

# 양생조건에 따른 콘크리트 강도 특성에 관한 실험적 연구

## A Experimental Study on the Properties of Concrete Strength According to Curing Condition

정 원 섭\*  
Joung, Won Seoup

김 강 식\*\*  
Kim, Kang Sik

박 재 우\*\*\*  
Park, Jae Woo

노 재 명\*\*\*\*  
Noh, Jea Myoung

---

### ABSTRACT

Our country has experienced variations in temperature as belong to the area of the continental climate that shows four significant seasons. These occur immense difficulty on the period, cost, quality of construction. As the hydration of cement processes, the strength of concrete is developed. In order to improve the quality of concrete, various conditions including temperature and humidity should be maintained appropriately and concrete itself should be cured sufficiently. In the early age, the strength of concrete is developed remarkably. However, the hydration is accelerated too much in high temperature or delayed too much in low temperature, so the quality can be changed and It can fail to get the objective strength. This paper aims to offer the data, necessary to the quality control handbook.

---

### 1. 서 론

우리나라는 4계절의 변화가 뚜렷한 대륙성 기후지역에 속해 있으며, 이러한 기후 변화는 구조물의 건설에 있어서 공사기간, 공사비용 및 품질경영 등에 적지 않은 영향을 미치고 있다. 건설공사의 주재료로 사용되고 있는 콘크리트는 시멘트의 수화반응에 의하여 강도가 발현되며 양생 온도의 영향을 크게 받는다. 그러므로 강도 증진이 현저하게 나타나는 초기의 품질관리상태에 따라 향후 구조물의 안전 및 내구성에 큰 영향을 받게 되는데, 양생조건이 고온 상태인 경우 지나친 촉진으로 인한 품질변화가 발생할 수 있고 저온 상태인 경우 반응지연으로 인하여 목표 강도에 도달하지 못하는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 초기 품질확보를 위해서는 콘크리트 제조, 시공 및 양생시 규정 준수가 절대적으로 필요하고 균질하고 양호한 콘크리트의 강도 발현을 위해서는 적정 온도 및 습도 조건을 만족해야 한다. 본 논문은 양생조건, 공시체 크기 및 재령을 변수로 하여 양생 환경조건에 따른 콘크리트의 특성을 비교·분석함으로써 콘크리트 타설시 소요의 품질관리 수립 방안에 필요한 자료를 제공하기 위하여 수행되었다.

---

\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원 선임보연구원

\*\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

\*\*\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원 일반연구원

\*\*\*\* 정회원, 한국전력공사 전력연구원 일반연구원

## 2. 실험개요

### 2.1 시험 계획

본 시험에서 콘크리트 공시체는 원전구조물 콘크리트 재령 42일차의 설계기준강도 385 kg/cm<sup>2</sup>을 목표 강도로 설계하고 콘크리트를 배치플랜트에서 생산하였다. 공시체 크기는  $\phi 100 \times 200$ mm 및  $\phi 150 \times 300$  mm의 2종류로 나누었으며, 양생은 각 재령시점까지 실내 습윤양생과 우수 및 햇빛을 차단한 자연상태의 현장양생의 2가지 조건으로 나누었다. 강도시험은 재령 7일, 14일, 28일, 35일, 42일, 62일의 강도 및 공시체 크기별 강도를 비교·분석하였다. 강도 시험용 공시체 제작 수량은 표 1과 같으며, 압축강도 시험기, 실내 습윤양생실을 사진 1, 2에 나타내었다.

표 1 공시체 제작 수량

구 분	습윤양생		현장양생		계
	$\phi 100 \times H200$	$\phi 150 \times H300$	$\phi 100 \times H200$	$\phi 150 \times H300$	
규격(mm)					-
수량(ea)	30	30	30	30	120

### 2.2 사용재료 특성

시멘트는 S사 제품으로 보통 포틀랜드시멘트(1종 시멘트)를 사용하였으며, 굵은 골재는 대전 인근 골재 채석장의 25 mm 부순 자갈을 사용하였고, 잔골재는 금강 지천에서 채취한 강모래를 사용하였다. 콘크리트 재료의 물성 시험 결과는 표 2와 같다.

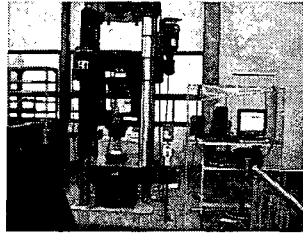


사진 1 압축강도 시험기

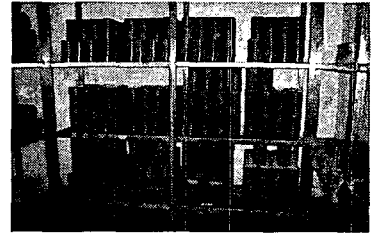


사진 2 콘크리트 시편 습윤 양생

### 2.3 콘크리트 배합설계

콘크리트 배합설계는 원전구조물에서 사용하고 있는 배합표를 참고하였으며 목표강도를 재령 42일차에서 확보할 수 있도록 설계하였다. 콘크리트 생산은 균질성 확보를 위하여 대전 S사 배치플랜트를 이용하였으며, 레디믹스트콘크리트에 의해 현지까지 운반하여 시험실과 현장에서 시험 공시체를 제작하였다. 콘크리트의 시방배합표는 표 3과 같다.

