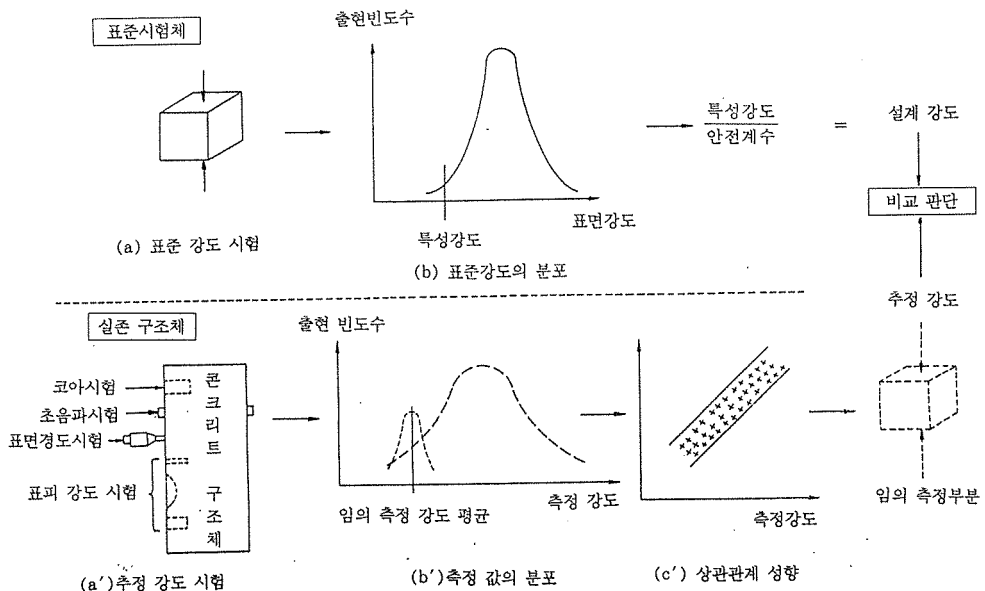


그림 1. 설계강도와 추정강도의 비교

지금까지 많은 콘크리트 학자들은 실존 콘크리트 구조물로부터 그 강도를 구하려는 노력을 끊임없이 하여 왔으며 이는 콘크리트 공학의 발전과 더불어 계측기술과 통계학 및 표준화의 도움으로 구조체에 사실에 가까운 정도로 추정하기에 이르렀다.

특히 본 연구에서는 실존하는 콘크리트 구조체(existing building)로 부터 콘크리트의 강도를 얻기 위해 행해지는 시험법을 여러 시방서와 매뉴얼을 참조, 간단히 소개함으로써 현장 종사자들에게 이해를 시키는 물론, 콘크리트 소재 구조물의 품질 평가에 다소나마 보탬이 되고자 한다. 본문에서 소개되는 시험법은 그림1과 같이 내부(코어)강도, 표피강도 및 표면경도 시험법(슈미트 햄머 시험법)을 중심으로 전개하려 한다.

2. 콘크리트의 강도 추정 시험

2. 1. 콘크리트 코어의 채취와 시험

가. 철근 탐사 시험

(1) 개요

매몰된 철근을 탐사하는데에는 매몰 철근 탐지기를 사용한다. 이것은 콘크리트 보강재의 위치, 방향, 매립 깊이, 크기 등을 측정할 수 있으며, 철근 크기 측정의 정확도는 ±10%의 오차를 보인다.

(2) 밸런싱(balancing)

철근 탐사기기는 매우 정밀한 기기로서, 82-85Hz의 전파에 의해 간섭을 받으므로 근처의 작동중인 다른 기기와는 적어도 4.5m이상 거리를 유지하여야 한다. 처음 스위치를 켜후 30초간의 워밍업 시간을 가진후 기기를 40-50초 시간 동안 밸런싱을 실시한다. 이때 탐지봉은 금속으로 부터 적어도 30cm이상 간격을 유지해야 한다.

