

# 냉동양생에 의한 레미콘 강도 조기판정 연구

## A Study on the Early Prediction of Concrete Strength by Refrigeration Curing

조일호\*  
Cho, Il - Ho

신무섭\*\*  
Shin, Mu Sub

---

### Abstract

This study presented a simple test method of early decision on the quality of concrete by the way of refrigeration curing. It is a method of early decision for the quality of hardened concrete, after 28days, through the using refrigeration curing, at  $-18\pm 3^{\circ}\text{C}$  for five hours.

I could find that there were fixed connections between the solidities after 28days and 48days, by the test of compression on the Re-Mi-Con through the test of standard curing and refergeration curing. ( $F = 1.02X + 13$ ,  $r^2 = 0.964$ ,  $S = 10.6\text{kg/cm}^2$ )

I except that we can reduce the mistakes of construction work by forecasting the quality through the refrigeration curing.

---

### 1. 머리말

최근 국내 SOC사업에 따른 건설 경기의 성수기임에도 불구하고, 레미콘 공장의 난립으로 인한 건설공사 현장에 대한 과당경쟁이 빈번히 발생되고 있고 또한 성수대교, 삼풍백화점 등의 대형사고와 각종 건설공사의 부실시공에 따른 공사 감독부 및 감리 등의 품질관리 강화와 더불어 현장 요구 품질에 대하여 능동적으로 대처하지 않을 수 없게 되어 레미콘 제조업의 품질관리 애로사항이 다발하여 이에 대한 방안과 일반 레미콘 생산에서 출하량이 비교적 많은 25-180~270-10~15인 규격을 택하여 품질 관리 기법을 적용, 레미콘 생산공정 관리용 시험방법으로 콘크리트 강도의 조기판정 시험방법을 연구하게 되었다.

---

\* 정회원, 동양시멘트(주) 고객지원부 대리

\*\* 정회원, 동양시멘트(주) 고객지원부장

## 2. 실험내용 및 방법

### 2.1 실험내용

콘크리트 압축강도 조기판정 방법은 온수양생<sup>(2)</sup>을 비롯하여 여러 논문과 제안이 있지만 다음 조건에 만족하는 것으로 하였다.

① 레미콘 출하량이 많은 날은 공시체가 쌓이고 또 잔업으로 처리하지 않으면 시간에 맞지 않는 경우가 있다. 이러한 날은 설 수 없는 일도 있으므로, 시험원의 안전관리, 건강관리면을 고려하였다.

② 대부분 직장생활이 7일을 1사이클로 움직이고 있기 때문에 즉시(1~2시간내) 결과를 얻을 수 없을 경우에는 가능한 재령을 빨리 선택하였다.

③ 추정오차를 적게하기 위해서 표준 수중양생 28일 강도에 대한 조기강도의 비율이 가능한 한 높은 것을 선택하였다.

④ 고온 및 고압을 이용하는 것은 전력낭비 및 화상 등의 위험이 따르므로 안전이 확보되는 것으로 하였다.

⑤ 비용이 적게들고 취급이 간편하고, 양생 공시체 강도로 부터 표준 28일 강도의 추정도가 높은 것으로 하였다.

### 2.2 시험방법

시험방법을 플로우로 하여 그림 1에 나타냈다. 그림 1에서 알 수 있는 것처럼 공시체의 캡핑 방법에

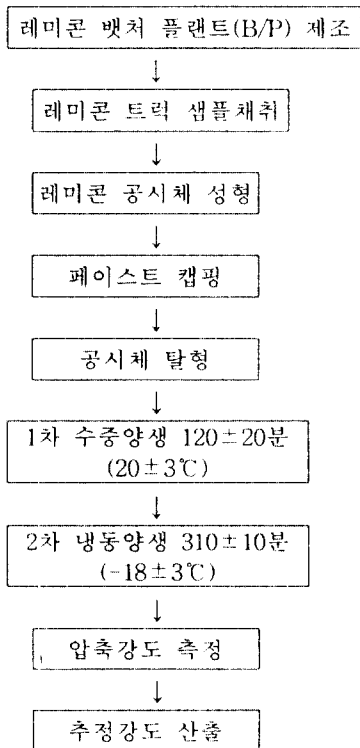
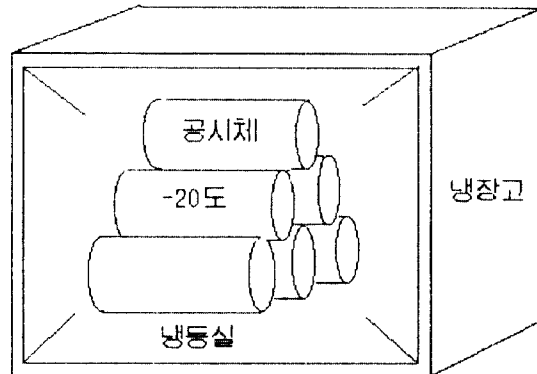


