

# 폴리머 콘크리트의 초기강도에 미치는 양생온도의 영향

## Effects of Curing Temperature on Early Strength of Polymer Concrete

○연규석\*                      김광우\*\*                      이봉학\*\*\*  
Yeon Kyu Seok              Kim Kwang woo              Lee Bong Hak

### ABSTRACT

This is an experimental study to investigate change of early strength of polymer concrete due to curing temperature change. Polymer binders that were used in the experiment include 2 types of epoxy system and 4 types of polyester system which are commercially produced in Korea. The study result showed that there was a difference in early strength by curing temperature. At 35°C which is a higher than normal curing temperature, higher strengths were developed in polymer concretes prepared with KB-Clear and YD-128 of epoxy system, and G-550 and H-660 of polyester system. However, at the same temperature, reduced strengths were obtained for FH-103 and TR-132 of polyester system. Further study under various curing conditions with humidity and temperature change will warrant more generalized result.

### 1. 서 론

근년에 이르러서 폴리머 콘크리트는 건설산업용 신소재로서 그 위치가 점점 확고해지고 있다. 이에 따라 세계 각국에서는 폴리머 콘크리트에 대한 연구를 매우 활발히 전개해 나가고 있다.

그리하여 1975년부터 시작하여 금년의 6회까지 3년마다 열리던 국제학술회도 앞으로는 그 기간을 단축하여 제 7회를 92년에 모스크바에서 개최기로 하는 등 뚜렷한 연구분위기의 고조를 느끼게 된다.

이에 본 연구자들은 각종 폴리머 콘크리트의 개발에 관한 연구의 기초단계로서 양생온도가 이에 미치는 영향을 구명키 위해 이 연구를 수행하기에 이르렀다.

일반적으로 건설산업용 재료의 특성을 나타내는 것에는 여러가지 항목이 있으나 일단 강도적 성질이 대표적인 것이라고 할 수 있겠다. 강도적 성질에 미치는 요인은 결합재의 양, 골재의 종류, 배합비 등 여러가지를 들 수 있겠으나 폴리머는 열과 밀접한 관계를 가진 재료이므로 양생온도도 중요한 요인 중의 하나이다. 더욱이 폴리머 콘크리트는 속경성 이므로 시멘트 콘크리트에서 정의되는 3일 이내의 초기강도가 매우 중요한 자명한 사실이다.

이와 관련된 연구는 일본, 미국을 중심으로한 세계 각국에서의 선행연구도 많이 있으나 폴리머 자체의 조성은 물론 골재의 성질, 배합비 등이 달라 그 결과를 적용하는데는 문제가 있다.

따라서 이 연구에서는 현재 한국에서 생산되고 있으며 실용가능성이 높은 폴리머류를 구입하여 폴리머 콘크리트를 제조한 후, 이를 대상으로 양생온도에 따른 초기강도 변화특성을 구명하여 제시함으로써 폴리머 콘크리트의 개발을 위한 기초자료로서 이용하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 사용재료

##### 2.1.1 폴리머

사용된 폴리머류는 에폭시 수지 시스템 2종, 폴리 에스터 수지 시스템 4종이며, 이는 현재 한국에서 생산되고 있는 것들 중 일차적인 실험을 통해 폴리머 콘크리트의 제조에 유리한 것으로 판명된 것들이다.

이들의 상품명 및 성상은 표 1과 같다.

##### 2.1.2 골재

이 시험에서 사용된 세골재 및 조골재(최대치수 10mm)는 강원도 홍천강에서 채취된 자연산 골재이고, 폴리머 콘크리트용 골재는 0.1% 이하의 함수율을 가져야 하므로 오븐에서 24시간 건조시켰으며, 이들 골

\* 정희원, 강원대학교 농공학과  
\*\* " , 강원대학교 농공학과  
\*\*\* " , 강원대학교 토목공학과

재의 물리적 성질은 표 2 와 같다.

