

몬모릴로나이트를 이용한 재활용 PET폴리머 콘크리트의 경화수축, 온도팽창계수, 압축강도

조병완^{1)*} · 태기호^{1)*} · 이두화¹⁾

¹⁾ 한양대학교 토목공학과

(2003년 10월 10일 원고접수, 2004년 2월 5일 심사완료)

Setting Shrinkage, Thermal Expansion Coefficient and Compressive Strength of Recycled PET Polymer Concrete with Montmorillonite

Byong-Wan Jo¹⁾, Ghi-Ho Tae^{1)*}, and Du-Wha Lee¹⁾

¹⁾ Dept. of Civil Engineering, Hanyang University, 133-791, Korea

(Received October 10, 2003, Accepted February 5, 2004)

ABSTRACT

Recently, as concerns over environmental issues are raised more and more trend to use recycled waste for producing construction materials is also raised. Especially, a case of waste resin is considerably destroying the environment due to disposal way that most waste resin produced is disposed of landfill.

This study is performed by polymer concrete with recycled PET resin in terms of obtaining safely clean construction resources and protection of environment. High setting shrinkage and sensitivity to heat are main disadvantages of Polymer Concrete (PC) despite of a lot merits. The aim of this study is to investigate basic properties such as setting shrinkage, length change and sensitivity to heat about PET recycled polymer concrete. The other is to check the possibility of use of Montmorillonite as one of a lot of additive without special coupling agent.

As results of experiments, various properties of polymer concrete with recycled PET resin are similar with conventional PC except that polymerization time is longer. Montmorillonite was efficiently used to reduce setting shrinkage, length change and coefficient of thermal expansion related to heat with enhanced strength

Keywords : polymer concrete, recycled PET, shrinkage reduction, length change, montmorillonite

1. 서 론

건설시장에서의 주 건설재료인 콘크리트는 모래와 자갈 등의 골재와 결합재로 이루어진 혼합물이다. 최근까지는 결합재로써 시멘트가 주종을 이루었으나, 지속적인 기간산업의 개발은 시멘트, 모래, 자갈 등과 같은 천연재료의 고갈을 초래하였을 뿐만 아니라, 더 많은 건설 폐기물들을 만들고 있는 실정이다. 따라서 기존의 시멘트 모르타르나 시멘트 콘크리트를 대체할 수 있는 새로운 건설재료의 개발이 요구되었고, 새로운 건설재료의 또다른 역할은 건설 폐기물의 양을 줄이고, 산업 폐기물을 재활용하는 친환경적인 건설재료가 되어야 한다는 것이다. 근래에 시멘트 결합재를 대체하기 위하여 폴리머를 이용한 폴리머 콘크리트를 이용하는 연구가 활발히 진행 중이며, 공장제품으

로도 활용되고 있다. 그러나 폴리머의 고비용으로 인하여 그 활용이 제한적일 수밖에 없었다. 이에, 비용적인 측면과 친환경적인 건설재료를 개발하는 차원에서 수지 폐기물을 재활용하여 폴리머 콘크리트의 결합재로써 사용하는 연구가 진행되고 있다¹⁾. 일반적으로 폴리머 콘크리트란 기존의 시멘트 결합재를 대신하여 폴리머로 일부 또는 전체를 대신하여 만든 건설재료를 의미한다. 즉, 자갈이나 모래와 같은 무기질 재료들이 결합재로써 쓰인 유기질 수지의 중합반응에 의해 경화되면서 건설재료로서의 속성들을 갖게 되며, 기존의 시멘트 콘크리트와는 다르게 수화반응을 일으키는 시멘트나 물이 포함되지 않는다. 이러한 폴리머 콘크리트는 기존의 시멘트 콘크리트에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 높은 압축강도, 인장강도 그리고 휨강도 뿐만 아니라, 중합반응에 의한 빠른 경화 시간도 중요한 장점 중에 하나이다. 또한, 충격과 부식, 내후성, 물과 해수에 대한 저항성이 탁월하다²⁾.

그러나 폴리머 콘크리트는 결합재로 사용되는 폴리머가

* Corresponding author

Tel : 02-2290-0327 Fax : 02-2292-0321

E-mail : joycon@hanmail.net

고가고, 경화시 발생하는 경화수축은 경화응력을 발생시켜 균열을 야기시키며 결국 부재의 안전에 영향을 미칠 수 있다. 또한 다른 재료와 비교하여 온도에 대한 저항성이 떨어진다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 재활용 PET 폴리머 콘크리트의 경화시 수축거동에 대해 살펴보고, 경화수축으로 인한 변형을 최소화할 수 있는 수축 저감제의 영향을 분석함으로써 폴리머 콘크리트의 역학적 특성을 위한 기초적인 자료를 제시함에 그 목적이 있다.