표 2 콘크리트 재료의 물성

구 분	비중	흡수율 (%)	조립율	점도 덩어리 (%)	200체 통과량 (%)	안정성 (%)	마모율 (%)	염화물 (%)	비 고
시멘트	3.15	-	-	-	-	-	-	-	OPC
모래	2.55	1.21	2.84	0.20	1.18	2.70	-	0.004	강모래
자갈	2.61	0.90	6.90	-	0.84	3.20	23.00	-	쇄석
혼화제	1.18	-	-	-	-	-	-	-	AE제

표 3 콘크리트 시방배합표

규격	W/C (%)	S/A (%)	단위재료량(kg/cm <sup>3</sup> )						비 고
			W	C	S	G	F	AD	
25-385	36.7	41.8	184	426	638	959	75	3.01	혼화제: AE감수제

\* 공기량은 4.5±1.5(%)를 기준으로 하였음.  
\* 슬럼프 값은 12±2.5cm를 기준으로 하였음.

### 2.4 시험 내용

본 시험을 위해 필요한 압축강도용 공시체 제작일은 '04년 5월 중순이며, 공시체 습윤양생은 시험실 상온에서 12시간을 보관한 후 탈형하여 온도(23℃) 및 상대습도(RH100%)가 일정하게 유지된 항온항습실에서 양생을 하였다. 현장양생은 강도시험 재령 하루 전까지 실외에서 양생하여 시험당일 몰드를 탈형 하였다. 시험용 시편은 원주공시체로 제작하였고 규격은 표 1에 나타나 있다. 각 조건별 압축강도 시험용 공시체 제작 수량은 5개로 하였다. 그리고 양생조건, 재령 및 크기에 따라 압축강도 결과를 비교 분석하였다. 시험 공시체의 캐핑은 상하부 표면을 연마하여 평편도를 유지하였으며, 시험의 정확성과 효율성을 기하기 위하여 만능재

료시험기(UTM) 250ton을 사용하였다. 압축강도는 하중제어법에 의해 시험을 수행 하였다. 속도는 공 시체 단면적에 적합한 하중을 가압 하였으며, KSF 2405의 규격을 따라 각 공시체에 가해진 강도를 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

콘크리트의 양생 환경 및 공시체 크기에 따른 재령별 강도의 특성을 분석하므로써, 콘크리트 타설시 소요의 품질관리 수립 방안에 필요한 자료를 제공하기 위하여 수행되었다. 실험 변수는 양생 환경, 시험 재령, 공시체 크기로 구분하여 동일 재령에서 압축강도의 특성을 고찰 하였다. 압축강도시험은 양 생방법과 재령별로 각 3개씩 실시하였으며, 시험결과는 3개의 공시체에서 얻은 값들을 평균하였다. 특히 현장양생은 하절기에 수행되어 품질관리의 어려움 때문에 강도 예측이 곤란할 것으로 예상되었으나 만족스런 결과를 얻을 수 있었다. 재령별로 습윤양생과 비교할 때 강도에 미치는 영향은 비교적 작 은 것으로 나타났다. 공시체에 대한 크기 효과는 김진근 등이 제안한 수정된 크기효과 법칙(modified size effect law, MSEL)을 이용하였으며 식 (1)로 나타내었다. 여기서,  $f_c$ ,  $f_{cu}$ ,  $d$ ,와  $d_a$ 는 각각임의 크기의 원주공시체와 표준형 원주공시체  $\phi 150 \times 300 \text{mm}$ 에 대한 압축강도, 특성길이와 굵은 골재의 최대치수 를 나타내며,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ 는 실험상수를 나타낸다.  $c$ 는 일반적으로 2.0 ~ 3.0의 값을 갖는 것으로 알려져 있으며, 본 연구 에서는 2.0의 값을 사용하였다. 각 조건에 따른 압축강도 시험 결과는 표 4 및 그림 1, 2로 나타냈으며, 공시체 크기효과 분석 결과는 표 5, 6 및 그림 3, 4와 같다.

$$f_c(d) = \frac{bf_{cu}}{\sqrt{1 + \frac{d}{c \times d_a}}} + \alpha f_{cu} \text{ -----(1)}$$

표 4 압축강도 시험 결과표

구 분	콘크리트 규격	시편 규격 (mm)	양생 조건	재 령(일)					
				7	14	28	35	42	62
평 균 압축강도 ( $\text{kg/cm}^2$ )	25-385-12	$\phi 100 \times H200$	습윤	262	303	351	354	385	383
			현장	248	275	345	325	355	383
		$\phi 150 \times H300$	습윤	216	253	322	339	356	379
			현장	196	260	293	304	338	321

