

充填材가 폴리머 콘크리트의配合과力學的性質에 미치는 영향

Effects of Fillers on Mixing and Mechanical Properties of Polymer Concrete

延圭錫* · 金光宇* · 金基星* · 金官鎬**
Yeon, Kyu Seok · Kim, Kwang Woo · Kim, Ki Sung · Kim, Kwan Ho

Summary

This study was performed to evaluate effects of fillers on the mixing characteristics and mechanical properties of polymer concrete. Two types of unsaturated polyester polymer and two types of epoxy resin were used as binder material, and the portland cement, a fly ash and heavy calcium carbonate were used as filler.

Following conclusions were drawn from the research results.

1. Working life of polymer concrete was not affected by filler types, but affected significantly by polymer types and quantities of hardener and catalysts.
2. Without concerning polymer types, use of heavy calcium carbonate as filler was the best in improving workability.
3. The highest strength was achieved by heavy calcium carbonate in using unsaturated polyester resin and by fly ash in using epoxy resin type.
4. Elastic modulus was in the range of $2.05 \times 10^{-5} \sim 2.6 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$, which was approximately 60% of that of cement concrete. Heavy calcium carbonate with unsaturated polyester resin and fly ash with epoxy resin showed relatively higher elastic modulus.

I. 緒 論

근래에 이르러 각종 산업분야에서의 기술발

전과 더불어 建設事業의 기술도 비약적인 발전을 하고 있다. 특히, 建設재료 분야에 있어서 新所在 개발이 상당한 관심의 대상이 되고 있

* 江原大學校 農科大學

** 江原大學校 大學院

키워드: 폴리머 콘크리트, 充填材, 사용가능시간, 強度, 韌性, 磨耗率

으며, 이에 따라 최근에는 특수재료를 사용한 복합체가 다양하게 개발되고 있다. 이 가운데 하나가 열경화성 高分子 物質을 사용하여 제조한 콘크리트-폴리머 복합체(concrete-polymer composite)이다.

이것은 세계적으로 볼 때 1970년대 후반부터 본격적으로 연구·개발되기 시작하여 현재는 세계 각국에서 많은 연구자들에 의해 활발한 연구활동이 전개되고 있다. 이와같은 콘크리트-폴리머 복합체는 폴리머 시멘트 콘크리트(polymer cement concrete), 폴리머 콘크리트(polymer concrete), 폴리머 침투 콘크리트(polymer impregnated concrete)로 구분된다.

우리나라에서도 근년에 이르러 이 분야에 대한 관심이 고조되고 있어 가까운 장래에 범용화 단계에 이를 것으로 기대된다. 그러나 사용범위의 확산을 위해서는 충분한 기초연구가 이루어져야만 할 것이며, 실용화 촉진을 위해서는 국내에서 구입이 용이한 재료를 사용하여 개발이 가능한 연구를 추진해야 할 것이다.

위에서 언급한 3가지의 콘크리트 폴리머 복합체 중 폴리머 콘크리트는 주로 시멘트 콘크리트의 보수에 이용되어 왔으나 근래에는 工場 製品 제조에 이용되는 추세에 있다. 이의 범용화를 위해서는 국내에서 구입이 용이한 재료를 사용한 폴리머 콘크리트의 제조법에 대한 실험적 연구를 수행하는 것은 매우 중요하다고

하겠다.

따라서 본 연구에서는 포틀랜드 시멘트, 플라이 애쉬, 重質 탄산칼슘을 사용한 폴리머 콘크리트의 사용가능시간과 위커빌리티 그리고 壓縮強度, 引張強度, 彈性係數 등을 실험적으로 구명코저 하며, 이 연구의 결과는 공장제품용 폴리머 콘크리트 제조시 충전재의 선택 및 배합비의 결정을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

II. 材料 및 方法

1. 使用材料

가. 폴 리 머

폴리머 콘크리트 제조에 이용되는 結合材는 액상 폴리머(polymer)와 모노머(monomer)가 있다. 이 가운데 폴리머 콘크리트용으로 범용화되어 있는 것은 폴리머계인 熱硬化性 樹脂이다. 현재 국내에 생산되고 있는 것은 불포화 폴리에스터 수지와 에폭시 수지인데, 이는 커다란 물성의 차이를 갖고 있다.

본 실험에서는 예비실험을 통해 폴리머 콘크리트용으로서 적당한 物性을 가진 것으로 알려진 올소타입(ortho type) 불포화 폴리에스터 2종, 에피비스 타입(epi-bis type) 에폭시 수지 2종을 선택하여 사용하였던 바, 이들의 일반적 성질은 Table-1 및 Table-2와 같다.