(3) 골재 보정

이것은 특정 콘크리트내에서 시멘트 속의 자성 골재 특성을 보정하기 위한 것으로 먼저 75mm내에서 콘크리트 조각에 탐침봉을 접촉시켜 골재 보정을 실시할 수 있다.

(4) 철근의 위치 탐지

색깔로 표시되는 발광 다이오드를 통한 탐침이 자성 물질과 비자성 물질의 존재를 알려준다. 탐침이 자성 물체 근처에 있게 되면 다이오드는 색으로 변하며 비금속 물체일 때는 적색이 된다. 한편 철근의 위치를 파악하는데는 음향 위치 출력을 통해서도 알 수 있다. 탐침을 정확히 밸런싱하고 콘크리트 표면에 탐침을 움직이게 되면 지속적인 작은 소리에서 소리가 점점 크게 되어 가장 큰 위치를 얻을 수 있는데 이때의 센서 위치로부터 철근의 위치를 발견할 수 있다.

나. 코아의 채취

(1) 개요

강도 측정 시험체를 준비하는데 쓰이는 경화 콘크리트의 샘플링은 모르타르와 골재 사이의 부착이 방해받지 않으면서 샘플을 채취할 수 있을 정도로 경화된 콘크리트여야 한다. 일반적으로 시험체 채취는 재령 14일 이상이어야 하며, 경화된 콘크리트에서 시험체를 준비할 때 특이한 결함이 있거나 채취 과정에서 크게 손상을 입은 것은 시험하지 않는다.

철근이 묻힌 시험체는 할렬인장 강도를 구할 때는 사용할 수 없으며, 휨강도를 구하는 시험체의 경우에도 시험체의 인장력을 받는 부분에 철근이 묻혀 있으면 안된다. 철근이 묻혀 있으면 압축강도의 분포가 달리 나타날 수 있는데 이때 가능하면 시험체의 길이/직경(L/D)의 비가 1.0이상이면 철근을 제거하는 편이 좋다.

(2) 코어 드릴링

표면에서 하향 직각으로 코어를 잘라낼 때에는 원래 타설된 콘크리트 본체와 코어의 축이 직각이 되도록 하고, 접합부나 가장자리에 가까운 위치는 되도록 피해야 한다. 세로면에 직각이나 흠이 있는 표면으로 부터 직각으로 코어를 채취할 때에는 가능하면 콘크리트 몸체의 중앙에서 채취하도록하고 접합부나 가장자리는 피해야 한다.

(3) 시험체의 채취

필요한 치수에 맞게 충분히 큰 시험체를 채취하며 이때 균열, 갈라진 틈, 언더컷, 손상 부위가 없도록 주의해야 한다.

다. 코어 시험체의 길이

코어 시험체의 길이를 결정하기 위해서는 최소 10cm의 직경이 필요하다. 그리고 길이 측정 과정은 KS F2412-80에 따른다.

라. 압축 강도

(1) 시험체

압축강도를 결정하기 위한 시험체의 직경은 콘크리트에 사용된 최대 골재 치수의 3배 이상이어야 하며, 부득이한 경우에 최소 2배 이상까지 허용한다. 캡핑전 시험체의 길이가 그 지름의 95% 미만($H/D < 0.95$)이거나 캡핑후 그 지름보다 낮은 높이를 갖는 시험체는 사용할 수 없다.

(2) 단부마감

압축 시험할 시험체의 단부는 반드시 매끈해야하고 수평을 유지해야하며, 공기체의 몸체와 같은 직경을 갖도록해야 한다. 필요하다면 이 조건을 만족시키도록 캡핑하거나 그라인더로 마감질을 한다.

(3) 돌출부(Projection)

만약 돌출부가 있다면 단부 표면에서 5mm를 넘지 않아야 한다.

(4) 단부 표면은 수평에서 5°이내에 들도록 처리해야 한다.

(5) 단부 표면의 직경은 전체 평균 직경과 2.5mm 이하의 차를 갖도록 한다.