2. 재활용 PET 수지의 수축저감

경화시 발생하는 수축은 경화응력으로 구조물에 영향을 초래하므로 수축량을 저감시키는 연구가 필요하다. 수축저감제로 사용하는 많은 재료 중 벤토나이트의 Montmorillonite(이하 Mont.) 성분은 두개의 실리콘 사면체와 한개의 알루미늄 팔면체가 2:1의 비율로 구성되며, x-y방향은 연속적이고 z 방향은 3개의 층이 한 단위로 쌓여 있다. 이 Mont.의 가장 큰 특징은 팽창성이 뛰어나다는 점이다. 각 층 표면에 존재하는 양이온과 소리음이온들이 물이나 수지 등을 끌어들여 층 사이의 틈을 만들고, 끌어들이는 양이 많아질수록 층 사이의 간격은 벌어지고 전체적으로 팽창을 하게 된다³⁾. 유기질 이온이 Mont.의 각 층 사이에 흡수되어 반응한다는 사실은 1930초반부터 알려지기 시작했으며, 유기질 이온에 Van der waals의 힘으로 더 강한 인력을 가지고 있다고 보고되고 있다⁴⁾.

따라서, 본 연구에서는 Mont.를 첨가제로서 가능성을 살펴보기 위하여 복잡한 경화반응 장치를 이용하지 않더라도 간편하게 경화특성을 평가할 수 있는 DSC분석을 실시하였으며, 그 결과를 Fig. 1, 2에 나타내었다.

그 결과 Fig. 1과 같이 재활용 PET 수지의 중합반응이 개시되는 온도는 160 °C이며, 200 °C 전후에서 수지가 분해되는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 2와 같이 1%의 개시제(Mekpo)를 첨가하고, Mont.양을 증가시켜 실험한 결과, 등온경화온도 Mont. 양의 증가에 따라 발열피크가 점차 작아지고, 피크의 최대 발열량은 수지중합 시 Mont.의 함량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3. 실험

3.1 개요

폴리머 콘크리트의 재료는 결합제로써 C회사에서 제조된 페PET 재활용 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하였고, Methy Ethyl Kepton Peroxide를 개시제로써 1% 첨가하였으며, Fly ash와 중탄산칼슘을 첨가하여 충전제로써 비교하였다. 또한 골재는 수분함유량을 무게대비 0.5%이하로 줄이기 위해 100 °C에서 24시간동안 건조시켰으며, 수

축저감제로써 Mont.를 사용하여 수축변형율을 측정하였다. 이에 사용된 재료들의 성질을 나타내면 Table 1 ~Table 4와 같고, 사용된 재활용 PET 폴리머 콘크리트의 배합비를 Table 5에 나타내었다. 실험 변수로는 먼저 TTT(Time-Temperature-Transformation) 방법론을 도입하여 실시하였고⁵⁾, 추가적인 재료적 변수로써 Mont. 함량과 충전재의 종류의 변화에 따른 측정을 실시하였다. (Table 6)

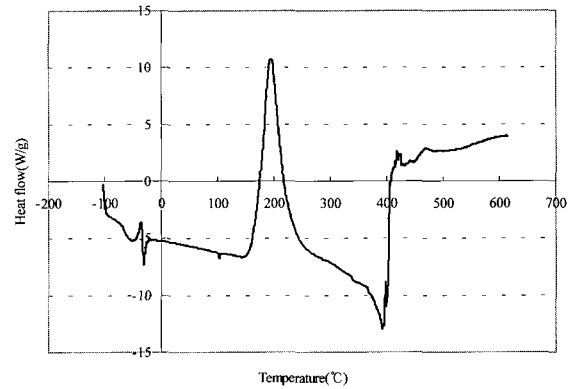


Fig. 1 DSC analysis of PET unsaturated polyester

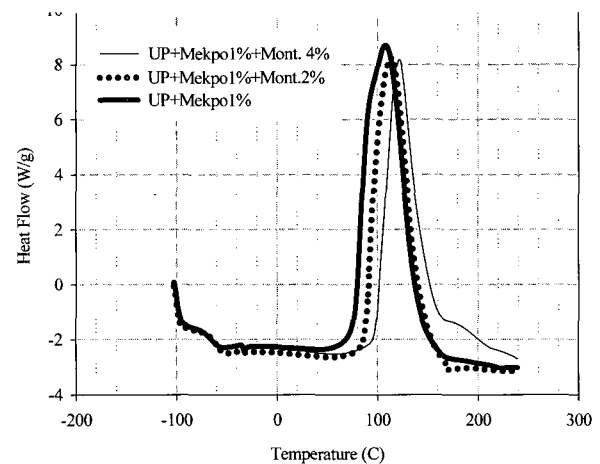


Fig. 2 DSC result according to Mont.