Table-1. Properties of unsaturated polyester resins used

Type	Specific gravity	Viscosity (25°C, ps)	Styrene content(%)	Acid value
UP-A	1.14	3.0	38.5	25.0
UP-B	1.12	3.5	37.2	26.5

Table-2. Properties of epoxy resins used

Type	E. E. W (g/eq)	Viscosity (25°C, ps)	Color (Gardner)	Specific gravity(20°C)
EP-A	187	9.0	1Max	1.14
EP-B	187	125.0	0.5Max	1.17

나. 硬化劑

시판되는 불포화 폴리에스터 수지는 硬化促進劑가 첨가되어 있는 경우와 되어있지 않은 경우가 있다. 본 실험에서 사용한 것은 촉진제가 첨가되어 있는 것으로서 경화제만 첨가하면 常溫에서 경화된다. 그리고 에폭시 수지는 경화 촉진제를 포함하지 않는 것이 보통이며, 필요에 따라 경화촉진제를 첨가하여 사용하기도 한다.

본 실험에서 사용한 불포화 폴리에스터 수지 및 에폭시 수지의 일반적 성질은 Table-3 및 Table-4에서 보는 바와 같다.

다. 骨 材

실험에 사용된 粗骨材는 강원도 홍천지역에서 생산되는 화강암 쇄석이며, 細骨材는 강원도 홍천강에서 채취된 자연 모래이다. 그리고 폴리머 콘크리트용 골재의 含水率은 0.1% 이하⁸⁾가 되어야 하므로 100°C로 조절된 건조기에서 12 시간 이상 건조 시켰으며, 사용전 상온에서 충분히 냉각시켰다. 사용된 골재의 物理的 性質은 Table-5와 같으며, 체가름 시험한 결과는 Fig. 1과 같다.

Table-3. General properties of hardner for unsaturated polyester resin

Component	Specific gravity(25°C)	Active oxygen(%)
MEKPO 55%	1.13	10.0
DMP 45%		

Table-4. General properties of hardner for epoxy resin

Type	Specific gravity(25°C)	Viscosity (25°C, ps)
Amino polyamine	0.96	25~45

Table 5. Physical properties of coarse and fine aggregate used

Classification		Size (mm)	Specific gravity (20°C)	Absorption (%)	Finess modulus	Oranic impurities
Coarse aggregate	Crushed stone	< 10	2.64	0.51	6.43	Nil
Fine aggregate	River sand	< 5	2.60	0.67	2.77	Nil

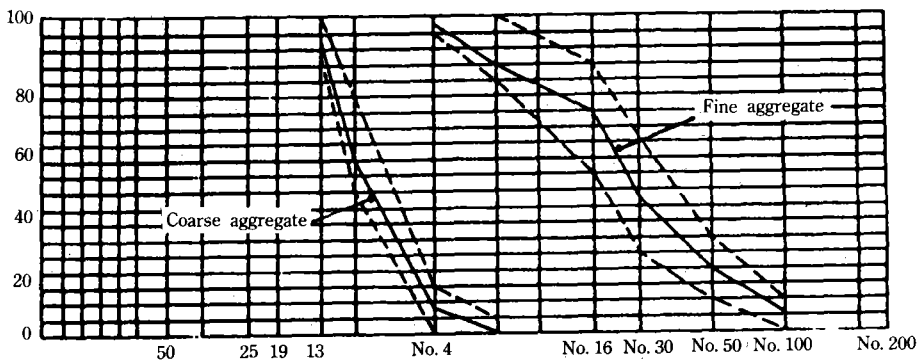


Fig. 1. Gradation curves of aggregates

라. 充 填 材

충전재의 주된 사용 목적은 重量에 있다. 이는 골재입자 사이를 치밀하게 채워주어 비교적 高價인 폴리머의 사용량을 줄여주는 효과를 가져온다. 충전재는 무기질 분말이어야 하며 흡수성이 작아야 된다. 粒子的 크기는 1~30 μ m 정도로서 粉末度는 2500~3000 cm^2/g 의 범위에 있어야 하고 수분함량은 1% 미만⁸⁾이어야 한다.

본 연구에서 사용한 충전재 포틀랜드 시멘트, 플라이 애쉬, 중질 탄산칼슘 등 3가지이며, 그 성질은 Table-6에 나타낸 바와 같다.

마. 收 縮 減 少 劑

수축 감소제는 불포화 폴리에스터 수지에만 첨가된다. 불포화 폴리에스터 수지는 경화시 7~10%의 큰 수축이 발생된다. 이는 硬化速度에 관계없이 주로 수지 중에 포함된 스티렌 모노머(styrene monomer)의 함량에 따라 비례적으로 증가한다. 이와 같은 수축량을 감소시키기 위하여 본 실험에서 사용한 수축 감소제의 일반적 성질은 Table-7에 나타낸 바와 같다.