(6) 건조·습윤 상태

만일 구조물에서의 콘크리트의 사용상태가 건조된 경우라면 코아는 시험전 7일 동안 공기로 건조시킨 후(온도 15~27°C, 상대습도 60% 이하)기건 상태에서 시험하여야 한다. 그러나 만약 구조물 콘크리트의 사용 상태가 습윤 상태인 경우라면 압축 시험 바로전에 $23.0 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 되는 석회수(lime-saturated)물에 40시간 동안 시험체를 담근다. 시험체를 물에서 꺼낸 후 신속하게 시험한다. 물에서 꺼낸후 시험하기 전까지 시험체는 젖은 담요나 그 밖의 천등으로 덮어서 습윤을 유지한다.

(7) 캡핑

압축 시험에 앞서서 시험체의 양쪽 끝 표면을 모르타르나 유황 및 그 라인딩 등으로 캡핑 처리한다. 캡핑된 시험체의 표면은 반드시 일정한 편평도(plainness)를 유지해야 한다.

(8) 측정

시험에 앞서 캡핑한 시험체의 길이를 2.5mm 단위까지 측정하여 길이/직경비를 계산할 때 사용한다. 평균직경은 시험체의 중간 높이 정도에서 서로 직각이 되는 두 곳을 측정하여 평균한다. 코아의 지름은 가능한한 0.25mm까지 측정하되 최소한 2.5mm까지는 측정해야 한다.

(9) 압축 강도 시험

KS F2405-79의 규정에 따라 압축강도를

시험한다.

(10) 압축 강도의 계산

시험체의 평균 직경으로 전체 표면적을 계산하여 각 시험체의 압축 강도를 계산한다. 시험체의 L/D비가 2보다 현저히 적으면 도표 1과 같은 보정계수를 압축 강도에 곱하여 사용한다.

표-1 코아 시험체의 길이/직경 보정계수

L/D	보 정 계 수		
	KS F2422	ASTM C42-77	BS 1881 : 1970
2.00	1.00	1.00	1.00
1.75	0.98	0.98	0.98
1.50	0.96	0.96	0.96
1.25	0.93	0.93	0.94
1.00	0.89	0.87	0.92

이 보정계수는 1600-1920kg/m³되는 경량 콘크리트와 보통 콘크리트에 적용한다. 재하시 습윤이나 건조한 콘크리트 모두에 적용할 수 있으며 표에 주어지지 않은 값에 대하여는 보간법으로 구한다. 보정계수는 150-400kg/cm²의 압축 강도를 갖는 보통 콘크리트에 적용할 수 있고 강도나 탄성 계수등 여러가지 조건에 따라 다르다. 표에는 평균값이 주어져 있다.

(11) 보고서

코아강도 시험을 나타내는 보고서는 다음과 같은 실험 수준을 기재하여 작성한다.

- 1) 시편 번호(ID-Number)
- 2) 공시체의 길이와 직경(H/D)
- 3) 공시체의 단면적(A)
- 4) 공시체에 가해진 최대 하중(P_c)
- 5) 코아 강도(δ_c)
- 6) 파괴 유형
- 7) 결함
- 8) 재령
- 9) 채핑 전후의 시험체 길이

10) 시험체 지름을 0.25mm까지 측정하였을때는 압축강도는 69kPa까지, 0.25mm까지 경우는 345kPa까지, L/D비에 따라 보정이 필요한 경우는 수정한 후에 기록한다.

- 11) 콘크리트 타설 방향을 기준으로한 재하 방향
- 12) 시험때의 습윤상태
- 13) 콘크리트의 최대 골재 치수

2. 2. 초음파 시험법

가. 개요

초음파가 고체를 통과하는 속도는 대상 물질의 밀도와 탄성적 성질에 따라 좌우된다. 이런 원리를 이용한 초음파 시험기를 가지고 콘크리트에 적용하여 콘크리트의 균질성, 공극, 균열, 결함의 발견, 시멘트에 따른 콘크리트의 변화, 즉 시멘트의 수화작용, 화재, 동해, 화학 반응, 강도에 관련한 콘크리트의 제성질을 파악할 수 있다.