표 1. 사용된 폴리머의 종류

시스템	상 품 명	생산회사	색 상	점도(25℃, 스톱스)
에폭시 수 지	KB clear	KB사	엷은 미색	11.71
	YD-128	KD사	//	29.20
폴리 에스터 수 지	G-550	MW사	엷은분홍색	1.06
	H-606	MW사	//	7.72
	FH-103	AK사	//	1.74
	TP-132	AK사	//	1.34

표 2. 사용된 골재의 물리적 성질

구 분	비 중	흡수율(%)	조 립 율
세 골 재	2.68	0.73	3.2
조 골 재	2.63	0.57	6.4

### 2.1.3 중 전 제

주로 증량효과를 목적으로 쓰이며 1~30 μm 정도 의 입경을 가진 것이면 된다. 이 시험에서는 규사생 산시 산출된 식분을 사용하였다.

## 2.2 공시체 제작

### 2.2.1 배합비 결정

배합비는 시행착오법에 의해 얻어진 최소공극을 갖 는 세골재와 조골재의 비율에 기초를 두고 워커밀러 터블 고려하여 결정되었으며, 이 결과 얻어진 재료의 배합비는 표 3 과 같다.

표 3. 폴리머 콘크리트의 배합비

(단위 : kg/m<sup>3</sup>, %)

결 합 재	세 골 재	조 골 재	중 전 재	계
272 (12.5)	884 (40.6)	884 (40.6)	136 (6.3)	2,176 (100)

### 2.2.2 제작 및 양생

배합은 세골재, 조골재 및 충전체를 잘 혼합한 후 건합체를 투입하는 순서로 하였으며 비빔은 불량이 작아 삽비빔을 하였다. 공시체는 타실후 3-4 시간 이 지난 다음 탈형하여 온도 25℃, 35℃, 45℃로 조절된 항온기에서 소정의 재령까지 양생시켰으며, 이 때의 습도는 60% 이하를 유지했다.

## 2.3 시험방법

압축강도 및 활열인장강도 시험은 φ 50 × 100 mm의 공시체를 제작하여 KS F 2405 및 KS F 2423에 규정된 시험방법에 따라 수행하였으며, 휨강도 시험 은 40 × 40 × 160 mm의 공시체를 제작하여 KS F 2408에 규정된 3등분점 하중법으로 측정하였다.

그리고 각 강도는 재령 1일, 2일, 3일에서 측정 되었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 압축강도

양생온도에 따른 폴리머 콘크리트의 재령별 압축 강도 변화양상을 보인 것이 그림 1이다.

압축강도는 에폭시 수지 시스템이 폴리에스터 시스템 보다 약간 높게 나타났다. 특히 1일 강도에서는 600 kg/cm<sup>2</sup> 정도로 이들간에 큰 차이가 없었으나, 3 일강도는 에폭시 수지 시스템이 800 kg/cm<sup>2</sup>을 상회하 는데 비해 폴리에스터 수지 시스템은 700 kg/cm<sup>2</sup>을 하회하여 뚜렷한 차이를 보였다.

재령별 압축강도를 살펴보면 3일강도에 비해 1일 강도가 상당히 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있 다. 즉 1일 이후의 강도는 재령에 따라 급격한 증 가를 보이지 않는 바 이는 1일 이내에 초기강도가 상당히 발휘됨을 보여주는 결과로서 이러한 경향은 고온일수록 뚜렷했다.