Table 1 Chemical composition of fly ash, Bentonite, and CaCO₃ (%)

-	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig.loss
Flyash	57.09	24.66	10.5	2.58	1.37	0.94	3.5
Bentonite	54.3	20.3	2.57	3.22	4.98	-	7.96
CaCO ₃	2.23	0.25	0.09	53.7	0.66	-	42.4

Table 2 Physical properties of fly ash and CaCO₃

-	Specific gravity	Finess (cm ² /g)	Moisture (%)	PH	Absorption (%)
Fly ash	2.2	3,765	0.2	-	-
CaCO ₃	2.7	2,500~3,000	0.3	8.8	0.1

3.2 실험 방법

경화수축을 측정하기 위해서는 ASTM C531에 의거 종 방향이 개방된 몰드를 사용하였으며, 재료적 변수에 따라 혼합된 폴리머 콘크리트를 100×100×400 mm의 몰드에 타설하는 동안 내부에 변형률 게이지를 매립하여 24시간동안 변화를 측정하였다⁴⁾. 이때 공시체의 경우는 실험 측정 시 오차를 줄이기 위하여 3개의 공시체를 제작, 측정 결과는 평균값을 사용하였다. 길이변화는 ASTM C531규정을 따라 25×25×250 mm 규격으로 실험적, 재료적 변수에 따라 길이변화를 측정하였으며⁷⁾, ASTM C531에 따라, 온도 팽창계수를 실내온도에서 24시간 상온 양생한 후, 100 °C 까지 측정, 평균값을 사용하였다. 또한, ASTM C579 규정에 따라 Ø75×150 mm의 원주형 공시체를 제작, 압축강도 실험을 실시하였으며, 이상의 결과를 토대로 최적의 Mont. 양을 결정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 초기 경화 수축

일반적으로 폴리머 콘크리트의 경우, 경화 후 초기 3시간 이내에 완전 경화가 일어나고, 수축 변형도 모두 발생한다. 이에 초기 수축량의 측정이 중요하게 되고, 이러한 초기 경화수축량의 저감이 폴리머 콘크리트의 사용성에 큰 문제로 나타나게 된다⁶⁾. Mont.의 사용에 따른 초기 경화수축을 측정한 결과, Fig 3에 나타났듯이 Mont.의 함량에 따라 수축변형률이 저감되는 것으로 나타났으며, 함량을 증가시키에 따라 저감되는 변형률은 5% 이후 그 차이가 작은 것으로 나타났다. 경화수축 변형률은 경화 후 5시간 이내에 최종 변형률인 33×10^{-4} 이 발생하였으나, Mont.의 함량에 따라 최종적으로 수축량이 Table 7에서 알 수 있듯이 23×10^{-4} 으로 나타났다. 이는 Mont. 재료의 팽창성이 폴리에스테르 수지 분자간의 수축성을 억제함으로써 분자간의 반응시간을 길어지게 하는데 영향을 미치는 것이라 생각된다. 경화 수축 변형률의 측정으로 통해 얻은 결과를 이용하여 경화수축과 시간에 따른 비선형 회귀분석을 실시하였다. 비선형 다중 회귀분석의 경우, SASS에서 지원하고 있는 Kaiser Bessel 알고리즘을 이용하였으며, 그 결과를 Table 5에 정리하였고, 다음 식(1)과 같이 나타내었다. 이때 $R^2=0.993$ 이상을 갖는 것으로 나타났으며, 전체적으로 높은 결정계수에 의한 적합도가 높은 것으로 나타났다.

$$y = a + \frac{b}{[1 + \left\{ \frac{(t-c)}{d} \right\}^2]} \quad (1)$$

Table 3 Physical properties of Mont.

-	Specific gravity	L.B.D (kg/L)	Moisture (%)	pH	Sieve (%)
Spec.	-	0.75~0.85	0.2	10~11.5	Max. 20
Result	1.22	0.8	0.3	10.4	18.9
Test Method	KS M 1104	KS M 0009	-	-	KS A 0507

Table 4 Physical properties of aggregates

-	Size (mm)	Specific gravity	Bulk specific gravity	Ratio of Abrasion(%)
Coarse	≤ 13	2.60	2.61	10.7
Fine	≤ 6	2.63	2.6	-
-	Size (mm)	Unit weight (N/cm ³)	Fineness modulus	Absorption (%)
Coarse	≤ 13	14,700	6.42	0.7
Fine	≤ 6	16,121	2.48	0.44

Table 5 Mix proportion of PC (wt, %)

Specimen	Resin content			
	UP	Mekpo	Total	
PC	99	1	100	
Specimen	Total resin content	Filler	Coarse agg.	Fine agg.
			4 ~ 7 mm	< 1.2 mm
PC	11	11	44	34

4.2 길이 변화

폴리머 콘크리트의 경우 장기 수축의 거의 90%가 초기에 발생하므로 초기의 길이변화가 중요하며, 이러한 길이변화를 부재의 강도를 저하시키지 않는 범위 내에서 최소화하는 것이 중요하다.

