

촉진양생이 콘크리트의 28일 압축강도에 미치는 영향에 관한 연구

A Study on the Effect of Accelerated Curing on 28-Days Compressive Strength of Concrete

최세규* 유승룡** 김생빈***

Choi, Se Gyu Yu, Sung Yong Kim, Saeng Bin

요 약

기존의 촉진양생 연구는 1960~1970년대에 주로 수행된 것으로, 전체 증기양생시간이 18시간 또는 24시간인 경우에 대하여 연구되었고, 상기 연구 결과는 수동식 항온항습조를 사용하였으므로 온도상승구배의 효과에 대하여 명확한 규명을 할 수 없다고 판단되었다. 따라서 국내 PC공장 여건에서 그 직접적인 적용이 불가능한 실정이다.

본 연구는 효과적인 콘크리트 촉진양생에 대한 기본 자료를 정립할 목적으로, 국내 PC공장에서 사용하는 배합표를 근거로 시험공시체를 제작한 후, 각 해당 양생주기 조건을 변화시켜 가면서 실험하였다.

탈형사 및 수증양생 재령 28일의 압축강도를 측정하고 비교 검토한 결과, 재령 28일 후 설계강도 값을 초과하는 가장 효과적인 촉진양생조건은, 본 실험조건 하에서 전양생시간은 커다란 영향을 미치지 않았으며, 온도상승구배는 30℃/hr 이하로, 최고양생온도는 82℃ 이하로 양생해야 하며, 또한 촉진양생 후 2차 양생으로 강도증진을 도모함이 촉진양생의 효과를 증대시킬 수 있다고 판단되었다.

Abstract

The published works on Accelerated Curing Effect were generally performed around from 1960 to 1970th century for 18 to 24 hours - total curing periods. It is not possible to define the effect of temperature rise because those results were obtained mainly by using the manually operated steam-curing tank. Thus, it may not be available to apply those data immediately on the domestic PC wall production line.

* 정희원, 동국대 토목공학과 박사과정
** 정희원, 건축공학과 조교수, 공학박사
*** 정희원, 토목공학과 교수, 공학박사

• 본 논문에 대한 토의를 1996년 10월 30일까지 학회로 보내주시면 1996년 12월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

The testing specimens were made from the standard mix proportion according to those of domestic PC factories to establish a basic data for the Accelerated Curing Effect. The experimental tests were conducted according to the conditions of each sub-curing periods.

By comparing the results of compression tests on de-molded and 28-day water-curing specimens, we find that the most effective curing condition to obtain more than the required design strength after 28 day of water curing may be as follows: the presteaming period does not affect seriously and less than 30 °C/hr - the rate of temperature rise and less than 82°C - maximum temperature are necessary.

It seems that post-curing procedure is very important factor to increase the effect of accelerated curing.

Keywords : PC wall, accelerated curing, presteaming period, rise on temperature, maximum temperature, curing cycle, post-curing

1. 서 론

PC제품은 동일한 방법으로 규격화된 제품을 공장 생산하고 있으므로, RC부재에 비하여 자재비 및 인건비의 절감, 공기단축 및 품질향상 등이 기대되고 있으나, 국내에서는 시공 후에 발생하는 다양한 문제점으로 인하여 수요자들로부터 신뢰를 받지 못하고 있다. 최근 고강도 RC구조 아파트에 비하여 그 내구성 및 경제성 면에서 다소 성능이 떨어져 내수 시장의 수요는 줄어들게 되었으며, 따라서 경제성을 고려한 견고한 PC 제품의 생산이 더욱 요망되고 있다.

일반적으로 국내 PC공장에서는 생산 능률과 경제성을 위하여 5~6시간 안에 1주기를 마무리 하여야 하며, 짧은 시간 내에 높은 탈형 강도를 얻기 위하여 최고양생온도를 80~90°C로 가열하여 생산하고 있다. 또한, 하루에 두 번 생산하기 위하여 전양생시간을 충분히 갖지 못하는 경우가 자주 있으며, 생산 시간을 단축시키기 위하여 빠른 온도 상승과 고온 가열은 필연적으로 적용되고 있다.