나. 시험 표면과의 커플링(coupling)

정확한 통과 시간을 측정하기 위해서는 시험체 표면과 센서(transducer)간의 면을 충분히 밀착 시켜야 한다. 이때 일반적으로 밀착을 돕기 위해 그리이스유를 사용하며, 거친 표면에는 플라스터나 몰탈, 에폭시등을 사용하고, 이때 표면이 젖어 있으면 커플링 손실을 줄일 수 있다. 통과시간이 다른 시험체가 ±1% 오차내에 있으면 정상적인 커플링인 것으로 간주한다.

다. 시험 방법

초음파를 이용하여 재료의 성질을 파악하기 위해서는 고도의 정밀을 요한다. 따라서 시험대상 재료에 적합한 펄스를 사용할 수 있도록 기기를 조절하여 통과 시간과 통과한 거리를 측정한다. 이때 펄스 속도의 미소차이가 콘크리트내에서는 큰 변화를 의미하므로 각각의 오차는 ±1%의 한계를 갖도록 한다. 펄스 속

도는 다음식으로 계산한다.

$$\text{펄스 속도}(V) = \frac{\text{통과 거리}(L)}{\text{통과 시간}(T)}$$

시험 방법 중에는 센서의 위치에 따라 직접법, 간접법, 반직접법 등이 있으나 직접법(V_D)이 가장 바람직하며 간접법(V_I)을 사용한 경우 그 관계는 $V_D=1.05V_I$ 가 된다.

라. 시험 조건의 영향

펄스 속도는 다음과 같은 요인에 의해 영향을 받는다.

(1) 통과 거리(path length) - 최대 골재 치수가 20mm일 때 통과 거리가 100mm 이상이거나, 최대 골재 치수 40mm일 때 통과 거리 150mm 이상이면 통과 거리의 영향은 무시할 수 있다.

(2) 시험체의 단면 치수 - 파장의 크기와 관련하여 54 KHz 일 때 최소 80mm를 갖도록 한다.

(3) 철근의 유무 - 강재(철근)에서는 콘크리트 보다 진동 속도가 빨라지게 되지만, 철근의 양이 통과 거리에 비해 적거나 펄스 경로(pulse path)에 직각 방향으로 철근이 있으면 그 영향은 무시할 수 있다. 가능하면 철근의 영향을 피할 수 있는 경로를 선택하도록 한다.

(4) 콘크리트 수분의 함유량 - 수분 함유량이 높을수록 펄스 속도는 증가하며 건조 상태보다 포화상태에서 약 2% 가량 높고 고강도일수록 이런 경향은 감소한다.

표 2. 슈미트 햄머에 의한 강도 제안식

제안자	제안식	실험수준
横濑 义	$F_c = -184 + 13R$	보정계수를 0.62로 해도 제안식의 강도가 많이 나옴. 31년경과교량
小坂 谷川 义	$F_c = 20.5R - 281$ (습윤) $F_c = 22.9R - 432$ (건조)	$F_c = 100 \sim 400 \text{kg/cm}^2$