Table-7. Properties of shrinkage reducing agent used

Type	Specific gravity 20(°C)	Viscosity (25°C, ps)	Styrene content(%)
SR-A	0.96	12.6	69.0

2. 試驗體 製作

가. 配合比 決定

폴리머 콘크리트에 대한 배합설계법은 아직 정립되어 있지 않으나 대체적으로 워커빌리티, 사용가능시간 및 강도를 고려하여 空隙의 최소화 에 근거를 두고 배합비를 결정하는 것이 일반적이다. 이와 같은 요령에 의하여 결합재를 조제하고 粗骨材, 細骨材 및 充填材 등의 배합비를 결정하였던 바 Table-8 및 Table-9와 같다. Table-1에 나타낸 에폭시 수지 폴리머 콘크리트의 배합비에 있어서 결합재 및 골재량이 불포화 폴리에스터 수지를 사용한 경우와 다른 것은 결합재의 粘度에 큰 차이가 있어 워커빌리티(workability)를 조절하였기 때문이다.

Table-6. Properties of fillers used

Type		Portland cement	Fly ash	Heavy calcium carbonate
Grading(mm)		Blaine's specific surface area 3,140 cm^2/g	Blaine's specific surface area 3,060 cm^2/g	< 2.5 $\times 10^{-3}$
Specific gravity (20°C)		3.15	2.16	.281
Chemical Compositions(%)	lg. loss	0.7	1.2	—
	Insol.	0.6	0.35	—
	SiO ₂	22.3	58.9	—
	CaO	64.5	—	—
	SO ₃	1.7	1.4	—
	Fe ₂ O ₃	2.9	4.6	—
	Al ₂ O ₃	5.4	28.0	—
	MgO	1.6	1.7	—
	CaCO ₃	—	—	100

Table-8. Formulation of binders

(Unit : wt. ratio)

Kinds of polymer	Identification	Resin	Shrinkage reducing agent	Hardner	Accelerator
Unsaturated polyester resin	UP-A	100	25	2.3	--
	UP-B	100	25	1.2	--
Epoxy resin	EP-A	100	--	20	5
	EP-B	100	--	20	5

Table-9. Mixing ratio of polymer concrete

(Unit : wt. %)

Kinds of polymer	Binder	Coarse aggregate	Fine aggregate	Filler	Total
Unsaturated polyester resin	11 (245.3kg)	31.2 (695.8 kg)	46.8 (1,043.6 kg)	11 (245.3kg)	100 (2,230kg)
	17 (368.9kg)	28.2 (611.9kg)	43.8 (950.5kg)	11 (238.7kg)	100 (2,170kg)

나. 製作 및 養生

폴리머 콘크리트의 배합은 KS F2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법)에 준하여 조골재, 세골재 및 충전재를 잘 혼합한 다음 結合材를 투입하는 순서로 하였다. 혼합시 물량이 많을 경우는 콘크리트용 믹서가 사용되나 본 실험에서는 물량이 작아 삽비빔을 하였다. 몰드에 타설된 폴리머 콘크리트는 3~4시간후 脫型하여 온도 20℃, 습도 60%인 실험실에서 소정의 재령까지 氣乾養生시켰다.

3. 試驗方法

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하여 실시했으며, 사용가능시간, 워커빌리티, 강도, 탄성계수는 3반복 시험한 것의 평균값을 실험결과로 하였다.

가. 사용가능시간은 KS F 2484(폴리에스테르 레진 콘크리트의 사용가능시간 측정방법)에 제시된 3가지 방법 중 引拔抵抗法에 의해 측정되었으며, 시험은 온도 20℃, 습도 60%인 실험실에서 실시되었다.

나. 워커빌리티 시험은 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법)에 준해서

폴리머 콘크리트의 슬럼프(slump) 및 플로우(flow) 값을 측정한 것으로 하였다. 플로우 값은 슬럼프 시험시 슬럼프콘을 위로 잡아당겨 뺀 후 폴리머 콘크리트가 퍼진 폭을 측정된 값에서 슬럼프콘 바닥의 직경(20cm)을 뺀 것으로 하였다. 슬럼프 및 플로우 값은 슬럼프콘을 제거한 다음 靜인 상태에서 5분 후 측정 되었다.

다. 압축 및 할렬인장강도 시험은 $\phi 70\text{mm} \times 140\text{mm}$ 의 시험체를 제작하여 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법) 및 KS F 2480(폴리에스테르 레진 콘크리트의 인장강도 시험방법)에 규정된 방법에 따라 수행하였다. 그리고 휨강도 시험은 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ 의 시험체를 제작하여 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 의해 실시하였다.