앞에서 설명한 Mont.의 양은 5%와 8%의 경우가 그 영향이 큰 것으로 나타났으나, 5%와 8% 사이의 값 변화는 거의 비슷하므로 길이 변화에 대한 영향은 5%의 경우에 대하여 양생온도와 기간에 따라 측정하였다. 그 결과 Fig. 5에 나타났듯이, 고온 양생 시 수축된 길이변화가 최종적으로 28×10^{-5} 로 나타났으나,

상온양생 시 길이변화는 5×10^{-5} 으로 거의 없는 것으로 나타났다. 경화 시 발생하는 길이변화는 Mont.의 첨가량에 따라서도 영향이 미치지만, 양생온도에 따라서도 영향이 있는 것으로 생각된다. 고온으로 양생 시 길이변화가 크게 나타난 것은 폴리머 콘크리트의 주재료인 수지가 온도에 영향을 받기 때문이라 생각되며, 고온과 상온 양생 시 길이변화가 나타남에 따라 PET 재활용 폴리머 콘크리트의 경우, 고온양생 보다는 상온양생(20° C)이 수축으로

Table 6 Experimental & material variables

Mark	Classification	Change factor	Mark	Classification	Change factor
T20t3	Curing for 3 days at 20°C -> measurement	Temperature (T)	PF	UP+Initiator(Mekpo1%)+Fly ash	Filler (fly ash) / Mont. contents
T50t3	Curing for 3 days at 50°C -> measurement		PFM1	PF+SRA(Mont.1%)	
T70t3	Curing for 3 days at 70°C -> measurement		PFM3	PF+SRA(Mont.3%)	
T100t3	Curing for 3 days at 100°C -> measurement		PFM5	PF+SRA(Mont.5%)	
T70t1	Curing for 1 days at 20°C -> measurement	Time (t)	PFM8	PF+SRA(Mont.8%)	Filler (CaCO ₃) / Mont. contents
T70t2	Curing for 2 days at 20°C -> measurement		PC	UP+Initiator(Mekpo1%)+CaCO ₃	
T70t3	Curing for 3 days at 20°C -> measurement		PCM5	PC+SRA(Mont.5%)	
Wt3	Curing for 3 days in water -> measurement	Water curing			

Table 7 Results from setting shrinkage

	Unit	PF	PFM1	PFM3	PFM5	PFM8
Time to max. expansion	Min.	20	30	40	50	60
Time to max. temperature	Min.	60	110	130	200	270
Max. setting shrinkage	10 ⁻⁴ m	-33.96	-31.69	-30.01	-27.06	-25.11

Table 8 Constant of formulas for setting shrinkage

Constant	a	b	c	d	R ²
PF	-34.42	34.69	28.51	120.58	0.993
PFM1	-31.86	32.62	14.10	160.21	0.999
PFM3	-30.95	31.59	32.32	187.34	0.999
PFM5	-27.89	28.88	49.43	187.68	0.999
PFM8	-25.87	27.06	60.95	189.36	0.999

인한 부재길이변화를 최소화 할 수 있을 것이라 생각된다. 또한, 앞에서 나타낸 결과를 이용하여 최종적으로 상온 양생 시 Mont.의 함량변화에 따른 길이변화를 알아보고자 하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

그 결과, 최초 50분까지 급격하게 길이변화가 발생하였고, 100분 이후로는 변화가 미소한 것으로 나타났다. 그러나, Mont.의 함량이 5% 이상인 경우부터는 계속적으로 길이변화가 감소하여 최종적으로 4×10⁻⁵으로 나타났다. 이것은 Mont. 함량이 많아지면 Mont. 속의 실리콘 이온과 알루미늄 이온이 레진속의 고분자인 스티렌과의 발열 반응을 촉진시켜 수축을 억제하는 효과가 일어난다고 생각되어진다. 길이변화에 대한 실험결과를 이용하여 다중 회귀분석인 SASS를 이용하여 회귀분석을 실시하였다.