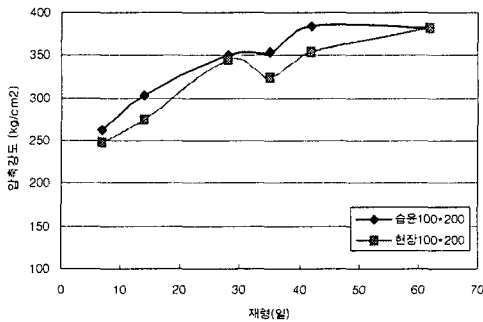


그림 1 콘크리트 압축강도 ( $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ )

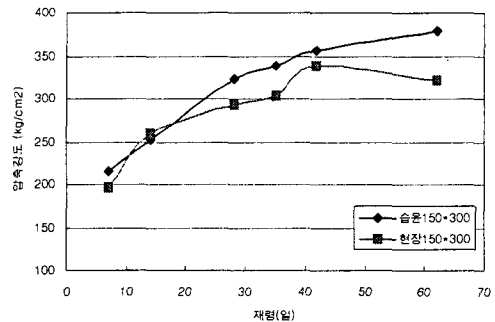


그림 2 콘크리트 압축강도 ( $\phi 150 \times 300 \text{ mm}$ )

표 5 공시체 직경별 크기효과(습윤양생)

습윤양생(Best-fit line)						
직경 (cm)	7일	14일	28일	35일	42일	62일
5.0	1.572	1.519	1.243	1.119	1.223	1.034
7.5	1.366	1.332	1.156	1.076	1.143	1.022
10.0	1.214	1.194	1.091	1.044	1.083	1.012
12.5	1.095	1.086	1.041	1.020	1.037	1.005
15.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17.5	0.921	0.928	0.967	0.984	0.969	0.995
20.0	0.854	0.868	0.938	0.970	0.943	0.991

표 6 공시체 직경별 크기효과(현장양생)

현장양생(Best-fit line)						
직경 (cm)	7일	14일	28일	35일	42일	62일
5.0	1.698	1.153	1.473	1.190	1.131	1.516
7.5	1.447	1.098	1.302	1.122	1.084	1.330
10.0	1.261	1.057	1.176	1.071	1.049	1.192
12.5	1.117	1.025	1.079	1.032	1.022	1.086
15.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17.5	0.904	0.978	0.934	0.974	0.982	0.928
20.0	0.822	0.961	0.879	0.952	0.967	0.868

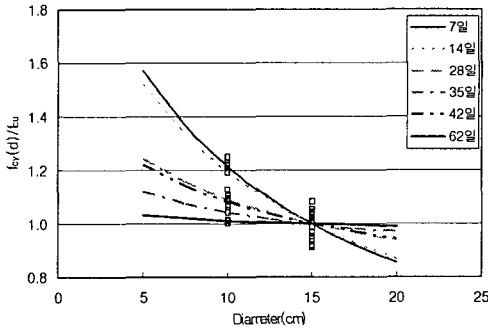


그림 3 공시체 직경별 크기효과(습윤양생)

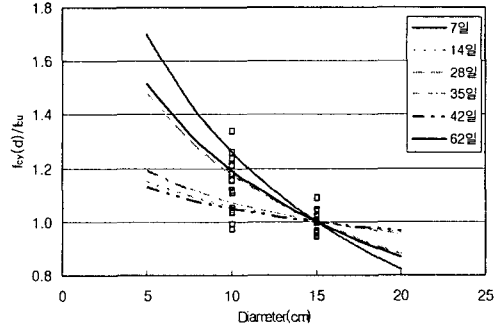


그림 4 공시체 직경별 크기효과(현장양생)

#### 4. 결론

본 논문에서는 콘크리트 공시체의 양생환경, 크기 및 재령에 따라 압축강도 특성을 평가한 결과에 대해 기술하였다.

- 1) 양생조건별 압축강도 시험결과, 전반적으로 균일한 강도 패턴을 보였으며, 공시체  $\phi 100 \times 200$  mm가  $\phi 150 \times 300$  mm 보다 높게 나타났다.
- 2) 양생조건별 크기효과를 분석한 결과, 습윤양생은 재령 28일 이후 직경별 크기효과가 작게 나타났으며, 현장양생은 재령 35일 이후 작게 나타났다. 그러나, 현장양생이 습윤양생에 비하여 크기효과가 다소 크게 나타났다.
- 3) 연구 결과, 콘크리트 타설 초기의 양생환경은 콘크리트 강도발현에 중요한 요소임 알았으며, 콘크리트 강도는 공시체의 크기효과를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 사단법인 한국콘크리트학회, '콘크리트 표준시방서 해설', 2003.
2. 양은익, 최중철, 이성태, '콘크리트 압축강도에 공시체의 크기와 형상이 미치는 영향', 콘크리트학회지, 16권, 3호, 2004, pp.375~382.
3. Bazant, Z.P., 'Size Effect in Bazant. Fracture; Concrete, Rock, Metal,' *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol.110, No4, Apr.1984, pp.518~535.
4. Kim, J.K. and Eo, S.H., 'Size Effect in Concrete Specimens with Dissimilar Initial Cracks,' *Magazine of Concrete Research*, Vol.42, No.153, Dec. 1990, pp.233 ~ 238.