佐治의	$F_c = a(13R - 184)$	$a = 0.63$
梧原의	$F_c = 10R - 110$	알루미나 시멘트
大場, 秋田 외의 동경도건축 제	료 검사소의 판정식을	$F = 200 \sim 320 \text{kg/cm}^2$
이용		재령 7일, 14일
明石 外	$F_b = 1.2R + 0.0049R^2$ $F_c = -0.27R + 0.29R^2$	남극 현지실험 보공시체, 재령 7일 28일 F_b : 휨강도 F_c : 압축강도 F_b, F_c 모두에 있어서 제안식의 강도가 많이 나옴.
豊의	$F_c = 11.7R - 237$ (강관외강도) $F_c = 12.9R - 338$ (강관내의강도)	재령 : 1개월 몰타르 사용 $\phi 60 \times 120 \text{cm}$ 강관사용 $F_c = 1400 \sim 720 \text{psi}$ $R = 15 \sim 40$
落田의	$F_I = -441 + 23.4R_I$ (단타) $F_{I0} = -2054 + 46R_{I0}$ (연타) $F_{I0-1} = 1236 - 47.4(R_{I0} - R_I)$	습기양생, 재령 28일 $F_c \geq 210 \text{kg/cm}^2$ 연타식 : 재령이 큰 콘크리트에도 적용가 연타와 단타차의식 : 얇은 판에도 적용가
坂의	$F_c = -184 + 13R$	재령 : 7~35일 추정오차 : $F_c = 100 \text{kg/cm}^2$ 에서 30% $F_c = 500 \text{kg/cm}^2$ 에서 60%
伴의	$F_c = 1.76R^{1.49}$ (F_w : 입방체강도)	표준편차 25kg/cm ²
木村 坂의	$F_c = -57 + 6.95R + 0.005R^2$ $F_c = -249 + 13R$	坂式보다 강도가 적게 나옴 재령 7일, 28일, 동일조건외의 輕量 콘크리트, 동일 R에서 15kg/cm ² 적게 나옴.
일본재료 학회강도 판정위원회 太陽의	$F_c = -112.5 + 644R$ (수평) $F_c = -166.7 + 7.39R$ (수직) $F_c = 0.36R^2 - 1.07R - 40.6$	재령 3일~1년 P형 지강도 콘크리트용 일반형 : $F_c = 13R_0 - 184$ $W/C = 40 \sim 90\%$ 재령 : 7일, 28일 표준공시체, 입방체
일본 건축학회	$F_c = 7.3R + 100$ (보통) $F_c = 10.1R + 2$ (경량)	재령 : 7일~1년 $W/C = 50 \sim 70\%$ (보통, N형) $W/C = 50 \sim 65\%$ (경량, L형)

표 3. 콘크리트의 재령과 재령 계수(α_n)

재령	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.23	1.25	1.22
재령	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	32日	34日	36日
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
재령	38日	40日	42日	44日	46日	48日	50日	52日	54日	56日	58日	60日	62日	64日	66日
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
재령	68日	70日	72日	74日	76日	78日	80日	82日	84日	86日	88日	90日	100日	125日	150日
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
재령	175日	200日	250日	300日	400日	500日	750日	1000日	2000日	3000日					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

2. 3. 슈미트 햄머 시험법

가. 개요

슈미트 햄머에 의한 콘크리트의 강도는 표면 경도(surface hardness)에 근거하는 것으로서, 타격 방향(각도), 타격 횟수, 타격 위치(부재), 콘크리트의 재령, 콘크리트의 흡수 정도, 단위 시멘트량, 골재의 종류, 표면의 상태, 탄산화의 정도, 콘크리트의 양생, 콘크리트의 충전정도, 콘크리트의 체적, 부재의 세장성과 지지조건, 시험 콘크리트의 응력 상태, 사용기기와 콘크리트의 온도 및 햄머의 검정(calibration)등에 따라 각각 달리 나타나고 있는 데 이를 주요 영향별로 살펴보면 다음과 같다.

나. 타격 방향(각도)의 영향

슈미트 햄머에 의한 타격 방향은 수평 타격($\alpha=0^\circ$)을 원칙으로 하여 수직 하향($\alpha=-90^\circ$), 수직 상향($\alpha=+90^\circ$), 경사 하향($\alpha=-45^\circ$), 경사 상향($\alpha=+45^\circ$) 및 경사 정도에 따라 식 (1)로 보정한다.

$$R_0 = R + \Delta R$$

이때 R_0 , R , ΔR 은 각각 수정 반발 경도, 측정 반발 경도 및 타격 각도에 의한 보정 반발 경도이다.

2. 4. 감마선 시험

감마선에 의해서 콘크리트의 강도를 측정하는 것은 아직까지도 그 신뢰성에 있어서 적절하지 못한 것으로 생각된다. 그러나 이 방법은 밀도차이나 철근의 위치, 덕트의 그라우트 효율성에 대해서는 유용한 정보를 제공해 준다. 이 조사방법은 강도평가에서 권장되고 있지 않으므로 더 자세한 사항은 본 연구에서 제외하였다.

