

# 콘크리트 코어의 강도특성에 관한 연구

## A Study on the Strength Characteristics of Concrete Cores

권 영 웅*	이 성 용**	신 정 식***
Young-Wung Kwon	Seong-Young Lee	Jung-Sik Shin
전 익 찬**	김 민 수****	박 송 철****
Ick-Chan Jeon	Min-Su Kim	Song-Chul Park

---

### ABSTRACT

This paper concerns the within test strength of concrete cured under different conditions. Those conditions are water curing, field curing and cores drilled from the existing structures.

The test factors are not only above cured conditions but also concrete ages of 3, 7, 14 and 28 days and concrete strength of 202, 252 and 650kgf/cm<sup>2</sup>.

The test results are as follows ;

- (1) In spite of within test results, concrete strength is very different from curing states of concrete
- (2) The strength of cores drilled from existing structures are smaller than the strength of concrete cured in water by 3~4% and larger than that of concrete cured in field by 8~17%
- (3) Core strength is largely dependant on the curing state of top surface of concrete.

---

### 1. 서언

콘크리트 구조체를 구조적으로 상태평가(structural condition assessment)하기 위해서는 일반적으로 외관조사, 구조재료의 성능평가, 구조검토 및 재하시험 등의 방법과 절차가 행해진다.

오늘날은 시험체 제작의 편의로 말미암아 짧은 시간내에 그 구조재료적 특성을 얻을 수 있게 되었으며, 보통 콘크리트 구조체의 평가를 위하여 구조체로부터 그 실제(actual)강도를 구하는 것은 선행적으로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 동일한 배치의 실제 구조체의 콘크리트 강도가 수중양생과 현장양생에 비하여 상호간에 어떤 강도성향을 보이고 있는나를 그 재령(양생일)과 강도를 실험요인(factor)과 수준(level)으로하여 알아보고자 하였다.

---

\* 정회원, 인천대학교 건축공학과 교수

\*\* 정회원, 인천대학교 산업대학원 석사과정

\*\*\* 정회원, 인천대학교 건축공학과 석사과정

\*\*\*\* 정회원, 인천대학교 건축공학과 박사과정

## 2. 실험계획

### 2.1 실험요인 및 수준

본 연구를 위한 실험요인은 양생조건과 콘크리트의 재령 및 모 콘크리트의 강도이다. 이때 양생환경은 동일한 배치에서 나온 표준양생 공시체와 현장양생 공시체 및 현장타설 콘크리트구조체로 하였으며, 그 재령은 3, 7, 14, 28일, 모 콘크리트의 강도는 보통 콘크리트와 고강도 콘크리트로서 각각 202, 252, 650kgf/cm<sup>2</sup>로 하였다.

### 2.2 사용재료

본 실험에서 사용된 콘크리트는 인천에 소재한 S사의 레미콘으로서 그 재료적 특성은 다음과 같다.

표 1 시멘트의 물리적 특성

비 중	분말도 ( $cm^2/g$ )	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도( $kgf/cm^2$ )		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3350	0.03	250	360	210	280	360

표 2 골재 물리적 특성

구분	비중	조립률	흡수율(%)	단위용적중량 ( $kg/m^3$ )	0.08mm체 통과율 (%)	비고
잔골재	2.62	2.82	0.8	1600	0.3	
굵은골재	2.62	5.75	0.5	1560	0.3	

표 3 혼화제의 물리적 특성

목표강도	종 류	주 성 분	형 태	색 상	비중(20℃)
150	AE감수제	유기산계	액상	무색	1.04
300	고성능 AE복합감수제	라푸탈린계	액상	암갈색	1.15
600	폴리카본산염	폴리카본산계	액상	살색	1.2

### 2.3 콘크리트의 배합

본 실험에서 사용되는 콘크리트를 위해 그 목표강도를 150, 300, 600kgf/cm<sup>2</sup>로 잡았다. 이때 목표강도에 따라 적용한 단위시멘트량은 219, 326, 506kgf/cm<sup>2</sup>, 단위수량 142, 148, 134kgf/cm<sup>2</sup>, 세골재율 51, 46, 37%, 물·시멘트비(W/CM)는 72, 45, 25, 단위수량 142, 148, 134kgf/cm<sup>2</sup>로 하였으며, 최대골재 치수, 슬럼프, 공기량 등은 각각 25mm, 120mm, 4.5%로 하였다. 또한 플라이애쉬와 혼화제도 사용하였으며, 이들을 종합하면 표4와 같다.

표 4 사용콘크리트의 배합내용

목표강도 ( $kgf/cm^2$ )	굵은골재 최대치수	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	W/CM (%)	S/A (%)	중량배합 ( $kgf/m^3$ )					
						W	C	S	G	Fly Ash	AD
150	25mm	120	4.5	72	51	142	219	970	883	33	2.02
300	25mm	120	4.5	45	46	148	326	818	927	58	1.92
600	25mm	120	4.5	25	37	134	506	597	904	127	14.56

### 2.4 공시체의 제작 및 양생

본 실험에 사용된 시험공시체는 플라스틱 몰드로 제작한  $\phi 100 \times 200$  크기의 표준실린더 공시체로 하였으며, 7월 하절기 상태에서의 수중양생과 현장양생으로 시험하였다. 한편, 콘크리트 코어 공체를 위한 구조체의 크기는 길이 $\times$ 높이 $\times$ 두께를  $2m \times 1.2m \times 0.2m$ 의 콘크리트 벽체로 하였으며, 콘크리트 강도 202, 252,  $650kgf/cm^2$ 에 따라 벽체 3개를 현장에서 제작 대기 상태에서 양생하였다.