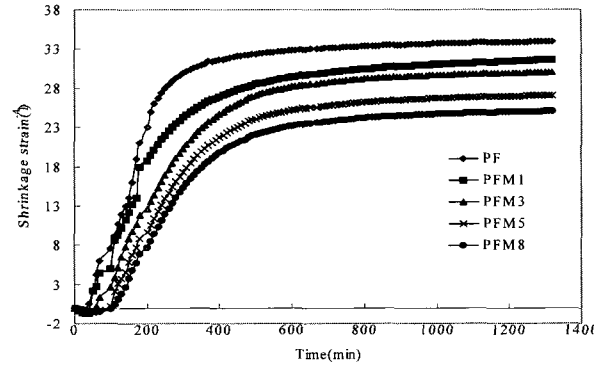


Fig. 3 Mont. effect on setting shrinkage

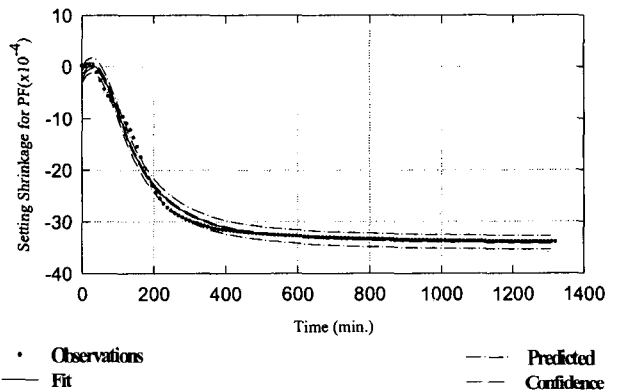


Fig. 4 Regression analysis for setting shrinkage

그 결과를 Table 9에 나타내었으며, 다음 식(2)와 같이 정리하였다. 실험을 통해서 도출된 Mont. 함량 5%, 가열온도 20°C의 조건하에서 얻어진 결과를 나타내면 Fig. 7과 같다.

$$y = a + b \exp\left(-\frac{t}{c}\right) \quad (2)$$

Table 9 Constant of formulas for length change

Constant	a	b	c	R ²
PF-T70t1	-23.67	23.25	14.47	0.992
PF-T70t2	-26.18	26.27	16.11	0.999
PF-T70t3	-27.02	26.76	17.31	0.998
PFM1-T70t3	-26.37	24.425	20.23	0.995
PFM3-T70t3	-25.7	25.62	24.47	0.996
PFM5-T70t3	-22.84	15.35	7.503	0.981
PFM8-T70t3	-39.81	21.178	18.653	0.984

4.3 온도팽창계수

PET 재활용 폴리머 콘크리트는 일반적으로 열에 대해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이것은 PET 수지의 재료적 특성 때문인 것이므로, 온도팽창계수를 작게 하여 구조물의 온도응력을 최소화하는 것이 중요하다. 온도팽창계수를 측정하기 위하여 타설 전에 변형률 센서를 매설하였다. 그러나 변형률 센서는 전기적인 저항성과 온도에 따라 영향을 받기 때문에 이에 대한 결과값은 신뢰성이 다소 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 센서 상수 값과 결과값에 대하여 다음 식 (3)과 같이 보정하였다⁷⁾.

$$\begin{aligned} \varepsilon &= [\varepsilon_A - \varepsilon_{T10}(T_i)] \cdot F^* / F(T_i) \\ \varepsilon_{T10}(T_i) &= A_0 + A_1 T_i + A_2 T_i^2 + A_3 T_i^3 + A_4 T_i^4 \quad (3) \\ F(T_i) &= F_0 [1 + V_{\%}(T_i) / 100] \end{aligned}$$

여기서, ε_A 는 측정된 변형률로써 온도에 따른 센서 상수와 측정된 값과의 보정이 안된 변형률이고, ε 는 보정된 변형률이다. $\varepsilon_{T10}(T_i)$ 는 온도 T_i 에서 측정된 변형률, A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 는 측정된 변형률 곡선의 다항식 계수, F^* 는 데이터 측정장비에 입력된 센서 상수, $F(T_i)$ 는 온도 T_i 에서의 변형률 센서 상수, F_0 는 실내 온도에서의 센서 상수, $V_{\%}(T_i)$ 는 온도 T_i 에 대한 센서 상수의 변화율이라 정의된다.

Fig. 8은 측정된 온도 범위 내에서 재료의 체적 팽창에 대한 곡선을 나타내고 있다. 측정된 온도범위 내에서 체적 팽창을 온도팽창계수를 고려하여 다음 식(5)와 같이 계산하여 Table 7에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \Delta V_{(T_i, T_{i+1})} &= 3[\Delta T_{(T_i, T_{i+1})} \cdot \alpha_{(T_i, T_{i+1})}] + \\ &[\Delta T_{(T_i, T_{i+1})} \cdot \alpha_{(T_i, T_{i+1})}]^2 + [\Delta T_{(T_i, T_{i+1})} \cdot \alpha_{(T_i, T_{i+1})}]^3 \quad (5) \end{aligned}$$

여기서, $\Delta V_{(T_i, T_{i+1})}$ 는 온도가 T_i 에서 T_{i+1} 증가하였을 경우 재료의 체적팽창 변화이고, $\Delta T_{(T_i, T_{i+1})}$ 는 온도의