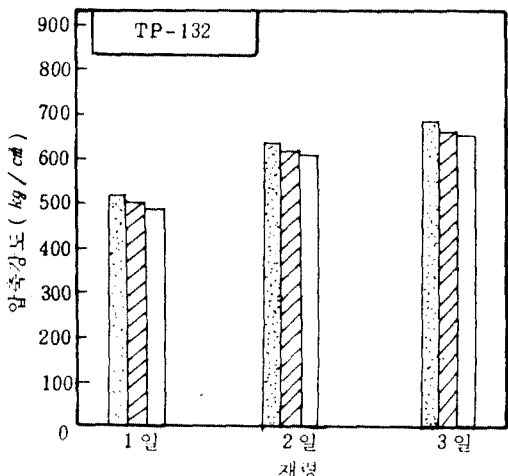
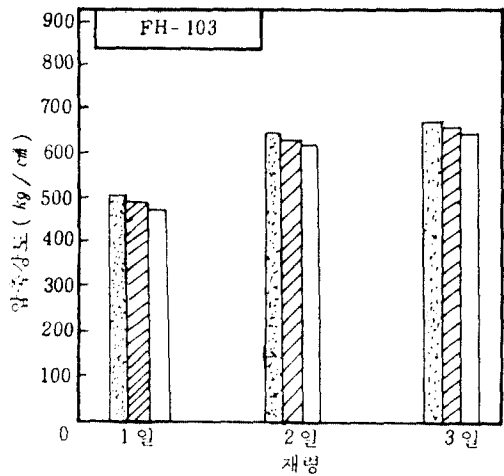
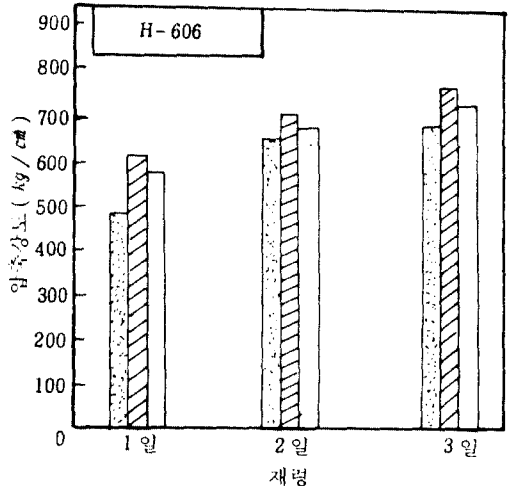
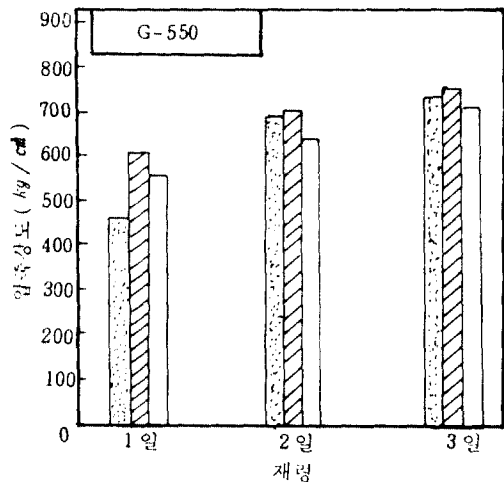
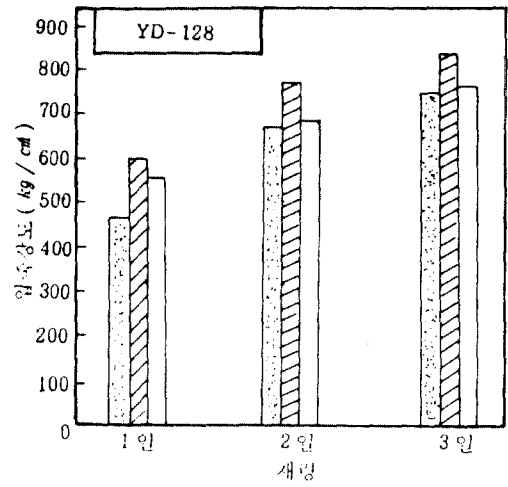
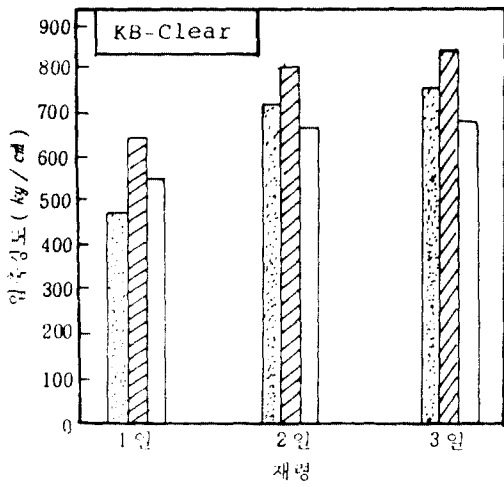
한편 양생온도별 압축강도 변화양상을 살펴보면 에 폭시 수지 시스템인 KB-Clear와 YD-128, 폴리에 스테르 수지 시스템인 G-550과 H-606은 35℃에서 높은 압축강도를 보였으나, 같은 폴리에스테르 수지 시 스템인 FH-103과 TP-132는 25℃에서 높은 압 축강도를 나타내어 결국 비교적 고온이라 할 수 있 는 45℃에서는 모두 낮은 강도를 나타내고 있음을 알 수 있다.