2. 5. 표피 시험(Near-to-surface test)

최근에는 콘크리트 구조체로 부터 표피 강도를 측정하는 방법이 많이 개발되고 있다. 그러나 이러한 표피시험은 많은 부재에 대해서 거시적으로 조심스럽게 다루어져야 하며, 또한 초기 배합시의 충전에 기인하는 경질 표피의 상황도 고려해야 할 것이다.

가. 인발시험(pull-out test)

(1) 콘크리트 속에 단부가 펼쳐진 특수 장치를 매설케하고 이를 인발해내는데 필요한 힘을 측정하는 시험법이다.

(2) 경화 콘크리트에 뚫은 구멍속에 기기를 확장하는 스플리트슬리브(spilt-sleeve)

나 에폭시수지로 설치된 볼트를 인발하는데 필요한 힘을 측정하는 시험법이다.

나. 절단시험(Break-off test)

콘크리트 표면에 평행하고 일정한 거리 떨어진 고리모양의 단면에서 휨강도를 구하는 직접 시험법이다.

다. 관입시험(Penetration test)

경화 합금 탐침을 콘크리트 표면에 발사시킬때, 이때 표면을 관통할 때 생기는 저항정도를 측정하는 시험법이다.

2. 6. 내부파괴시험 (Internal fracture test)

가. 일반사항

이 시험방법은 1976년에 도입되어서 오늘날까지 시행되는 시험법으로서 실제 데이터는 많은 편이 아니다. 가끔 이 시험법은 '인발시험'이라 불리어나 2. 5.가 항의 시험과는 다르다. 내부파괴시험은 콘크리트 부재의 표면 또는 표피에 대한 정보(강도)를 제공한다.

나. 시험위치의 선정

시험은 콘크리트 표면에서 직경 6mm, 깊이 30-35mm의 구멍을 뚫는다. 시험방법은 가로 약 50mm정도되는 표면에 얇은 구멍을 남기면서 콘크리트를 부술수 있어야 한다. 그러므로, 시험하는 곳의 위치는 표면이 손상되도록 적절히 계획되어야 한다. 구멍은 모서리 또는 불연속위치의 50mm이내, 또는 다른 시험위치에서 100mm이내, 또는 피복이 25mm 이내이면 철근에서 25mm이내의 표면의 어떠한 점에도 구멍을 뚫어서는 안된다.

시험 결과와 콘크리트 강도 사이의 상호관계는 콘크리트의 압축변형도에 영향을 주기 때문에 압축능력이 적은 부분에서 시험하는 것이 좋다. 선정된 시험 위치는 시험을 행하는데 접근이 용이하고 충분한 시험공간을 확

보할 수 있어야 한다.

다. 시험의 수

한 위치에서 평균값을 계산하기 위해서 6번의 유용한 내부파괴시험이 필요하다. 6번의 시험의 평균값은 95%의 신뢰성으로 $\pm 30\%$ 범위내에서 정확하다.

라. 시험법

시험법은 해당 설명서의 권고사항을 정확하게 따라야하며, 각 시험결과는 토크메타에 지시된 최대값으로 기록해야 한다.

2. 7. 복합 비파괴 시험법 (combined non-destructive method)

복합 비파괴 시험법이란 둘 혹은 그 이상의 비파괴 시험결과를 조합하여 강도 값을 추정하기위한 인위적 시험기법이다.

이때 구성되는 기본 파라미터로는 펄스 속도(pulsevelocits), 반발도(rebound index), 인발력(pull-out force), 공명진동수(resonance frequency), 감마선(γ -ray attenuation), 매추리티(maturity), 인덴테이션(indentation)등으로 구하고자 하는 대상의 특성에 따라 다음과 같이 2중 혹은 3중 시험법으로 분류된다.

가. 이중 복합법(double combined method)

이중 복합법이란 2가지의 단순 비파괴 시험법을 조합하는 경우로서 다음과 같다. 보통 (1)의 경우가 70%이상 채택된다.