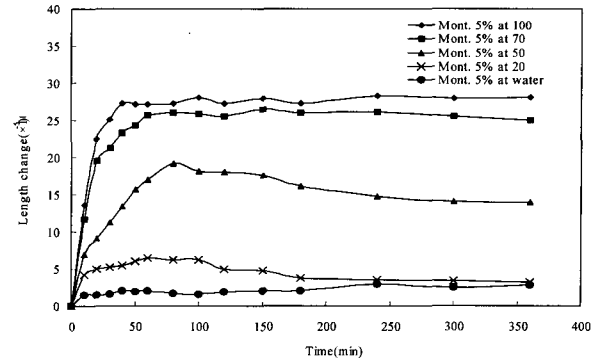


Fig. 5 Temperature effect on length change

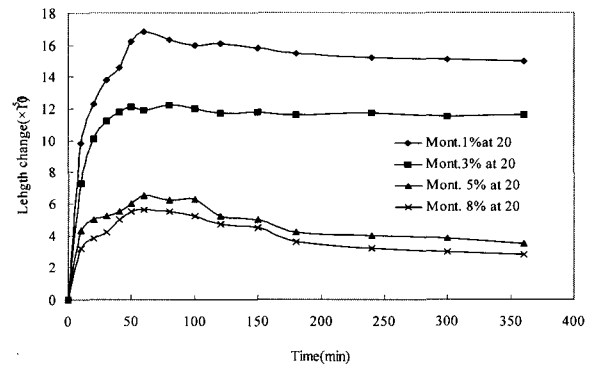


Fig. 6 Mont. effect on length change

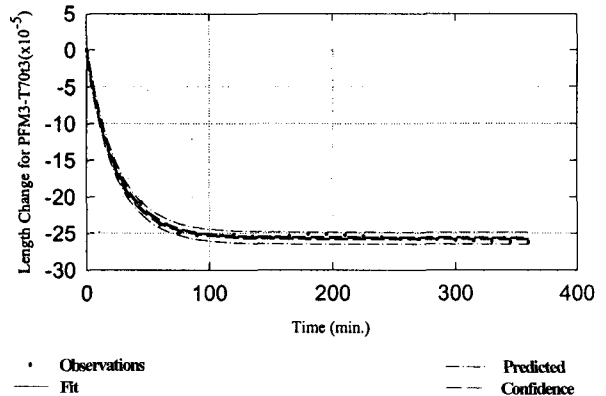


Fig. 7 Regression analysis for length variation

변화이다. Fig. 8는 재료가 등방성이라 가정된 것이며, 각 온도범위에서 열 팽창계수를 고려하여 계산된 것이다.

경화 시 수축에 대한 Mont.의 팽창성으로 함량이 증가함에 따라 체적팽창의 감소가 나타났으며, 5%와 8%의 경우가 그 영향이 큰 것으로 나타났다. Table 7의 결과, Mont.의 첨가량이 증가함에 따라 온도팽창계수가 크게 감소하는 것으로 나타났으며, 유리전이 온도인 80 °C를 전후로 그 차이가 작아지는 것으로 나타났다.

Table 10 Mean coefficient of thermal expansion of UP

Temp. (°C)	Mean coefficient of the thermal expansion $\alpha \pm S.D(\mu m/m^{\circ}C)$				
	PF	PFM1	PFM3	PFM5	PRM8
0	26.46±0.02	25.45±0.03	19.79±0.08	15.12±0.11	14.73±0.26
0~20	29.86±0.09	28.46±0.02	21.43±0.75	17.42±0.02	16.65±0.20
21~40	32.94±0.20	31.36±0.76	23.12±0.09	19.75±0.06	19.01±0.09
41~60	35.68±0.51	33.22±0.61	26.88±0.73	21.04±0.01	21.08±0.11
61~80	38.39±0.64	36.51±1.21	30.22±0.61	24.97±0.63	23.12±0.09
81~100	41.08±0.10	38.46±0.62	31.65±0.26	25.88±0.73	24.51±0.11

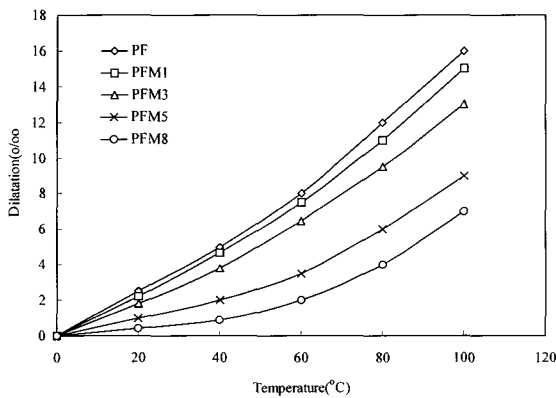


Fig. 8 Dilatation-temperature curves of PET recycled polymer concrete

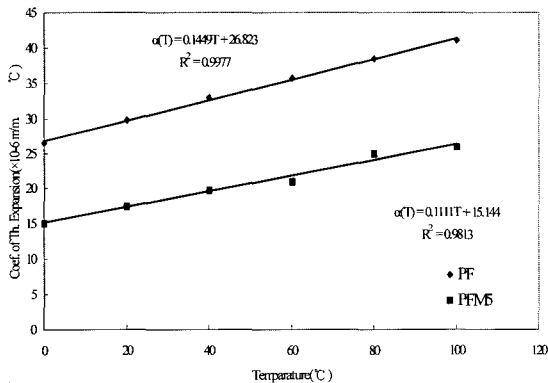


Fig. 9 Variation laws of linear coefficient of thermal expansion with temperature of PET recycled polymer concrete

또한, Mont. 1%를 첨가한 경우, 그 영향은 미소한 것으로 나타났으나, 5%와 8%의 경우와 비교하면 상당히 크게 저감되는 것으로 나타났다.