라. 탄성계수는 $\phi 70\text{mm} \times 140\text{mm}$ 인 시험체에 스트레인 게이지(67mm)를 부착하여 KS F 2438(콘크리트 원주 공시체의 정탄성계수 및 포아슨비 시험방법)에 규정된 방법에 따라 極限荷重의 40%를 반복적으로 가해 얻은 應力-變形率 곡선의 기울기로 부터 얻어진 세컨트(secant) 계수로 하였다.

III. 結果 및 考察

1. 使用可能時間

폴리머 콘크리트는 시멘트 콘크리트에 비해 速硬性이므로 사용가능시간은 폴리머 콘크리트의 이용에 있어 매우 중요하다. 한번에 비버지는 배치(batch)의 물량 결정도 사용가능시간을 고려하지 않으면 안된다. 즉, 너무 많은 물량을 한 배치에 비벼를 경우 전체물량을 타설하기 전에 硬化反應이 일어나면 사용할 수 없는 문제점이 발생하게 된다.

본 실험에서 측정된 사용가능시간은 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 불포화 폴리에스터 수지가 25~51분, 에폭시 수지가 82~97분이었다. 여기서 불포화 폴리에스터 수지의 경우 UP-A는 UP-B보다 월등히 긴 사용가능시간을 가졌으나, 에폭시 수지의 경우는 그리 큰 차이를 보이지 않았다. 충전재의 종류별로 보면 불포화 폴리에스터 수지의 경우나 에폭시 수지의 경우 모두가 일정한 변화양상을 찾아 볼 수 없을 뿐 아니라 그 차이도 크지 않아 충전재가 사용가능시간에 유의적인 영향을 미친다고는 볼 수가 없었다.

이와같이 폴리머 콘크리트의 사용가능시간은 충전재의 종류보다도 폴리머의 종류에 크게 좌우되므로 폴리머 콘크리트를 배합하기 전에는 반드시 폴리머의 경화반응 시간에 대한 예비시

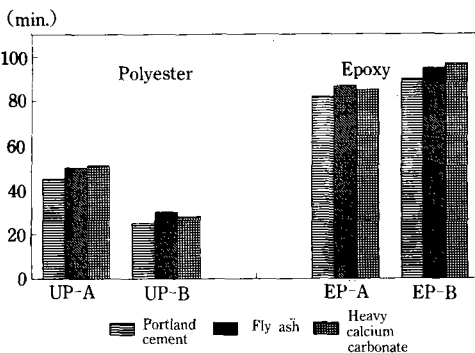


Fig. 2. Comparison of working life by type of filler

험을 실시 하는 것이 바람직 할 것으로 사료 된다.

2. 워커빌리티

폴리머 콘크리트의 워커빌리티는 일반적으로 結合材의 粘度가 높기 때문에 시멘트 콘크리트에 비해 불량한 편인데, 복잡한 형상을 갖는 공장제품을 제조 할 경우는 成型性 때문에 워커빌리티가 대단히 중요하다.

이 연구에서는 슬럼프와 플로우의 동시 시험을 통해 워커빌리티 특성을 분석했으며, 그 결과는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다. 여기서 불포화 폴리에스터 수지의 경우 플로우 값은 7.5~13.1cm, 슬럼프 값은 7.2~13.1cm였으며, 에폭시 수지의 경우 플로우 값은 15.6~29.2cm, 슬럼프 값은 14.6~21.5cm로 나타났다. 이같이 불포화

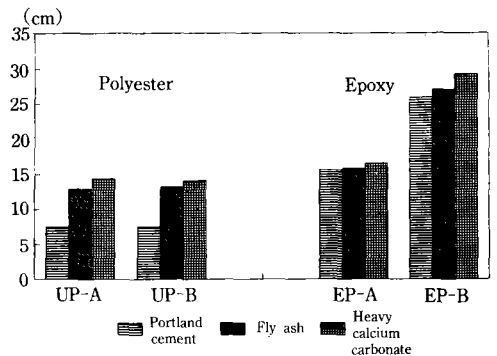


Fig. 3. Comparison of flow value by type of filler

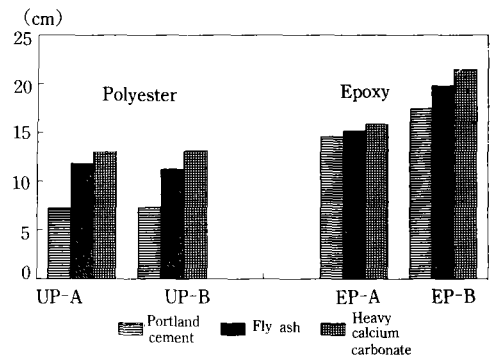


Fig. 4. Comparison of slump value by type of filler

폴리에스터 수지 폴리머 콘크리트의 플로우 값이나 슬럼프 값이 작아 워커빌리티가 나쁘게 나타난 것은 Table-9에서와 같이 폴리머의 양을 달리했기 때문이다. 따라서 폴리머의 종류에 따라 폴리머 콘크리트의 워커빌리티를 비교한다는 것은 불가능하다.