- (1) 펄스속도+반발도
- (2) 펄스속도+인덴테이션
- (3) 펄스속도+인발력
- (4) 펄스속도+공명 진동수
- (5) 펄스속도+초음파의 감쇠치
- (6) 펄스속도+감마선 감쇠치
- (7) 펄스속도(길이방향)+펄스속도

(중방향)

- (8) 반발도+인덴테이션
- (9) 반발도+인발력
- (10) 반발도+매츄리티

나. 다중 복합법 (multiple combination)

- (1) 펄스속도+반발도+인발력
- (2) 펄스속도+반발도+초음파 펄스의 감쇠치

다중 복합법은 2중 복합법보다 많이 쓰이지는 않지만 조합 방법이 꾸준히 개선되고 있다.

3. 각종 시험법의 특성

3. 1. 신뢰에 따른 각 시험법의 직·간접성에 대하여

콘크리트의 강도가 전체 구조물이나 특정 부재의 강도를 대신할 수 있는나하는 문제는 논란의 여지가 많다.

표 4에서 보면, 실린더나 큐브강도에 따른 모듈드에 의한 강도시험은 표준 강도로서 콘크리트 재료의 평가에 있어서 기저(base)가 되나, 이가 바로 전체 구조물의 성격을 대변하는 데에는 한계가 있음을 알 수 있다.

그러나 이러한 간접성에도 불구하고 모듈드 시험 결과는 여러가지 공학적 판단(변환)에 의하여 적어도 현장 강도로서 추정이 가능하

리라고 본다.

비파괴 시험법은 적어도 현장에서의 실존 건물의 강도를 추정하는 한 방편으로 사용될 수 있으며, 코아에 의한 강도 시험은 대체적으로 콘크리트 강도나 구조체의 강도를 평가하는 바로미터(barometer)로서 대체될 수 있음이 시사되고 있다. 그러나, 이때 코아 강도 값에 영향을 주는 많은 변수들은 고려되지 않으면 안된다.

한편, 구조체에 대한 재하 시험은 구조체의 사용 강도나 극한 강도를 평가하는데 있어서 가장 직접적 신뢰성을 가져다 준다. 또한 이 방법을 통해서 현장 콘크리트의 강도를 역으로 추정할 수도 있다.

3. 2. 시험법의 상대적 장·단점에 대해서

콘크리트 강도 시험을 행함에 있어서 아무리 신뢰성이 높은 시험법일지라도 시험속도나 시험법의 편이도 및 경제성이 뒤따르지 못하면 그 시험법을 채택하는 데에는 한계가 있게 마련이다. 더우기 시험법의 직접성을 높이기 위하다 보면, 실존 구조체가 상대적으로 손상을 입음도 고려해야 한다. 표 3은 여러 시험법에 대해 신뢰도, 시험속도, 난이도, 경제성 및 구조물의 손상 등을 상대적으로 비교하여 나타낸 것이다.

표 2-콘크리트 시험법의 직·간접 신뢰표

강도수준		시 험 법				
		콘 크 리 트			구 조 체(부 재)	
		모듈드 시험	비파괴시험	코아시험	재하시험	극한 재하시험
콘크리트	표준 강도	0	XX	X	XX	XX
	현장 강도	X	X	△	X	X
구조체 (부재)	사용 강도	XX	XX	X	0	0
	극한 강도	XX	XX	X	X	0

0: 직접 △: 반간접 X: 간접 XX: 부정확

표 3-콘크리트 시험법의 상대적 장점과 단점

측정범위	시 험	신뢰도	시험속도	난이도	경제성	구조물의 손상	
내 부	코 아 시 험	****	**	**	*	*	
	초음파 시험	**	***	***	***	****	
	감마선 시험	—	—	—	—	—	
표 피	내부파괴시험						
	인 발 시 험	현재 개발 중임(자료 부족)					
	절 단 시 험						
	관 입 시 험						
표 면	경 도 시 험	*	***	****	****	****	

별표(*)가 많을수록 유리함을 나타낸다.