따라서, Mont.의 양은 재활용 UP 콘크리트의 온도팽창계수에 영향을 미치는 것이라 생각되어지며, 첨가재량은 5%까지는 크게 감소하였으나 8%에서는 크지 않은 것으로 나타났다. 실험결과를 토대로 Fig. 9와 같이, 5%에 대한 평균 온도팽창계수와 Mont.의 첨가가 없는 경우에 대하여 회귀분석을 실시하였다. 이 값은 ASTM에서 규정한

온도범위인 20 °C에서 100 °C사이의 범위에 대한 것으로 5%의 Mont.량이 첨가된 경우, $\alpha(T) = 0.1111T + 15.144$, $R^2=0.98$ 이고, PET 재활용 폴리머 콘크리트는 $\alpha(T) = 0.1449T + 26.832$, $R^2 = 0.99$ 로 나타났다.

4.5 압축강도 및 휨강도

일반적으로 폴리머 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 압축강도 및 휨 강도 등이 우수한 것으로 알려져 있다. PET 재활용 폴리머 콘크리트의 경우도 결합재인 수지(resin)의 영향으로 높게 평가될 것이라 생각되며, PET 재활용 폴리머 콘크리트의 경화 시 Mont.가 수축저감으로써의 효과가, 압축강도 및 휨 강도에 미치는 영향을 살펴 보았다. 폴리머 콘크리트의 강도기준은 7일 강도를 기준으로 평가하고 있다³⁾.

그 이유는 일반 콘크리트의 28일 강도에 부합되는 강도 발현이 폴리머 콘크리트의 7일 강도와 일치하기 때문이다. 따라서, 본 연구에서도 PET 재활용 폴리머 콘크리트의 7일 강도와 일반콘크리트의 28일 강도를 비교 및 분석하였다. 그 결과, Fig.10에 나타냈듯이 PET 재활용 폴리머 콘크리트의 휨 강도는 평균값으로 40 N/mm²으로 나타났으며, Mont의 함량이 증가함에 따라 압축강도와 휨 강도도 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, Mont의 함량은 압축강도의 경우 5%를 기준으로 함량이 증가함에 따라 강도가 떨어지게 되고, 휨 강도의 경우도 48 N/mm²에서 45 N/mm²으로 미소하게 작아지는 것으로 나타났다. 일반콘크리트와 비교하면 압축강도와 휨 강도는 훨씬 성능이 우수한 것이라 생각되며, Mont의 함량 역시 압축강도와 휨 강도에 그 영향을 미치는 결과가 나타났다.

폴리머 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 및 휨 강도 실험결과, 재령 7일과 28일의 강도는 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 압축강도의 경우, 고강도 시멘트 콘크리트의 강도를 만족시킬 수 있을 것이라 생각되어진다. 휨 강도의 경우도 PET 재활용 폴리머 콘크리트의 경우, 50 N/mm²를 상회하고 있어 우수한 재료적 성질을 나타내고 있다고 말할 수 있다.

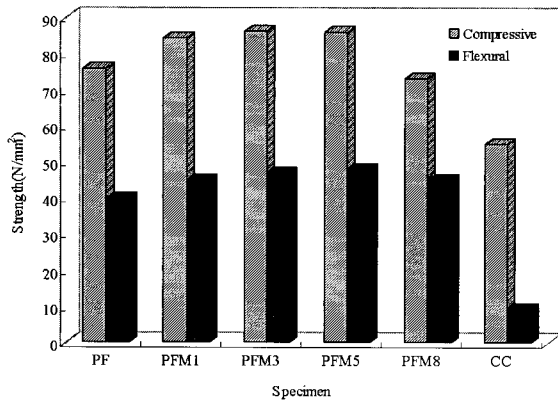


Fig. 10 Mont. effect on compressive strength

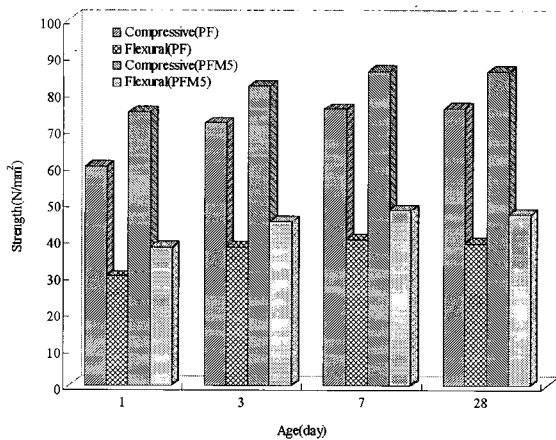


Fig. 11 Age effect on strength

결국, Mont의 함량은 PET 재활용 폴리머 콘크리트의 재료적 성질에 영향을 미칠 수 있으며, 강도 증진 역할을 할 수 있다고 생각되어진다.