특히 우기시에는 비닐을 씌워 비에 젖지 않게 하였으며, 이때 코어 공시체의 채취는 벽체로부터 상중하에서 시험재령일 3, 7, 14, 28일에 3개씩 절취하였다.

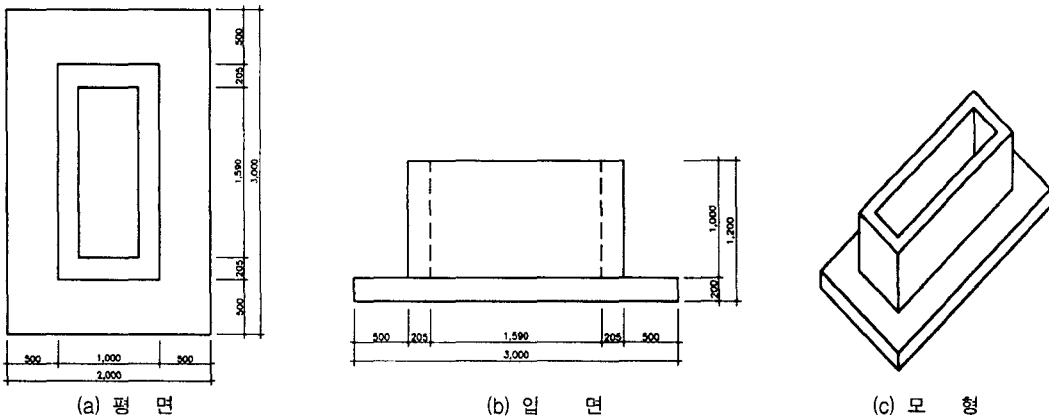


그림 1 콘크리트 코어 채취용 구조 시험체

## 3. 실험

### 3.1 재하방법

실험에서 사용된 실험기기는 미국 S사의 200t 유압압축시험기로서, 급격한 하중과 편심압축 방지를 위해 내압판 사이에 구면좌-실린더-load cell 및 특수 saddle을 사용하였다. 이때 하중 변화의 계측 장치로는 Kyowa산 만능측정기 UCAM-70A로서 load cell에 연결하여 하중을 측정하였다. 또한 재하 속도는 약  $3kgf/cm^2/sec$  이었다.

### 3.2 실험결과

일련의 콘크리트 공시체와 코어의 압축강도 시험결과는 표5와 같다.

표 5 콘크리트 압축강도 시험표

목표 재령	양생조건 강도	수중양생공시체				구조체(코어)				현장양생공시체			
		평균	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	평균	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	평균	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
3일	L	101	93	95	116	99	99	95	102	89	87	84	95
	M	150	141	156	153	142	142	140	145	140	144	135	142
	H	363	363	373	313	349	364	320	362	344	324	348	359
7일	L	127	125	141	115	114	164	118	110	99	98	92	166
	M	156	154	158	153	155	152	157	155	152	166	150	141
	H	397	419	394	377	389	401	472	294	389	401	345	421
14일	L	144	140	158	135	141	147	134	142	128	115	131	138
	M	191	173	186	213	170	162	159	188	164	166	152	174
	H	492	438	522	515	440	482	396	442	426	427	425	426
28일	L	202	195	198	213	194	184	196	201	160	156	169	155
	M	252	235	252	252	235	244	239	222	201	166	220	218
	H	650	632	656	661	632	632	636	629	565	627	581	578

#### 4. 실험 분석 및 고찰

##### 4.1 콘크리트 강도의 정규화

콘크리트의 강도발현성향을 실험요인과 수준에 따라 분석하기 위하여 일련의 압축강도들을 정규화(normalization)하면 표6과 같다.

표 6(a) 콘크리트의 강도발현 ( $f_{ck}=202 \text{ kgf/cm}^2$ )

양생조건 \ 재령	3	7	14	28
수중양생	0.50	0.63	0.71	1.0
구조체	0.49	0.56	0.70	0.96
현장양생	0.44	0.49	0.63	0.79

표 6(b) 콘크리트의 강도발현 ( $f_{ck}=252 \text{ kgf/cm}^2$ )

양생조건 \ 재령	3	7	14	28
수중양생	0.60	0.62	0.73	1.0
구조체	0.56	0.62	0.67	0.96
현장양생	0.56	0.60	0.65	0.80

표 6(c) 콘크리트의 강도발현 ( $f_{ck}=650 \text{ kgf/cm}^2$ )

양생조건 \ 재령	3	7	14	28
수중양생	0.56	0.61	0.76	1.0
구조체	0.54	0.60	0.68	0.97
현장양생	0.53	0.60	0.66	0.92

## 4.2 콘크리트 강도 분석

일련의 양생조건으로부터 목표강도에 따라 정규처리된 강도값은 그림2와 같다.