그림 1 냉동양생법의 개요



도면 1 시험에 사용된 냉장고

는 연마 또는 유황캡핑도 있지만 통상의 페이스트 캡핑을 하는 경우로 실시하였고, 양생방법은 일반 가정용 냉장고를 사용였다.(도면 1참조)

### 2.3 사용재료

#### (1) 시멘트

당사의 보통 포트랜드 시멘트를 사용하였으며 그 물리성능 및 화학성분을 표 1 및 표 2에 나타내었다.

표 1 시멘트의 화학성분 (unit : wt%)

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ig. Loss
21.19	3.03	5.18	61.94	3.03	2.28	0.06	1.01	0.91

표 2 시멘트 물리성능

Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	응결(hr:min)		압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )			비중
	초결	종결	3일	7일	28일	
3,180	3:45	6:50	216	320	406	3.15

#### (2) 혼화제

실험에 사용한 감수제 및 공기연행제는 현재 당 사업소에서 사용하고 있는 D사(FEB) 제품을 사용하였으며 그 물성은 다음 표 3과 같다.

표 3 화학혼화제의 물성

시료명	물성	주성분	비중	고형분 (%)	pH	색상
감수제		리그닌	1.19	38.53	5.0	암갈색
공기연행제		리그닌	1.05	11.50	12.0	암갈색

#### (3) 배합수 : 상수도수 사용

#### (4) 골재

현재 당 사업소에서 사용중인 굵은골재 및 잔골재는 레미콘 제조에 사용되는 것으로 잔골재만 표면수를 보정하여 실험에 사용하였다.

표 4 사용골재의 시험결과

종 류 \ 항 목	비 중	조 립 율 (F.M.)	단 위 용 중 (kg/m <sup>3</sup> )	실 적 율 (%)
쇄 석 25mm	2.71	6.66	1,489	58.26
하 천 사	2.59	2.38	1,520	59.05

## 2.4 배합결정 시험

당 사업소에서 사용되고 있는 사용재료 및 배합조건으로 28일 압축강도 발현율을 현장요구 조건에 만족하는 120% 이상 관리하여 레미콘 강도 조기추정 품질관리의 한 척도로 이용하기 위한 것으로 표 5와 같이 상용의 레미콘 배합으로 하였다.

표 5 레미콘 배합실계표

규 격	W/C (%)	S/A(%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위중량(kg/m <sup>3</sup> )			혼화제 (AE, AD)	단위중량 (kg/m <sup>3</sup> )
				C	S	G		
25-180-10~12	58.75	47.80~48.30	176~181	300~308	883~882	930~911	0.031~0.032 0.90~0.924	2282~2273
25-210-10~15	54.87	47.18~48.43	175~187	319~341	864~863	935~887	0.032~0.034 1.60~1.023	2293~2278
25-240-12~15	49.67	46.85~47.60	179~186	360~374	838~837	918~889	0.036~0.037 1.08~1.122	2295~2286
25-270-12~15	46.62	46.36~47.11	178~185	382~397	821~820	919~890	0.038~0.040 1.15~1.191	2300~2292

## 2.5 냉동에 의한 강도 조기 판정 시험

당 사업소의 사용재료 및 배합표를 이용하여 출하량이 비교적 많은 압축강도 180~270kgf/cm<sup>2</sup> 사이의 슬럼프 10~15cm 범위 수준에 대하여 출하되는 레미콘 28일 강도와와의 상관관계를 조사분석하여 추정회귀 직선식을 구하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

당 사업소의 레미콘 배합계획에서 선정된 배합(대표적 규격 25-210-10~15)을 출하하여 측정한 한 지않은 상태의 슬럼프, 공기량, 온도등의 특성과 본 연구의 대상인 레미콘 강도 조기측정 결과 및 추정 강도는 표 6과 같다.