5. 결 론

폐 PET 폴리에스테르 수지를 재활용하여 제작된 폴리머 콘크리트의 경화수축과 길이변화, 그리고 온도에 대한 영향 등의 측정과 이를 향상시키기 위하여 Mont를 첨가 재료 사용하였다. 이에 대한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) PET재활용 폴리머 콘크리트의 경우 기타 다른 폴리머 콘크리트에 비해 여러 가지 성능면에서 비슷한 결과를 나타냈다. 단, 초기 중합반응에 의해 최대 경화가 발생하는 시간이 다른 폴리머 콘크리트에 비해 길었고, 이를 고려하여 Eq.(1)과 같은 식이 도출되었다.
- 2) Mont의 함유량이 폴리머 콘크리트의 경화수축에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 최대 25%의 효과가 있는 것으로 나타났다.

- 3) 온도와 시간에 따른 길이변화를 측정한 결과, 폴리머 콘크리트의 수축을 유지시키는 조건은 70℃ 온도하에서 3일 이하로 가열하였을 경우이고, 비선형회귀분석에 의한 적합식은 Eq.(2)이다.
- 4) 강도실험 결과, Mont. 2% 함유시, 압축강도가 12% 향상을 보였으나, 5% 이상 초과됨에 따라 압축강도가 저하되는 경향을 나타냈다. 따라서 폴리머 콘크리트의 다양한 성능 향상을 만족시키는 Mont의 함량은 5% 전후인 것이라 생각되어진다.

참고문헌

1. Boriek, "Modelling of setting stresses in particle reinforced polymer composites using finite element analysis," Ph.D. at Rice Univ. in Texas, October 1990, 5pp.
2. Haque, "Physicochemical Interactions Between Montmorillonite and Polymerizing Systems," Ph.D. at Rice Univ. in Texas, April 1986, 13pp.
3. Helal, "Experimental Study of Mechanical Properties and Structural Applications of Polymer Concrete," Ph.D. at Austine in Texas, 1978, pp.5~7; 78-8.
4. Kobayashi, Nawata, "Reduction in Setting Shrinkage of Polyurethane Methacrylate Concrete," The Production Performance & Potential of Polymers in Concrete, *Proceedings of the 5th ICPIC*, Brighton, England, 1992, pp.179~184.
5. ASTM C 531. "Standard test method for linear shrinkage and coefficient of thermal expansion of chemical-resistant mortar-grouts, monolithic surfacing and polymer concretes," Annual Book of ASTM Standards, USA, 2000, pp.1~4.
6. Park Chang, "Nanocomposites Based on Montmorillonite and Thermotropic Liquid Crystalline Polyester," *The Journal of Polymer*, Vol. 24, No. 3, May 2000, pp.339~406.
7. Peschke, H.J., "Stress and Strain Analysis Between Cementitious Concrete and Polymer Concrete," *3th ICPIC*, 1994, pp.477~489.
8. Rebeiz, "Structural use of Polymer Composites using Unsaturated Polymer Resins based on Recycled Poly(ethylene terephthalate)," Ph.D. at Austine in Texas, 1992, pp.59~62.
9. Stanley, "Investigation of Dow Polyesteramide Resins for Use in Polymer Concrete," The University of Texas at Austin, 1984, pp.65~68.

요 약

최근에 환경문제가 대두됨에 따라 재활용을 이용한 건설재료의 개발 또한 관심이 대두되고 있다. 특히, 대부분 매립을 하여 처리하는 폐수지의 경우에는 심각한 환경문제를 일으키고 있다. 본 연구에서는 안전한 건설자원을 확보하고 환경을 보호하는 차원에서 재활용 PET 수지를 이용한 폴리머 콘크리트를 활용하였다. 폴리머 콘크리트의 많은 장점에도 불구하고, 높은 경화 수축량과 열에 대한 민감성은 폴리머 콘크리트의 단점으로 지적되고 있다.

본 연구에서는 재활용 PET 수지를 이용한 폴리머 콘크리트의 기본적인 물성치이자 결점인 경화 수축과 그로인한 길이 변화, 온도팽창계수, 압축강도를 측정하고, 그러한 결점을 보완하고자 Mont.를 특별한 결합재 없이 첨가제로만 사용하여 그 적용 가능성을 알아보려고 하였다. 그 결과, PET 재활용 폴리머 콘크리트는 일반적인 폴리머 콘크리트와 여러가지 물성치에서 비슷한 경향을 보였으나, 중합반응이 일어나는 시간이 상대적으로 긴 것으로 나타났다. 또한, 본 연구를 통하여 Mont.가 경화 수축과 길이 변화 그리고 온도팽창 계수, 강도 등의 물성치에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 첨가제로써의 사용성이 있는 것임이 확인되었다.

핵심용어 : 폴리머 콘크리트, PET재활용, 수축 저감, 길이변화, 몬모릴로나이트