그러나, 폴리머 콘크리트의 워커빌리티는 充填材의 종류에 따라 일정한 변화양상을 보이고 있다. 즉 불포화 폴리에스터 수지나 에폭시 수지에서 모두 重質 탄산칼슘, 플라이 애쉬, 포틀랜드 시멘트의 순으로 워커빌리티가 양호하게 나타났다. 이것은 充填材의 吸收性과 관계가 깊은 粉末度나 構成成分의 영향을 받기 때문이라고 할 수 있겠다.

3. 強 度

굳은 폴리머 콘크리트의 역학적 성질을 나타내는 항목 가운데 대표적인 것이 壓縮強度이다. 壓縮強度는 配合設計의 기준이 될 뿐아니라 인장강도, 휨강도, 탄성계수, 내구성, 내화성 등을 추정할 수 있고, 打設시 거푸집의 제거 시기를 결정할 수 있는 기준이 된다.

시멘트 콘크리트와 力學的 特性이 다소 다른 것으로 알려진 폴리머 콘크리트에 있어서 충전재의 종류에 따른 압축, 인장, 휨강도 시험 결과는 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7과 같다.

이 결과에서 불포화 폴리에스터 수지를 사용한 경우는 압축강도가 523~773kgf/cm², 할렬

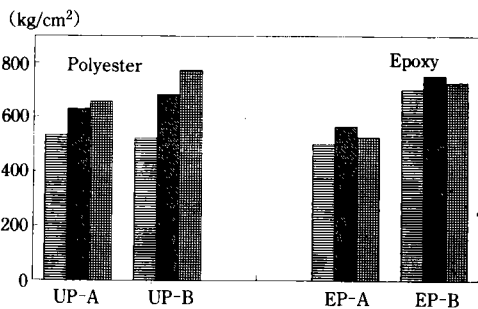


Fig. 5. Comparison of compressive strength by type of filler

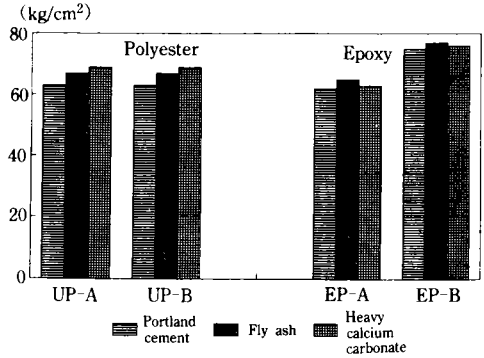


Fig. 6. Comparison of splitting tensile strength by type of filler

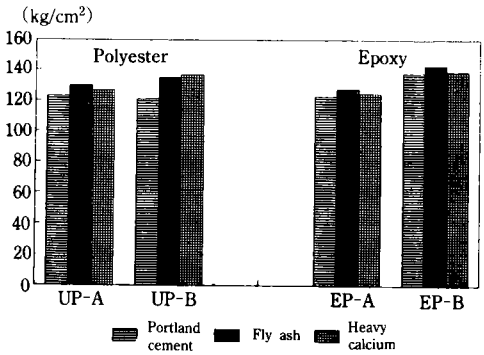


Fig. 7. Comparison of bending strength by type of filler

인장강도가 63~76kgf/cm², 휨강도가 121~137 kgf/cm²이었고, 에폭시 수지를 사용한 경우는 압축강도가 503~754kgf/cm², 할렬인장강도가 62~77kgf/cm², 휨강도가 123~143kgf/cm²이었다. 壓縮強度의 변화를 살펴보면 불포화 폴리에스터 수지계에서는 충전재의 종류에 따라 비교적 큰 강도의 차이를 보이고 있는데 비해, 에폭시 수지계에서는 수지의 종류에 따라 더 큰 강도의 차이를 보이고 있다. 인장과 휨강도에서도 압축강도와 비슷한 경향을 보이기는 했으나 그 차이는 크지 않았다. 여기에서 공통적으로 나타난 것은 불포화 폴리에스터 수지의 경우 重質 탄산칼슘이, 에폭시 수지의 경우는 플라이 애쉬가 압축, 인장, 휨강도 모두 비교적 큰 값을 나타냈다는 점으로서 이는 충전재 선