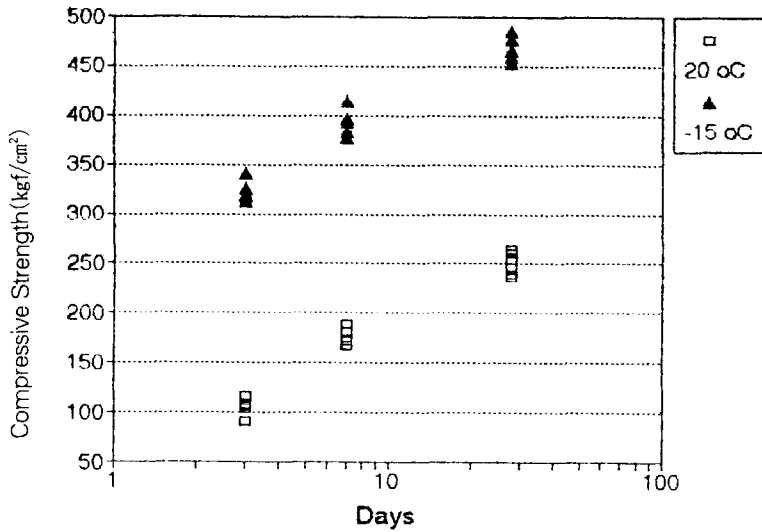


그림 2 양생방법에 따른 재령과 강도와의 관계

그림 2는 각기 다른 강도 수준에 대하여 2가지 양생방법에 의한 재령과 강도와의 관계를 나타낸 것으로 재령 28일 강도에 대하여 -15°C 냉동양생 강도가 약 3배 이상까지 높은 것을 알 수 있다. 이것은 공시체가 냉동에 처했을 때, 온도저하에 따른 성질 변화의 견합수는 거의 영향을 미치지 않고 자유수와 흡착수의 영향이라 판단된다. 또한, 공시체의 온도가 빙점이하로 내려가면 큰 공극속의 물로부터 차츰 작은 공극속의 물까지 얼게된다. 그때 물의 체적은 약 9%정도의 체적팽창을 하므로 공극의 양은 줄어들게 된다.<sup>(4)</sup> 즉, 공극속의 얼음이 굳은 시멘트의 페이스트 속에서 pc강재와 같은 작용(internal prestressing)을 하기때문에 공시체의 강도가 증가한 것으로 사료된다.

표 6 및 그림 3에서 보는바와 같이 19~21일간의 출하물량이 많은 대표적 규격 25-210~240-12~15의 냉동양생 추정 압축강도의 관리도와 28일 경과 후의 실측 압축강도 관리도간에는 상호 유사한 경향이 발견되고 있고, 실측강도와 추정강도간에는 상관계수 0.959의 대체로 양호한 상관성이 나타나고 있어 냉동양생법 레미콘 강도 조기추정의 활용성을 입증할 수 있었다.

그림 4에서 보듯이 310±10분 양생하여 얻은 48시간 강도와 표준양생 28일 강도 사이의 강도 추정식은 회귀분석 이론<sup>(1)</sup>에 의하여 구하면  $r^2 = 0.964$ 로써 양호하다고 볼 수 있으며 이로부터 본 실험결과와의 적용가능성이 상당히 높은 것을 알 수 있다.

#### 4. 맺음말

본 연구는 냉동양생에 의한 경화 레미콘 강도를 조기에 판정할 수 있는 방법을 제안하는 것으로 결과에 대하여 간단히 요약하면 다음과 같다.

- 1) 종래 공정관리에 이용 되어온 7일, 28일 강도의 시험을 냉동양생 5시간 강도로 전환하여 빈도를

표 6 출하 레미콘 품질시험 결과

채취일 (월.일)	규 격	굳지않은 콘크리트			냉동법	실측압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	추정강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
		슬럼프 (cm)	공기량 (%)	온도 (℃)	5시간강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		
01. 11	25-240-12	12.5	4.7	10	246	266	2843
01. 19	25-240-12	13.0	4.1	10	236	278	296.6
01. 23	25-240-12	12.5	3.7	9	239	259	277.2
01. 25	25-240-12	13.5	4.5	8	260	271	289.4
02. 06	25-240-10	13.5	4.2	5	236	262	280.2
02. 07	25-240-15	17.0	4.6	6	236	264	282.3
02. 09	25-240-12	14.0	3.8	10	261	252	270.0
02. 14	25-240-15	16.0	4.1	12	229	271	289.4
02. 15	25-240-15	18.0	4.8	10	236	259	277.2
02. 21	25-240-12	13.0	5.0	12	224	260	278.2
02. 22	25-240-15	17.0	4.5	12	253	265	283.3
02. 23	25-240-15	17.5	3.6	13	254	265	283.3
02. 27	25-240-15	17.0	3.9	13	256	266	284.3
03. 04	25-240-12	14.0	4.3	10	260	259	277.2
03. 06	25-240-12	14.5	4.7	14	251	262	280.2
03. 09	25-240-12	13.0	4.4	12	243	269	287.4
03. 11	25-240-12	15.0	4.3	12	226	268	286.4
03. 13	25-240-12	13.5	4.7	13	235	275	293.5
03. 14	25-240-12	12.0	4.7	12	237	268	286.4

줄일 수 있다는 가능성을 보였다.