건설교통부⁽¹⁾ 및 대한주택공사⁽²⁾의 표준시방서에서는 촉진양생방법에 대하여 전양생시간, 양생온도의 상승구배, 최고양생온도와 그 지속시간, 양생조내의 기압, 촉진양생 후 후기양생 등에 대하여 언급을 하고 있으나 각 시기에 따른 온도의 한계 치에

대한 명확한 기준이 설정되어 있지 않아 PC공장마다 양생주기값을 다르게 적용하고 있다. 또한 국내에선 증기양생조건에 따른 콘크리트 강도의 증감이나 내구성 등에 대한 체계적인 시험이 아직 실시되지 않은 상태이고, 이에 대한 개선 방향도 고려되지 않은 실정이다.

따라서 조속한 시일 내에 국내 실정에 맞는 프리캐스트 콘크리트의 촉진양생에 대한 기본 자료를 정립하고, PC사업장에서는 이를 기준으로 한 품질관리를 하여 질 높은 PC제품의 생산이 요구되고 있다.

2. 연구목적 및 범위

기존의 촉진양생연구는⁽³⁾⁻⁽⁷⁾ 1960~1970년대에 실행된 것으로 전체 증기양생시간이 18시간 또는 24시간인 경우에 한하여 기술하여 왔고, 수동식 항온항습조에 의해 연구되었으므로 온도상승구배의 효과에 대하여 명확한 규명을 할 수 없는 것으로 판단된다. 따라서 생산성과 경제성을 고려할 때, 국내 PC공장 여건에서 상기 실험 결과치를 직접 적용하는 것은 불가능하다.

또한 수증기가 콘크리트 표면에 직접 분사되는 증기양생이나 여러 가지 촉진양생에 대한 일반 이론들은 현 국내 PC공장에서 벽체생산을 위하여 사용하는 "뱃데리 시스템"의 기준 자료로 활용하는

Table 1 Factors of accelerated curing cycle

Variations in the curing cycle	Factors	Constants
Presteaming period (hr)	0, 1, 2, 3, 4, 5	Rate of temperature rise : 20°C/hr Maximum curing temperature : 82°C Presteaming period : 3hr
Rate of temperature rise (°C/hr)	10, 20, 30, 45, 70, 95	Maximum curing temperature : 82°C Presterming period : 3hr
Maximum curing temperature (°C)	66, 71, 77, 82, 87, 100	Rate of temperature rise : 20°C/hr

데 무리가 있다.

따라서 본 연구는 국내 실정을 고려한 PC벽체의 최적양생주기를 구하기 위하여 아래와 같은 연구범위 내에서 체계적 실험을 시도함으로써 빗데리 시스템에 대한 기초 자료를 정립하고자 한다.

(1) 국내 PC공장에서 사용하는 배합표를 수집하여 이를 근거로 시험배합을 거쳐 본 배합표를 작성하고, 시험공시체를 제작하여 시험한다.

(2) 전자식 자동양생조를 사용하여 촉진양생주기의 전양생시간, 온도상승구배, 최고양생온도가 콘크리트 탈형 및 28일 압축강도에 미치는 영향을 분석한다.

(3) 공시체는 촉진양생을 마친 후 수중양생을 시켜 재령 28일의 압축강도를 측정하여 수분공급에 의한 강도증가를 파악하고 주기변화에 따른 강도증가의 관계를 규명한다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구는 PC부재 생산시 촉진양생조건의 변화에 따른 강도 발현 효과를 알기 위하여 전양생시간, 온도상승구배, 그리고 최고온도를 변수로 채택하고 이들을 변화시키면서 실험하였다.

본 실험결과가 현장과의 연관성을 갖기 위하여 국내의 여러 PC공장에서 채용하고 있는 배합설계표 및 양생주기표를 수집 분석하였고, 우리나라^{(1),(2)} 및 외국 시방서^{(7),(8),(9),(10)}에 나타난 규정값을 고려하여 배합표 및 양생주기를 작성하였다.