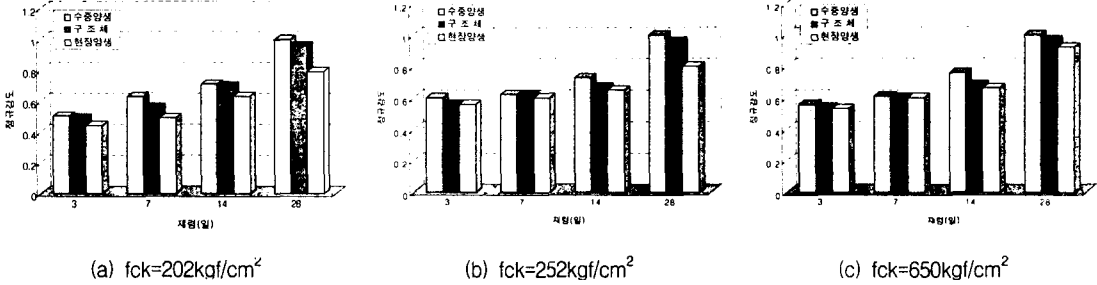


그림 2 양생조건에 따른 콘크리트의 재령별 강도발현성향

그림2에서 보듯이 실존하는 콘크리트 구조체의 강도는 콘크리트의 모 강도에 관계없이 모두 수중양생 강도보다는 작게, 현장양생강도보다는 높게 나타나고 있다. 본 실험결과의 28일 압축강도의 경우 코어 강도와 현장양생 콘크리트 강도는 수중양생 콘크리트 강도보다 각각 3~4%, 8~21% 작게 나오는데, 모 강도가 작을수록 그 정도는 더 크게 나타나고 있다.

## 4.3 강도성향 고찰

콘크리트 코어의 강도는 일반적으로 수중양생된 표준실린더 강도보다 낮게나오는 것으로 알려졌는데 이는 천공(drilling)영향에 따른 손상(damage)과 불리한 양생조건 때문으로 알려졌다. 그리고 콘크리트가 고강도화 될수록 그 영향은 더 크며, Malhotra들은 모강도  $400\text{kgf/cm}^2$ 일 때 약 15%로, 한편 영국의 콘크리트협회(Concrete society)는 5~7%로 보았다.

그러나 본 실험에 의하면 하절기의 경우 그 정도는 3~4%의 불과할 뿐이며, 현장양생강도 결과와 비교할 때 양생조건이 더 큰영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 다시 말해서 수중양생의 경우는 표면 건조 내부포화상태(SSD)로서 유효 물·시멘트비(보통 42%) 상태로서 충분한 수화량(hydration amounts)이 생성되고, 현장양생의 경우는 기건상태(AD)로서 수화반응이 불리하게 된다. 그러나 구조체의 경우는 기건상태이긴 하나 현장양생의 경우보다는 훨씬 좋은 수화조건을 가지고 있다고 볼 수 있다. 다시 말해서 공기와 접하는 표피두께(top surface)가 클수록 불리하며 그 결과 수중양생, 구조체, 현장양생 순으로 강도가 더 크게 발현되고 있음을 알 수 있다. 그러므로 구조체(core)의 실제강도(actual strength)는 실험결과와 마찬가지로 수중양생과 현장양생된 콘크리트 강도의 중간에 있음이 입증되고 있다.

## 5. 결론

양생조건과 재령에 따른 일련의 콘크리트 압축강도시험으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 동일배치에서 제작된 콘크리트라 할지라도 양생환경에 따라 그 강도는 다르게 나타난다.
- (2) 구조체로부터 천공된 콘크리트 코어의 강도는 수중양생된 표준공시체보다 3~4% 낮게 나타난다.  
이는 공기와 접하는 표피 두께에 따른 불리한 양생조건과 시험공시체의 건습이 주원인인 것으로 판단된다.
- (3) 콘크리트 구조체의 실제강도는 수중양생과 현장양생의 표준공시체강도사이에 있되, 수중양생 강도

보다 3~4% 작게 나타나고, 현장양생 강도보다는 8~17%보다 높게 나타난다.

#### 감사의 말씀

본 연구는 (주)합 건설방재기술단과 인천대학교가 지원한 연구비에 의해 수행되었으며, 두 기관에 깊은 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

1. 권영웅, 콘크리트 구조물의 안전진단, 건설기술교육원, 1992.
2. 권영웅외, "시멘트, 콘크리트의 품질시험 및 품질관리," 한국콘크리트학회 기술강좌교재, 1999.
3. 권영웅외, "콘크리트 구조물의 안전진단 및 보수·보강," 한일콘크리트세미나, 1994.
4. A.M Nevile, "Properties of Concrete," final edition, 1995.
5. S.Mindess, J.F.Young, "Concrete," Prentice-Hall, 1981.