이는 연속적인 장시간의 고온양생이 효율적이지 못 함을 보여 주는 결과라 하겠으며, 고온에서 양생을 시 킨 경우는 가열시간, 가열온도를 달리하는 등 외국에 서와 같은 별도의 양생방법을 택할 필요가 있을 것으 로 판단된다.

### 3.2 활열인장강도

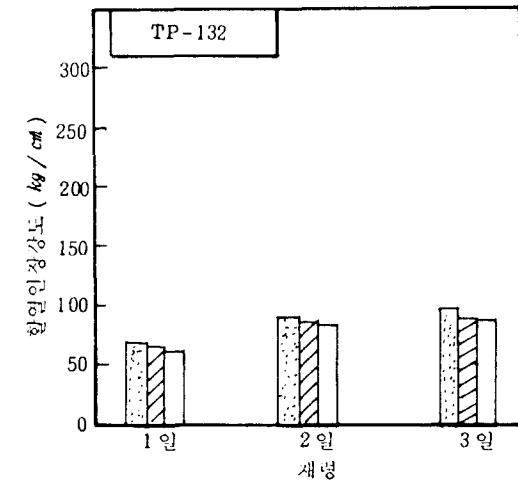
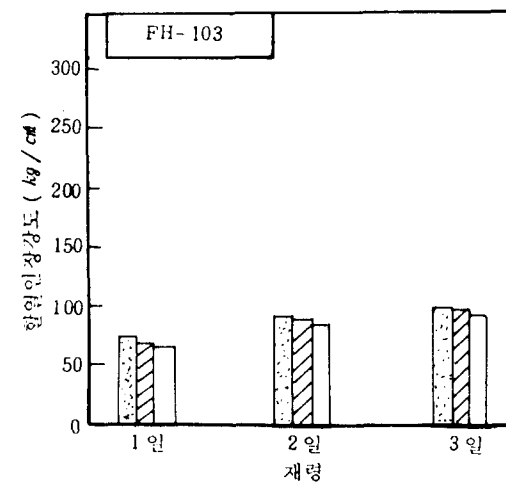
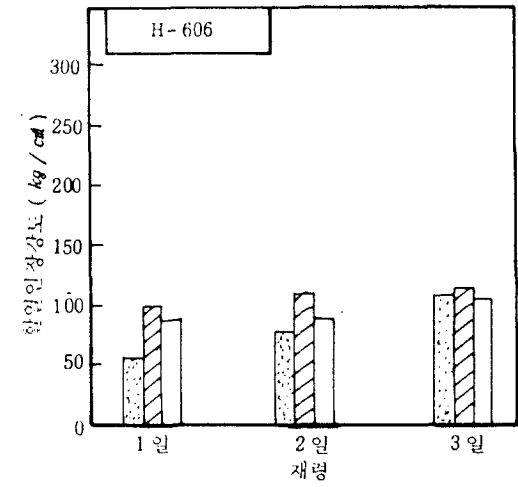
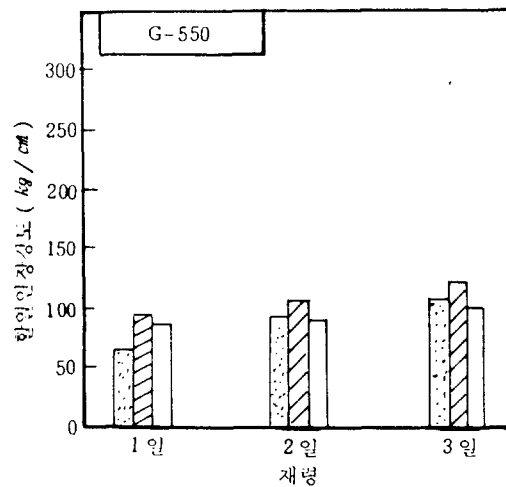
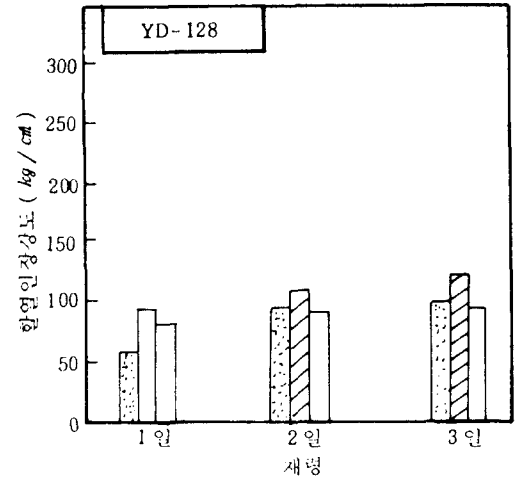
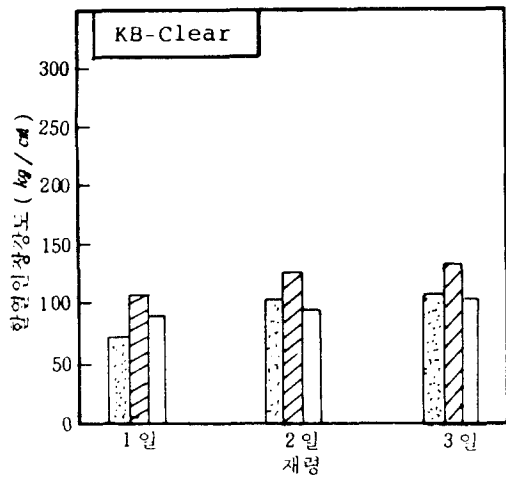
양생온도에 따른 폴리머 콘크리트의 재령별 활열인 장강도 변화양상은 그림 2와 같다.