설계강도는 국내 PC공장에서 벽체생산시 일반적으로 적용하고 있는 설계강도 270kg/cm²를 채택하였다. 실험의 기준값이 될 기준공시체의 양생주기는 전양생시간은 3시간으로, 온도상승 및 하강구배는 단위시간당 20°C로, 최고양생온도는 82°C로, 최고양

생온도의 지속시간은 6시간으로 고정시켜 양생하였으며, 표 1과 같이 기준공시체의 양생주기를 변화시켜 실험공시체를 제작한 후 수중양생을 실시하였다.

우선 재령 28일 강도가 설계강도에 도달하는지를 알기 위하여 동일한 배합으로 제작한 공시체를 표준양생시켜 재령 28일의 강도를 측정하였으며, 측정시기별로 기준공시체와 실험공시체의 압축강도값을 비교 분석하여 소성수축균열을 발생시키지 않는 상태에서 소요의 강도를 얻을 수 있는 최적시간 및 온도를 검토하였다.

또한 촉진양생 후 지속적인 수분 공급에 의한 강도증진을 고찰하기 위하여 기준공시체와 동일한 촉진양생주기를 갖는 공시체를 제작하여 기건양생하면서 재령별로 강도를 측정하여 촉진양생 후 수중양생한 공시체의 강도값과 비교하였다.

3.2 사용재료 및 배합설계

3.2.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 A사 제품의 1종 포틀랜드시멘트이며, 그 물리적 성질은 표 2와 같다.

Table 2 Physical properties of cement

Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	Setting time (hr : min)		Compressive strength (kg/cm ²)		
		Initial	Final	3days	7days	28days
3.15	3299	2 : 25	6 : 05	210	283	369

3.2.2 골재

잔골재 및 굵은골재는 남한강 상류 지역에서 채취한 천연 골재를 사용하였으며 그 물리적 성질은 표 3과 같다.

3.2.3 배합

콘크리트의 배합은 국내 PC공장 6개 사의 배합

Table 3 Physical properties of aggregate

Type	Max. size	Specific Gravity	Absorption Ratio(%)	F. M.
Fine Aggregate	-	2.60	0.6	2.78
Coarse Aggregate	25mm	2.63	0.95	6.39

설계표를 수집하여 설계강도 및 그에 따른 사용재료의 단위량을 분석한 후, PC벽체 생산시 일반적으로 적용하고 있는 설계강도 270kg/cm²를 채택하여 배합설계표를 작성하고 이에 따라 실험을 실시하였으며, 그 배합설계표는 표 4와 같다.

Table 4 Mix proportion

Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m ³)			
					W	C	S	G
25	5	2.0	44	42	157	357	789	1086

3.2.4 실험장비

공시체 제작에 사용된 공시체 몰드는 6mm의 균일한 두께를 가진 주철로 제작된 $\phi 15 \times 30$ cm인 압축강도용 실린더 몰드이다. 몰드 윗부분에는 무경을 부착하여 고온에 따른 수분 증발을 막아 건조수축을 방지하고, 동시에 양생조 내에 걸로된 물이 공시체 속으로 흘러들지 않도록 하였다.

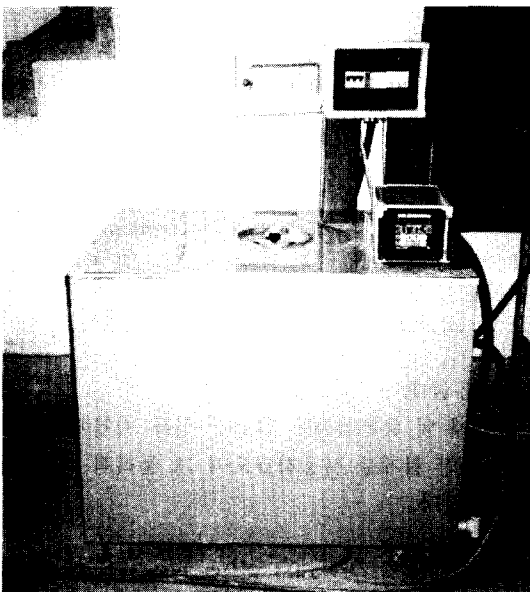


Fig.1 Accelerated concrete Strength curing tank

증기양생조는 12~24시간 안에 재령 28일 강도 발현을 가능하게 하는 전자식 자동양생조를 사용하였으며, 이 장비는 양생시간과 온도 및 습도, 온도의 상승 및 하강구배를 Control Box에서 프로그램화하여 자동 제어할 수 있으며, 증기양생에서 가장 큰 영향을 주는 인자인 온도의 오차를 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 이내로 제어할 수 있다.