Table-10. Comparison of strength ratio

Kinds of polymer	Identification	Type of filler	σ_t/σ_c	σ_t/σ_b	σ_b/σ_c
Unsaturated polyester resin	UP-A	Portland cement	0.117	0.512	0.232
		Fly ash	0.119	0.515	0.208
		Heavy calium carbonate	0.105	0.543	0.196
	UP-B	Portland cement	0.120	0.520	0.232
		Fly ash	0.105	0.534	0.200
		Heavy calium carbonate	0.098	0.555	0.178
Epoxy resin	EP-A	Portland cement	0.123	0.505	0.250
		Fly ash	0.114	0.510	0.227
		Heavy calium carbonate	0.119	0.505	0.238
	EP-B	Portland cement	0.106	0.543	0.200
		Fly ash	0.102	0.537	0.192
		Heavy calium carbonate	0.104	0.549	0.192

택에 있어서 매우 중요한 결과라고 할 수 있다.

한편, 充填材의 종류에 따른 폴리머 콘크리트의 강도비를 산출해 보면 Table-10과 같다. 強度比는 콘크리트의 역학적 특성을 나타내는데 있어서 중요한 자료 중의 하나이다. 이 결과에서 폴리머 콘크리트의 σ_t/σ_c 는 0.098~0.123의 범위이고, σ_t/σ_b 는 0.505~0.555의 범위이며, σ_b/σ_c 는 0.178~0.250의 범위로서 충전재의 종류에 따라 큰 차이를 보이지는 않았다. 이에 비해 압축강도 500kgf/cm²을 갖는 시멘트 콘크리트의 강도비는 σ_t/σ_c 가 0.074, σ_t/σ_b 가 0.609, σ_b/σ_c 가 0.121로서⁶⁾ 폴리머 콘크리트는 압축강도가 높기는 하지만 활렬인장강도나 휨강도가 시멘트 콘크리트의 그것보다 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있다. 이같은 원인은 결합재인 폴리머가 갖는 특수한 物性에 기인하는 것으로서 폴리머 콘크리트 韌性(toughness)이 시멘트 콘크리트보다 클 것임을 예견케 해주는 결과라고 하겠다.

결과적으로 보아 폴리머 콘크리트의 강도는 폴리머 자체의 종류에도 영향을 받으나 충전재의 영향도 큼을 알 수 있었으며, 시멘트 콘크리트에 비해 압축강도의 증가보다도 인장이나 휨강도의 증가가 크게 나타나 構造物에 應用될 경우 높은 인성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 彈性係數

탄성계수는 재료의 力學的 性質을 나타내는 중요한 요소 중의 하나로서 일반적으로 탄성계수가 작으면 재료의 變形性이 큼을 의미하는 것이다.