활열인장강도는 재령 3일의 경우 에폭시 수지 시스



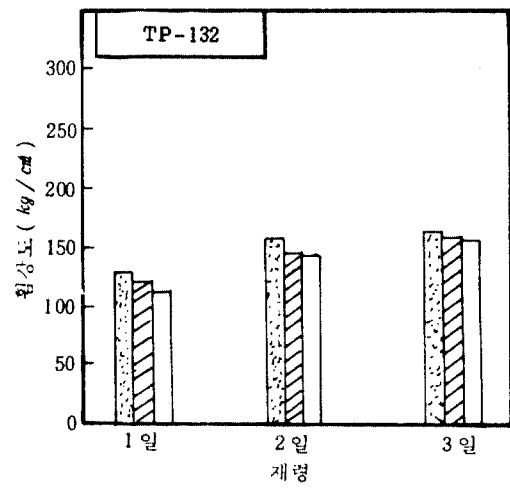
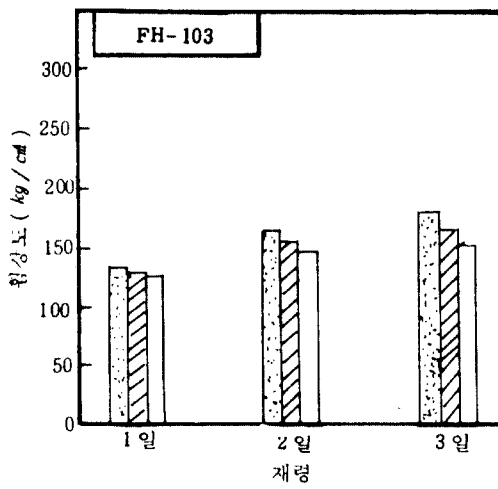
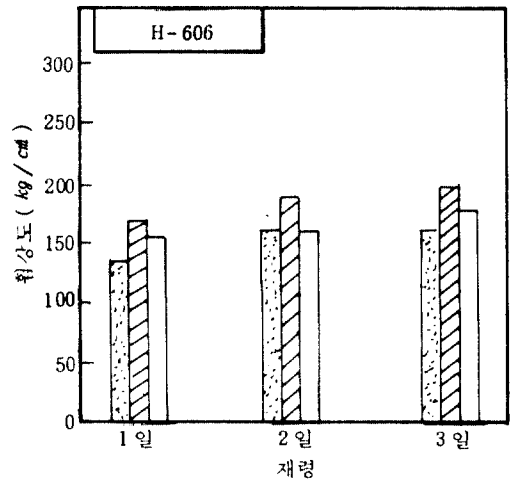
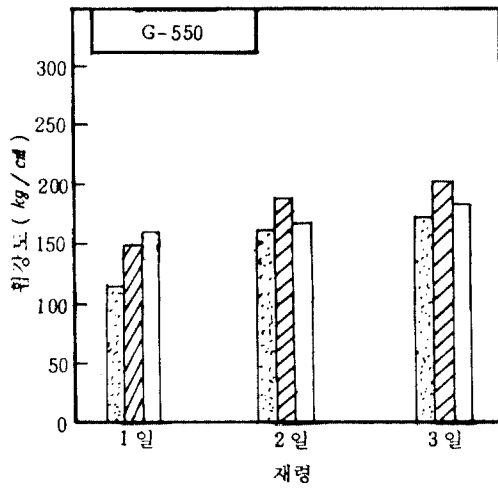
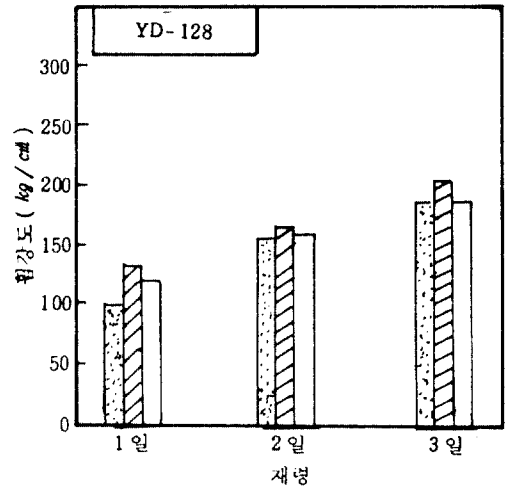
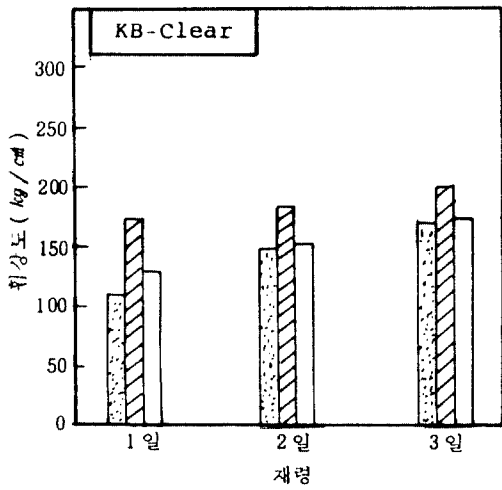
범례    25°C    35°C    45°C

그림 1. 양생온도에 따른 재령별 압축강도 변화



범례    25°C    35°C    45°C

그림 2. 양생온도에 따른 재령별 합열인장강도 변화



범례    25°C    35°C    45°C

그림 3. 양생 온도에 따른 재령별 휘강도 변화

템인 KB-Clear와 YD-128, 폴리에스터 수지 시스템인 G-550과 H-606이  $100 \text{ kg/cm}^3$ 를 상회하는데 비해, 같은 폴리에스터 수지 시스템인 FH-103과 TP-132는  $100 \text{ kg/cm}^3$ 를 하회하는 것으로 나타났다.

재령별 활열인장강도 변화는 1일, 2일, 3일간의 강도차이가 비교적 크지 않은 것으로 보아 고온일수록 1일 이내에 활열인장강도의 상당부분이 발현됨을 알 수 있다.

양생온도가 활열인장강도에 미치는 영향을 살펴보면 압축강도에서와 마찬가지로 KB-Clear, YD-128 및 G-550, H-606에서는  $35^\circ\text{C}$ 에서 가장 유리한 활열인장강도의 발현을 보였고 FH-103과 TP-132에서는 양생온도의 증가에 따라 약간씩 감소하는 경향을 보였다.