압축강도시험은 200톤급 만능시험기를 사용하여 강도를 측정하였다.

3.3 공시체의 제작 및 양생

압축강도용 기준공시체 및 실험공시체는 각 측정 시기별로 각각 3개씩 제작하여 시험하였다.

실험공시체는 표 1에서 주어진 바와 같이 양생구기에 따른 세 가지 변수별로 공시체를 제작하였으며, 공시체 제작시 콘크리트의 초기온도는 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 측정되었다.

첫 번째 변수는 성형한 후 가열하기 전까지의 전양생시간을 각각 0, 1, 2, 3, 4, 5시간으로 구분하여 각각 공시체를 제작하였고 전양생시간의 변화가 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향을 고찰하였다.

두 번째 변수는 갑작스런 온도상승에 의한 온도균열의 발생을 억제할 수 있는 온도상승구배를 분석하기 위하여 단위시간당 온도상승구배를 10 $^\circ\text{C}$, 20 $^\circ\text{C}$, 30 $^\circ\text{C}$, 45 $^\circ\text{C}$, 70 $^\circ\text{C}$, 95 $^\circ\text{C}$ 로 상승시켜 각각의 공시체를 제작하였다.

마지막으로 최고 양생온도는 ACI^{(8), (9), (10)}에서 권장하는 66 $^\circ\text{C}$ 와 최고 한계치인 82 $^\circ\text{C}$ 를 적용하는 외에, 최저온도의 결정을 위하여 그 중간온도인 71 $^\circ\text{C}$ 및 77 $^\circ\text{C}$, ACI의 한계치를 넘는 87 $^\circ\text{C}$ 를 적용하였으며, 또 국내 PC공장에서 적용할 수 있는 100 $^\circ\text{C}$ 까지 고려하여 각각 공시체를 제작하여 촉진 양생한 후 압축강도를 시험하였다. 최고양생온도의 지속시간은 실험 변수와는 관계없이 모두 6시간을 적용하였다.

또한 표준양생만을 실시한 공시체를 제작하여 설계강도에의 도달여부를 확인하였고, 기준공시체와 동일한 촉진양생을 실시한 후 온도 25 $\pm 1^\circ\text{C}$, 습도 40%의 항온항습조에서 기건양생하여 제작한 공시체의 강도와 촉진양생 후 수증양생한 경우의 강도를 비교하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 전양생시간과 압축강도

전양생시간만을 변화시켜 공시체를 제작하여 재령별로 압축강도시험을 한 결과, 상온 25℃에서 방치된 전양생시간이 길수록 강도는 선형으로 비례하여 증가하는 것으로 나타났다.

축진양생시 전양생시간을 길게 할수록 강도증진의 효과는 있지만 온도상승으로 인한 열팽창에 대하여 일정량의 저항력만 갖출다면 전양생시간을 너무 길게 취하는 것은 비경제적이라 할 수 있다.

본 시험의 결과에서 그림 2의 탈형압축강도 곡선을 살펴보면 전양생시간 0시간에 비하여 전양생시간을 1시간 두었을 경우 14 kg/cm²의 강도가 증진되었으며, 전양생시간을 1시간씩 더 취할 때마다 약 3~4kg/cm²씩 증진되었다. 따라서 콘크리트를 축진양생시킬 때 전양생시간 1시간 이내의 수화량은 탈형강도에 커다란 영향을 미친다고 판단된다.