3. 1에서 언급한 신뢰성에 비추어 볼 때 상대적 결함이 나타나고 있는데 예를 들면, 코 아 강도 시험은 신뢰성이 높는데 비하여 시험 속도나 편이성, 경제성, 구조물의 손상 등, 실제적 측면에서 불리하며, 반면에 표면강도 시험은 신뢰성은 떨어지나 시험속도나 난이도, 경제성 및 구조물에 대한 손상등의 측면에서는 매우 유리하다.

4. 결 언

실존 구조물에 있어서의 콘크리트의 실제강도를 추정해야할 필요성은 표준강도의 유지라든가 외부 환경에 의한 강도 열화 등으로 해서 매우 절실해지고 있다.

본 연구에서는 가장 최신의 시방서와 매뉴얼을 통해서 행해지고 있는 콘크리트 강도 추정을 위한 여러 시험법을 소개하였으며, 나아가 그 시험법이 가지고 있는 신뢰 특성이나 상대적 장·단점을 기술하였다.

현장에서의 모든 엔지니어들은 품질 평가의 중요성을 인식하고 그를 위해 노력해야 할 것이며 특히 구조 안전 조사등에 있어서의 강도 평가는 보다 과학적인 선에서 이루어져야 할 것이다.

아울러 정책적으로는 가령 재료품질 관리사라든가 시방서의 제정등에도 노력을 경주해야

될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. KSF 2403-80, 시험실에서 콘크리트의 압축강도 및 휨강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법
2. KSF 2404-76, 현장에서 콘크리트의 압축강도 및 휨강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법
3. KSF 2405-79, 콘크리트의 압축강도 시험방법
4. KSF 2412-80, 도려낸 콘크리트 코아의 길이 측정 방법
5. KSF 2418-73, 콘크리트 중의 펄스 속도 시험방법
6. KSF 2422-81, 콘크리트에서 절취한 코아 및 보의 강도 시험방법
7. 건설부, 건축 공사 표준 시방서(KASS 5T-601, 602, 1985)
8. ACI 214-77, RECOMMENDED PRACTICE FOR EVALUATION OF STRENGTH TEST RESULTS OF CONCRETE
9. ACI 228. 1R-89, IN-PLACE METHODS FOR DETERMINATION OF STRENGTH OF CONCRETE

10. ACI 318-89, BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE
11. BS 6089 : 1981, GUIDE TO ASSESSMENT OF CONCRETE STRENGTH IN EXISTING STRUCTURES
12. BS 4408 PART 4, 1971. RECOMMENDATIONS FOR NON-DESTRUCTIVE METHODS OF TEST FOR CONCRETE, SURFACE HARDNESS METHODS
13. DIN 1048, PART 2. TEST METHODS FOR CONCRETE
14. ASTM 42-77, OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
15. RILEM, RECOMMENDATION FOR TESTING CONCRETE BY HARDESS METHODS
16. A.M. NEBILLE, PROPERTIES OF CONCRETE 3RD ED., PITMAN, 1981.
17. 龜倉 精機 株式會社, 콘크리트 햄머 $\alpha-650x$, $\alpha-750x$ 취급 설명서, 일본
18. 일본 재료 시험 협회, 슈미트 햄머에 대한 실시 콘크리트의 압축강도 판정 방법 지침(안), 재료시험 7권 59호, 소화 33년, 8월.
19. 일본 건축학회, 콘크리트 강도 추정을 위한 비파괴 시험방법 매뉴얼, 소화 58년, 1월.

投稿를 환영합니다

「레미콘」誌는 讀者 여러분을 筆者로 招待합니다. 많은 投稿로서 本誌를 빛내주시기 바랍니다.

內 容

1. 레미콘工業 및 관련分野의 品質·技術研究
 2. 經濟, 經營 및 法律關係論文
 3. 國內外業界消息, 動靜, 提言 등
 4. 海外技術情報 및 論文翻譯
- 原稿枚數
200字 原稿紙로 自由
 - 原稿提出日
隨 時
 - 其 他
關聯寫眞, 圖表同封要望
掲載된 原稿는 協會所定の 稿料支給.
 - 提出處
韓國레미콘工業協會 企劃課