이같은 원인은 폴리머 자체의 조성이 제조회사별로 차이가 있기 때문으로 분석되는 한편, 장시간 가열양생을 한 후 곧바로 시험을 하는 등 시험방법의 차이에도 기인한다고 생각된다.

### 3.3 휨 강도

양생온도에 따른 폴리머 콘크리트의 재령별 휨강도 변화양상은 그림 3과 같다.

휨강도는 재령 3일의 경우 예폭시 수지 시스템인 KB-Clear와 YD-128, 폴리에스터 수지 시스템인 G-550과 H-606이  $200 \text{ kg/cm}^3$  정도의 수준을 유지하는데 비해, 같은 폴리에스터 수지 시스템인 FH-103과 TP-132는  $170 \text{ kg/cm}^3$ 의 수준에 머물렀다.

재령별 휨강도의 변화를 살펴보면 압축이나 활열인장강도에서와 마찬가지로 재령 1일과 재령 3일에서의 차이가 작은 것으로 보아 고온일수록 초기강도의 상당부분이 1일 이내에 형성됨을 알 수 있다.

양생온도가 휨강도에 미치는 영향을 살펴보면 역시 압축강도나 활열인장강도에서와 마찬가지로 KB-Clear, YD-128 및 G-550, H-606에서는  $35^\circ\text{C}$ 에서 가장 높은 강도를 보였고 FH-103과 TP-132에서는  $25^\circ\text{C}$ 의 경우가 가장 높은 강도를 보였다.

따라서 이것 역시 연속적인 장시간의 고온양생이 유리한 것으로만 생각할 수 없음을 보여주는 결과라고 하겠다.

### 4. 결 론

이 연구는 폴리머 콘크리트의 초기강도에 미치는 양생온도의 영향을 구명하기 위한 연구로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 양생온도가 강도 발현에 미치는 영향은 폴리머의 종류에 따라 차이를 보였다. 즉 KB-Clear와 YD-128 및 G-550과 H-606은  $35^\circ\text{C}$ 에서 유리했고 FH-103과 TP-132는  $25^\circ\text{C}$ 에서 유리했다.

2) 재령별 초기강도는  $25^\circ\text{C}$ 에서 비교적 큰 차이를 보였을 뿐 고온으로 될수록 그 차이가 작게 나타나 1일 이내의 강도 발현이 큼을 알 수 있다.

3) 장시간의 연속적인 고온양생이 결코 유리하다고만 할 수 없는 바 가열온도, 가열시간 등 고온을 이용한 양생방법에 대해 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

### 감사의 글

이 연구는 한국과학재단의 '89 목적기초연구사업에 의해 이루어진 연구결과와 일부임을 밝혀두며, 이 연구의 수행에 재정적 지원을 하여 주신 한국과학재단 당국에 감사를 드린다.

### 참 고 문 헌

1. 岡田清, "プラスチックコンクリート", 콘크리트工学, 16(1), 1978, pp. 18-28.
2. 清水茂夫, "レジンコンクリートの概要と製造技術", 工業材料, 22(5), 1974, pp. 81-88.
3. 大濱嘉彦, "プラスチックコンクリート用材料について", 콘크리트ジャーナル, 11(4), 1973, pp. 72-79.
4. 出村克宜, "ポリエステルレジンコンクリートの養生條件と壓縮強度の關係", 日本建築學會大會學術講演梗概集(構造系), Sept. 1980, pp. 241-242.
5. 出村克宜, "ポリエステルレジンコンクリートの壓縮強度に及ぼす養生條件の影響", 日本建築學會東北支部研究報告集, No 35, Mar. 1980, pp. 61-64.
6. Kobayashi, K. and Ito, T., "Several physical properties of resin concrete", Proceedings of ICPIC'75, pp. 236-240.
7. Demura, K., Ohama, Y. and Shinizu, A., "Proposed mix proportioning of polyester resin concrete", Proceedings of ICPIC'84, pp. 265-269.