전양생시간 0시간 및 1시간의 경우를 제외한 모든 공시체는 축진양생 후 수중에서 양생시켰으므로 수화반응이 계속 진행되어 재령 28일 강도는 설계강도 이상으로 강도증진이 이루어졌다. 0시간과 1시간의 경우는 재령 28일의 강도가 설계강도 270kg/cm²에 도달하지 못한 것으로 보아 온도상승시 구성재료 간의 열팽창압에 충분히 견딜 수 있는 인장강도를 지니지 못하여 내부에 회복할 수 없는 미세균열이 발생하였다고 사료된다.¹⁾ 따라서 축진양생시 나타나는 콘크리트의 강도저하는 온도상승으로 인한 수화조직의 불균질에서 기인한다¹⁾기 보다 구성재료 간의 열팽창에 의한 내부 균열의 발생

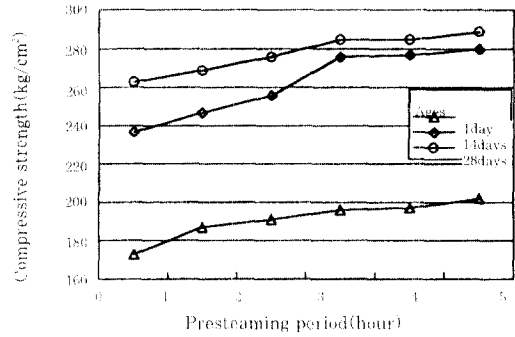


Fig. 2 Presteamming period and compressive strength

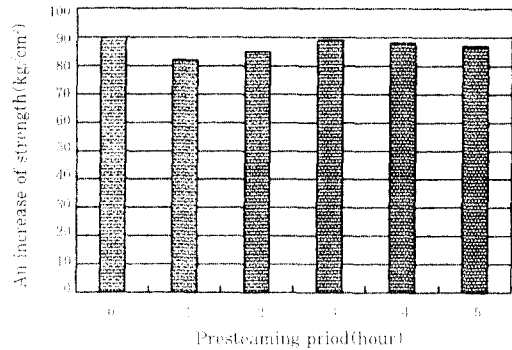


Fig. 3 Presteamming period and an increase of strength

이 강도저하에 더 크게 영향을 미치고 있다"고 판단된다.

본 시험결과와 탈형압축강도 곡선을 살펴보면 전양생시간 1시간을 경과하는 시기에서 기물기가 분화되었으므로 전양생시간 1시간 이내의 수화진행량은 외부의 온도상승에 견딜 수 있는 수화조직을 갖출 수 있다고 사료되지만, 재령 28일 후의 결과를 고려하면 각 측정시기에서 각각 강도가 분화되는 시점인 3시간 이상을 상온에서 전양생시킨 후 온도상승을 시작해야 구성재료간의 열팽창에 의한 강도저하를 방지하여 설계강도에 도달할 수 있다고 판단된다.

4.2 온도상승구배와 압축강도

전양생시간을 동일하게 적용하였더라도 낮은 구배의 온도상승은 강도증진에 효과가 있지만 상승구배가 급할 경우 오히려 탈형강도는 저감되는 경향

Table 5 Presteamming period and compressivestrength

Presteamming period	Compressive strength (kg/cm ²)	σ_1	σ_{11}	σ_{28}	An increase of strength (kg/cm ²)
0		173	237	263	90
1		187	247	269	82
2		191	256	276	82
3		196	276	285	89
4		197	277	285	88
5		202	280	289	87

을 나타냈다.

이러한 경향은 촉진양생에서 급격한 온도상승으로 인하여 아직 굳지 않은 콘크리트 내의 액상성분과 고체성분 사이의 열팽창의 차이에서 발생하는 내부응력 때문에 콘크리트 내부에 온도균열이 발생하며⁽⁷⁾, 이 온도 균열이 강도감소를 가져왔다고 할 수 있으며, 급격한 온도상승은 수화 및 강도에 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구에서 전양생시간을 동일하게 3시간씩 적용시킨 후 온도상승을 시켰을 때, 그림 4의 탈형압축강도 곡선을 살펴보면 온도상승구배가 30℃/hr를 초과하였을 경우 강도가 현저하게 감소되었으며, 재령 28일 경과 후 강도 값을 비교해 보면 모든 공시체가 설계강도 값에 근접하고 있음을 알 수 있었다. 그림 5에서처럼 탈형강도에 대한 재령 28일의 강도 증가는 탈형강도가 클수록 적게 증가하였다. 이는 2차양생인 수증양생과정에서 수분의 공급이 원활하여 촉진양생시 미처 수화되지 못한 부분이 계속 수화가 진행되었으므로 미수화 부분이 많은 공시체일 수록 강도의 증진량이 큰 것으로 나타났다

탈형 압축강도에서 재령 28일 후의 강도증진을 살펴보면, 온도상승을 시간당 70℃ 이상으로 시켰을 때 재령 28일 경과 후 강도는 설계강도값 근처에 접근하였으며, 45℃ 이하인 경우는 설계강도를 초과하는 것으로 나타났다.