- 2) 지정강도 180~270에서의 4개수준 범위에서 냉동법과 배합강도간에는  $F = 1.02\sigma_2 + 13$ 로서 상관계수 0.964의 양호한 상관성을 나타내었다.
- 3) 직경이 15cm를 넘는 압축강도 공시체 및 휨강도 공시체에의 적용여부 및 특수한 혼합재를 이용한 것은 확인되지 않았으며 계속 실험중에 있다.

본연구에서 실시한 모델을 참조하여 레미콘 생산공정에서 현장관리 기법으로 냉동법 레미콘 강도 조기추정의 품질관리를 실시하면 레미콘 품질향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

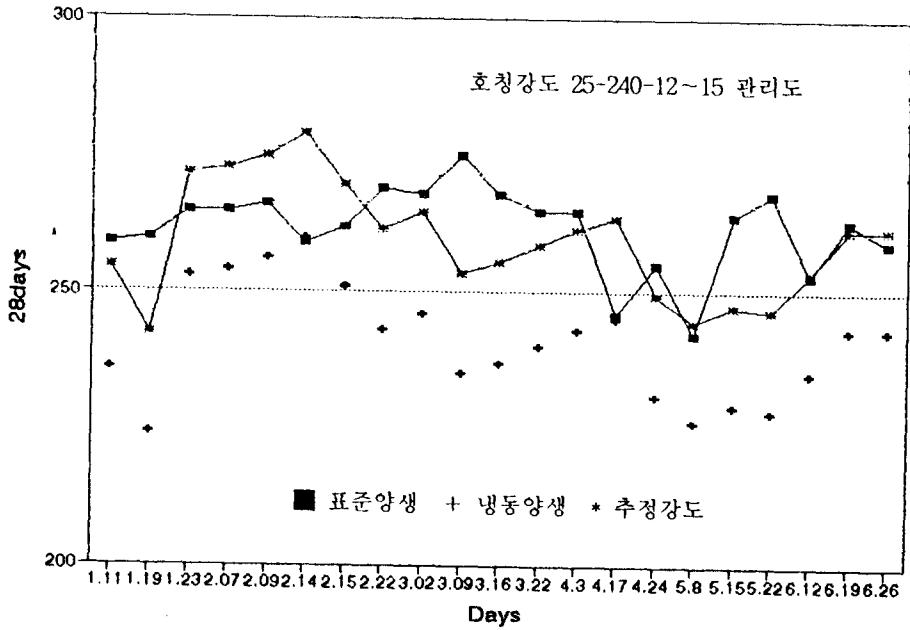


그림 3 출하된 레미콘의 강도관리 실시 예

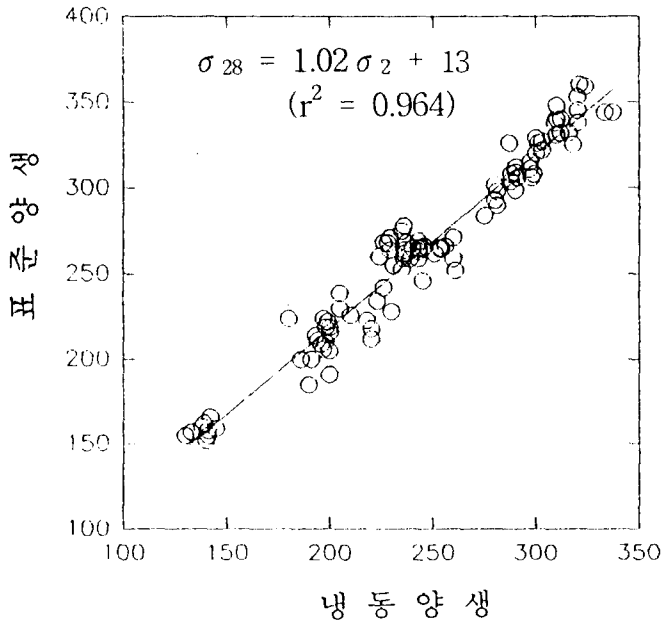


그림 4 표준양생과 냉동양생 압축강도와의 관계

● 참고문헌 ●

1. 박성현, 회귀분석(개정판), 1987, 대영사간.
2. 吉廉 亨외 2, "40℃-7日で 判るコンクリト強度試験の精度," セメント・コンクリト No.564, Feb.1994, pp.10-15.
3. 岡本寛昭, "極く初期 コンクリトの強度推定式 の提案" セメント技術年報 37, pp.287-289.