폴리머와 충전재의 종류에 따른 폴리머 콘크리트의 응력-변형률 관계도는 Fig. 8~Fig. 11과 같으며, 이 관계도로부터 얻어진 割線 彈性係數

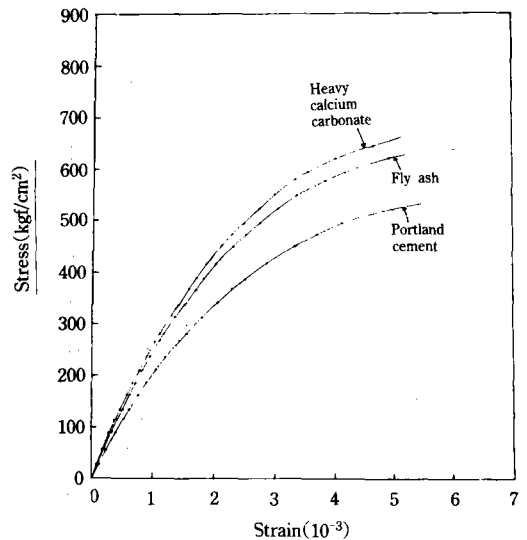


Fig. 8. Stress-strain curves of polymer concretes using UP-A binder

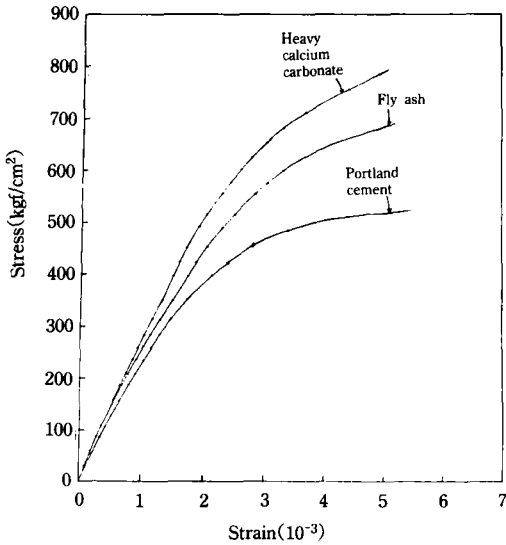


Fig. 9. Stress-strain curves of polymer concretes using UP-B binder

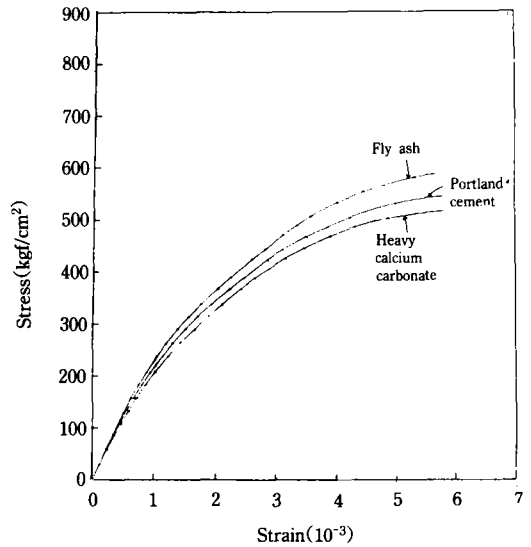


Fig. 10. Stress-strain curves of polymer concretes using EP-A binder

(secant modulus)는 Table-11과 같다.

이 결과에서 폴리머 콘크리트의 탄성계수는 $2.05 \times 10^5 \sim 2.6 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 으로서 시멘트 콘크리트의 탄성계수를 구하는 식 $15,000\sqrt{\sigma_{ck}^{(6)}}$ 에 압축강도의 최저치인 503 kgf/cm^2 과 최고치인 773 kgf/cm^2 을 대입하여 환산된 값인 $3.3 \times 10^5 \sim 4.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 와 비교하면 폴리머 콘크리트의

탄성계수는 시멘트 콘크리트의 60% 수준에 머무르고 있다. 그리고 充墳材의 종류에 따른 탄성계수 변화를 살펴보면 불포화 폴리에스터 수지계에서는 重質 탄산칼슘, 플라이 애쉬, 포틀랜드 시멘트 순으로 예폭시 수지계에서는 플라이 애쉬, 중질 탄산칼슘, 포틀랜드 시멘트의 순으로 크게 나타났다.

Table-11. Results of elastic modulus test

Kinds of polymer	Identification	Type of filler	Elastic modulus ($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)	Remarks
Unsaturated polyester resin	UP-A	Portland cement	2.10	$\sigma_c = 535 \text{ kgf/cm}^2$
		Fly ash	2.32	$\sigma_c = 631 \text{ kgf/cm}^2$
		Heavy calium carbonate	2.47	$\sigma_c = 658 \text{ kgf/cm}^2$
	UP-B	Portland cement	2.30	$\sigma_c = 523 \text{ kgf/cm}^2$
		Fly ash	2.52	$\sigma_c = 684 \text{ kgf/cm}^2$
		Heavy calium carbonate	2.60	$\sigma_c = 773 \text{ kgf/cm}^2$
Epoxy resin	EP-A	Portland cement	2.05	$\sigma_c = 503 \text{ kgf/cm}^2$
		Fly ash	2.25	$\sigma_c = 568 \text{ kgf/cm}^2$
		Heavy calium carbonate	2.05	$\sigma_c = 528 \text{ kgf/cm}^2$
	EP-B	Portland cement	2.21	$\sigma_c = 703 \text{ kgf/cm}^2$
		Fly ash	2.42	$\sigma_c = 754 \text{ kgf/cm}^2$
		Heavy calium carbonate	2.31	$\sigma_c = 729 \text{ kgf/cm}^2$