그러나 현장에서는 대부분 부재를 증기양생한 후 2차양생을 실시하지 않은 상태에서 제품을 출하시키고 있는 실정이며, 본 실험결과에서 30℃/hr 보다 높은 온도상승구배는 탈형압축강도가 크게 감소

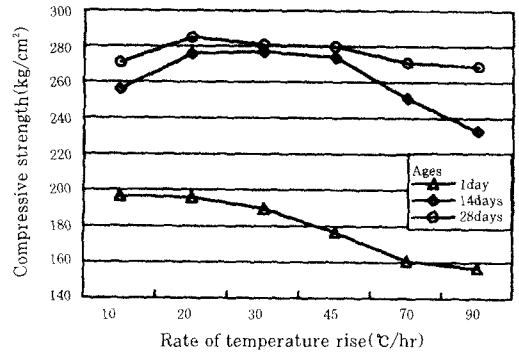


Fig. 4 Rate of temperature rise and Compressive strength

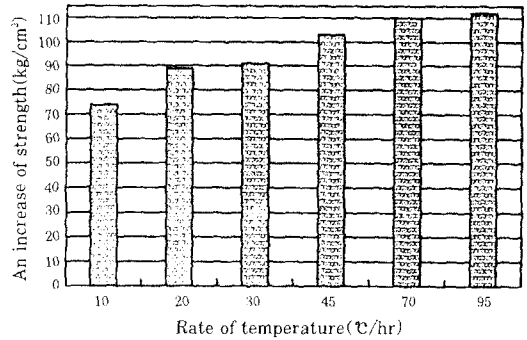


Fig. 5 Rate of temperature rise and an increase of strength

되었으므로 현장에서 사용할 수 있는 적절한 온도상승구배는 30℃/hr 내외라고 사료된다.

4.3 최고양생온도와 압축강도

전양생시간을 3시간, 온도상승구배를 20℃/hr로 일정하게 하고 최고양생온도만을 변화시켜 실험한 결과, 본 실험과 같이 비교적 단기간의 상압 증기양생주기를 갖는 콘크리트의 경우 최고양생온도와 강도 값은 항상 비례하지는 않는 것으로 나타났다.

콘크리트 부재를 촉진양생시킬 때 콘크리트가 온도로 인한 응력의 변화가 적고 수화과정에서의 수화생성물이 적절한 반응활성도를 지니어 높은 강도를 발휘할 수 있는 양생조건을 갖추어도, 최고양생온도를 어느 정도 이상 높이면 압축강도는 계속 증진되지 않음을 실험결과를 통하여 알 수 있었다.

Table 6 Rate of temperature rise and Compressive strength

Rate of temperature rise (°C/hr)	Compressive strength (kg/cm ²)			An increase of strength
	σ_1	σ_{14}	σ_{28}	
10	197	256	271	74
20	196	275	285	89
30	190	277	281	91
45	177	274	280	103
70	161	251	271	110
95	157	233	269	112

표 7 및 그림 6에서 탈형 강도의 경우 77℃나 82℃의 경우가 오히려 100℃의 경우보다 강도가 상회하는 것으로 나타났으며, 이는 높은 온도에서 수화생성물의 미세조직이 불균질하게 배열되어 입자간의 결합력이 저하되고 구성재료간의 열팽창에 의한 온도균열이 발생하여 압축강도의 감소를 초래하였기 때문이라고 판단된다.