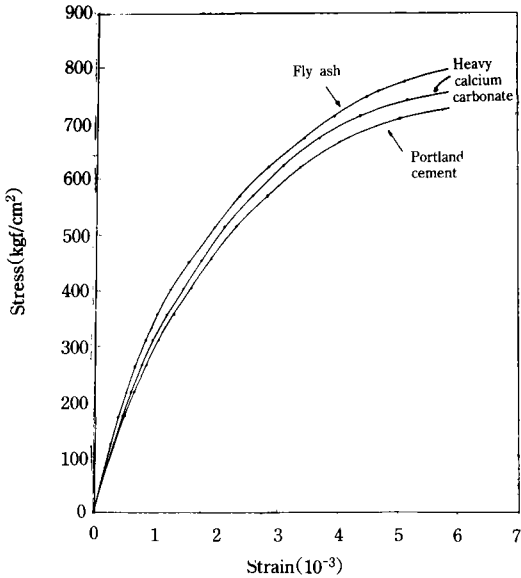


Fig. 11. Stress-strain curves of polymer concretes using EP-B binder

이와같은 결과로 부터 폴리머 콘크리트의 彈性係數는 시멘트 콘크리트의 그것보다 작아 변형성이 비교적 큼을 알 수 있으며, 충전재의 종류에 따른 탄성계수 변화를 살펴보면 불포화 폴리에스터 수지계에서는 탄산칼슘이, 에폭시 수지계에서는 플라이 애쉬가 비교적 큰 탄성계수를 갖음을 알 수 있었다.

IV. 結 論

이 연구는 충전재의 종류가 폴리머 콘크리트의 配合과 力學의 特性에 미치는 변화를 究明한 것이다. 充填材는 포틀랜드 시멘트, 플라이 애쉬, 중질 탄산칼슘 등 3종이었다. 結合材인 불포화 폴리에스터계 2종, 에폭시계 2종이었으며, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 要約하면 다음과 같다.

1. 使用可能時間은 충전재의 종류에 큰 영향을 받지 않고, 폴리머의 종류, 경화제 및 촉진제의 첨가량에 크게 좌우되는 것으로 나타났다.

2. 워커빌리티는 폴리머 계통에 상관없이 모두 중질 탄산칼슘, 플라이 애쉬, 포틀랜드 시멘트의 순으로 양호한 결과를 보인 바, 워커빌리티 향상을 위해서는 중질 탄산칼슘을 충전재로 사용하는 것이 유리 할 것으로 판단된다.

3. 強度에 있어서는 불포화 폴리에스터 수지계의 경우 중질 탄산칼슘이, 에폭시 수지계의 경우는 플라이 애쉬가 높은 값을 나타냈다. 그리고 壓縮強度에 대한 引張, 靱強度比가 시멘트 콘크리트 보다 훨씬 크게 나타나 韌性이 클 것임을 예측할 수 있다.

4. 彈性係數는 $2.05 \times 10^5 \sim 2.6 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 로서 시멘트 콘크리트의 60% 수준이었는데, 불포화 폴리에스터 수지계에서는 중질 탄산칼슘이, 에폭시 수지계에서는 플라이 애쉬가 비교적 큰 값을 보였다.

參 考 文 獻

1. Demura, K., Ohama, Y. and Shimizu, A., Proposed mix proportioning of polyester resin concrete, Proceedings of the 4th ICPC, 1984, pp. 265-269.
2. Fowler, D. W., Future trends in polymer concrete, ACI SP-116, 1989, pp. 129-143.
3. Inoue, S., Strength development of cold setting epoxy resin mortars, Proceedings of the 1st ICPC, 1975, pp. 185-190.
4. Kobayashi, K., and Ito, T., Several physical properties of resin concrete, Proceedings of the 1st ICPC, 1975, pp. 236-240.
5. Matthews, D. R., Precast polymer concrete in the construction industry, Proceedings of the 7th ICPC, pp. 43-57.
6. 문한영, 건설재료학, 동명사, 1990, pp. 99-137.
7. Ohama, Y., Demura, K., Shimizu, A., Process technology and properties of ready-mixed

- polyester concrete, Proceedings of the 5th ICPIC, 1987, pp. 71-74.
8. Paturoyer, V. V., et al., Recommendations on polymer concrete mix design, NIIZhB, Moscow, 1986, p. 18.
9. Paturoyer, V. V., et al., Recommendations for manufacture of elements from polymer concrete with special properties, NIIZhB, Moscow, 1986, p. 23.
10. Ymasaki, T., Miyakawa, K., A study on the rehological mix design of unsaturated polyester resin concrete, Proceedings of the 5th ICPIC, 1987, pp. 43-48.
11. 연구석, 강신업, 에폭시 수지 모르터에 관한 실험적 연구, 한국농공학회지, 제26권 제1호, 1984, pp. 52-72.
12. 연구석, 김광우, 허남석, 폴리머 콘크리트의 강도특성에 미치는 조골재의 영향, 한·일 공동세미나 논문집, 1990, 8. PP. 221-228.
13. 연구석, 김광우, 김관호, 박순무, 콘크리트-폴리머 복합체에 관한 연구동향 분석, 한국 콘크리트학회 학술발표회 논문집 Vol. 4, No. 2, 1992. 11, pp. 63-69.