재령 28일의 강도를 비교해 보면 87℃와 100℃의 경우를 제외하고 모두 설계강도값을 상회하였다. 설계강도 270kg/cm²에 비하여 87℃ 경우는 20kg/cm² 정도 강도가 낮았고 100℃인 경우 40kg/cm² 정도 강도가 낮은 결과를 얻었으며, 이는 탈형 후 이미 수화생성물의 내부에 회복할 수 없는 온도균열이 발생하여 수분공급으로 2차양생을 계속하여도 강도증진량은 아주 적어 설계강도 값에 훨씬 못 미치는 강도를 나타냈다고 판단된다.

수중양생에 의한 2차양생의 효과를 살펴보면 82℃ 이하의 범위에서는 탈형 강도가 낮을수록 크게 증가하였으며, 최고온도가 82℃를 초과하는 경우 재령 28일 강도가 설계강도 값에 도달하지 못하였다. 따라서 그림 6과 같이 82℃ 정도가 강도증진과 감소의 전환점이라고 할 수 있으므로 촉진양생시 최고양생온도는 82℃를 초과하지 않도록 해야 한다.

Table 7 Maximum temperature and compressive strength of concrete

Maximum temperature	Compressive strength (kg/cm ²)			An increase of strength
	σ_1	σ_{14}	σ_{28}	
66	155	239	289	134
71	161	244	287	126
77	188	267	288	100
82	196	276	285	89
87	185	220	250	65
100	180	208	231	51

4.4 양생조건에 따른 압축강도 비교

본 시험의 비교기준이 되는 기준공시체를 동일한 촉진양생을 실시한 후 2차양생조건을 수중에서의 양생시킨 경우와 현장과 유사한 조건인 대기상태(기온 20℃)에서 기건양생한 경우를 비교하면 표 8

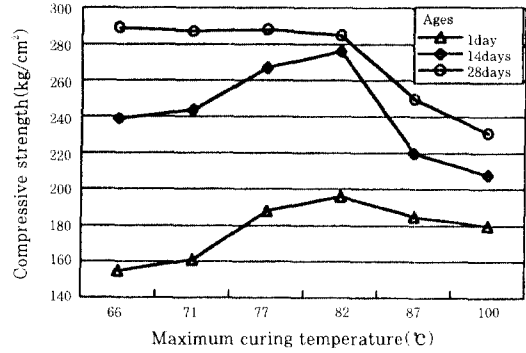


Fig. 6 Maximum temperature and compressive strength of concrete

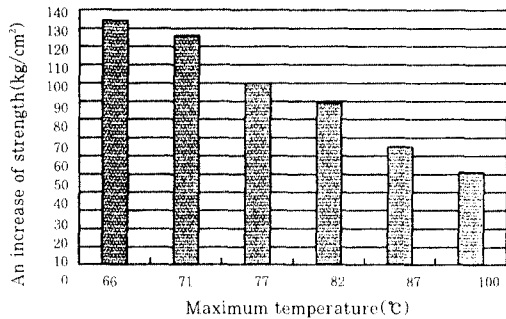


Fig. 7 High temperature and an increase of strength

과 같이 2차양생시 수중양생을 시킨 공시체는 설계강도를 훨씬 초과한 반면, 기건양생한 경우는 설계강도에 31kg/cm²나 못 미치는 결과를 가져왔다. 따라서 촉진양생을 시킨 공장제품은 현 시행하고 방식, 즉 촉진양생 후 제품출하 직전까지 대기상태에서 적재장에 방치하는 경우 강도손실을 가져오므로 소요강도에 이르기까지 살수 등의 방법으로 수분을 지속적으로 공급해야 한다고 판단된다.

Table 8 Comparison of Compressive strength

Type	Compressive strength (kg/cm ²)	σ_1	σ_{14}	σ_{28}	An increase of strength (kg/cm ²)
Spec. A (postcuring : dry)		196	276	285	89
Spec. B (Postcuring : dry)		196	212	239	45
Spec. C (Standard curing by KS)		-	-	276	-

5. 결론

콘크리트를 촉진양생시킬 때 양생조건이 압축강도에 미치는 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 촉진양생으로 콘크리트를 경화시킬 때, 콘크리트 구성 재료간의 열팽창계수 차이에 의한 과도한 온도응력의 발생을 방지하고 재령 28일 후 설계강도 값에 효과적으로 도달하기 위한 양생조건은, 본 시험 조건하에서 전양생시간은 커다란 영향을 미치지 않았으나 탈형시 소요강도의 확보를 위하여 강도증진이 둔화되는 시점인 3시간 이상을 두어야 하고, 온도상승구배는 단위 시간당 30℃ 이하로 하여야 하며, 또한 최고양생온도는 82℃를 초과하지 않도록 해야 한다고 판단된다.

2) 본 실험 결과에 의하면 촉진양생 후 수증양생을 시켰을 때 각 변수 조건에서 탈형 강도가 클수록 2차양생 후 강도의 증가량은 적게 나타났으며, 탈형 강도가 작을수록 강도 증가량은 커지는 결과를 얻었다. 촉진양생 후 수증에서 2차양생을 실시하여 지속적으로 수분을 공급받아 수화가 계속 진행하였으므로, 탈형강도가 적을수록 미수화량이 많아 수화증가량이 더 크게 나타났다. 따라서 증기양생에서는 2차양생의 효과는 촉진양생의 온도와 시간에 따른 변수 못지않게 중요한 요소가 될 수 있으므로 소요의 품질이 확보될 때까지 습윤양생을 계속해야 한다.

3) 촉진양생 후 2차양생의 조건을 달리하여 공시체의 압축강도시험을 한 결과, 계속하여 수증양생시킨 후 재령 28일의 강도는 전양생시간이 1시간 이하인 경우, 온도상승구배가 단위시간당 95℃이상인 경우, 그리고 최고양생온도 87℃ 이상인 경우를 제외하고 모두 설계강도 이상으로 도달하였다. 기전양생으로 2차양생을 한 경우는 재령28일의 강도가 설계강도에 못 미쳤다.

따라서 현장에서는 촉진양생의 효과를 증대시키기 위하여 촉진양생 후 일정 온도에서 삼수 등의 2차양생을 실시하여 강도증진을 도모해야 한다.

4) 본 연구는 상압 증기양생조건에 따른 콘크리트의 수화 및 강도와와의 상관성을 고찰한 것이다. 추후의 연구에서 양생조건 변화의 다양하게 하여 강도가 증감하는 온도 및 시기를 보다 정확하게 언

기 위한 실험이 지속되어야 하며, 현장적용성을 살리기 위하여 촉진양생을 마친 후 여러 가지 상태의 대기조건에 방치한 경우 등에 대하여 광범위한 실험이 이루어져야 할 것이다.

6. 감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원으로 수행된 중간 결과보고로서 재단 당국에 감사드립니다. 또한 자료조사에 도움을 주신 국내 여러 PC사업체에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설부, "프리캐스트 콘크리트 조립식 건축공사 표준시방서," 1994. 4.
2. 대한주택공사, "프리캐스트 콘크리트 부재제작 및 조립공사 표준시방서," 1994. 4.
3. Schmid, E. and Schutz, R. J., "Steam Curing," Journal, Prestressed Concrete Institute, Vol. 2, No. 2, Sept. 1957, pp.37-40
4. Higginson, E. C., "Effect of Steam Curing on the Important Properties of Concrete," ACI Journal, Proceedings, Vol. 58, No. 3, Sept. 1961, pp. 281-298
5. Nurse R .W., "Steam Curing of Concrete," Magazine of Concrete Research(London), Vol. 1, No. 2, June 1949, pp. 79-88
6. 日本セメント協會, "コンクリート技術者のためセメント化學雜論," 1985, pp.15-20
7. 日本建築學會, 建築工事標準任樣書・同解説, JASS10 フレキャストコンクリート工事, 1991. 1.
8. ACI Committee 517, "Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressures-State of the Art(ACI 517.2R-80)," ACI Standard 1980.
9. ACI Committee 308, "Standard Practice for Curing Concrete(ACI 308-92)," ACI Standard 1992.
10. ACI Committee 517, "Low Pressure Steam Curing," J. of ACI, Aug. 1963.
11. Verbeck, G.J. and Helmuth, R. H., "Structural Physical Properties of Cement Paste," Proc. Symp. Chem. Cement Tokyo, 1936.

(접수일자 : 1996. 4. 17)