

고성능 경량 폴리머 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Mechanical Properties of High Performance Lightweight Polymer Concrete

성 찬 용*
Sung, Chan Yong

Summary

This study was performed to evaluate the mechanical properties of high performance lightweight polymer concrete using fillers and synthetic lightweight coarse aggregate. The following conclusions were drawn.

1. The unit weight of the G3, G4 and G5 concrete was 1.500t/m^3 , 1.506t/m^3 and 1.535t/m^3 , respectively. Specially, the unit weights of those concrete were decreased 33~35% than that of the normal cement concrete.

2. The highest strength was achieved by heavy calcium carbonate, it was increased 27% by compressive, 95% by tensile and 195% by bending strength than that of the normal cement concrete, respectively.

3. The elastic modulus was in the range of $8.0 \times 10^4 \sim 10.4 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$, which was approximately 35~42% of that of the normal cement concrete. Normal cement concrete was showed relatively higher elastic modulus.

4. The ultrasonic pulse velocity of fillers was in the range of 2,900m/sec, which was showed about the same compared to that of the normal cement concrete. Heavy calcium carbonate was showed higher pulse velocity.

5. The compressive, tensile, bending strength and ultrasonic pulse velocity were largely showed with the increase of unit weight.

*충남대학교 농과대학

키워드: 고성능 경량 폴리머 콘크리트, 강도,
인공경량조골재, 충전재, 단위중량,
탄성계수, 초음파진동속도

I. 서 론

근래 각종 산업분야에서의 기술향상과 함께 건설기술도 비약적인 발전을 하고 있으며, 특히 건설재료분야는 신소재 개발에 많은 관심을 갖고 있어 특수한 재료가 다양하게 개발되고 있는데, 이 가운데 하나가 고분자 물질을 사용하여 제조한 콘크리트-폴리머 복합체이다. 이것은 1970년대 중반부터 연구개발되기 시작하여 현재 우리나라를 비롯한 세계각국에서 많은 연구자들에 의해 활발한 연구활동이 전개되고 있다.⁵⁾

한편, 시멘트콘크리트는 구조재료로서 광범위하게 사용되고 있으며, 압축강도가 높고 내구성이 좋아 건설재료로서 가장 많이 이용되고 있는데, 이와같은 콘크리트 구조물이 안정성과 사용성 등 제기능을 유지하기 위해서는 외부적인 요인과 내부적인 요인으로 인한 콘크리트의 내구성에 영향을 미치는 인자들에 대한 구체적이고 체계적인 연구가 필요하며, 이와같은 콘크리트 성능저하의 원인은 동결융해 작용, 탄산화작용, 해수에 의한 작용, 알칼리 골재 반응 등 다양하다.^{3, 6, 9)}

또한, 모든분야의 산업은 고도로 발달하고, 콘크리트구조물은 대형화, 고층화 되어감에 따라 구조물의 기본재료인 콘크리트의 고강도화와 경량화가 요구되고 있다. 이와같은 콘크리트의 성능저하를 방지하는 동시에 콘크리트의 고성능화와 경량화를 위하여 고성능 경량 콘크리트를 개발하고자 한다.

고성능 콘크리트란 고강도뿐만 아니라 내구성, 유동성, 내마모성, 내부식성, 내화학적, 높은 탄성계수, 낮은 투수성, 체적변화의 안정성이 좋은 콘크리트를 말하며,¹⁾ 폴리머 콘크리트는 강도, 접착성, 방수성, 내구성 등이 우수하고 경화속도가 빠르며, 특히 압축강도 뿐만 아니라 휨강도와 같은 역학적 성질이 우수하기 때문에 점차 사용이 증가되고 있다.⁷⁾

따라서, 본 연구에서는 폴리머와 충전재 및 인공경량조골재를 사용한 고성능 경량 폴리머 콘크리트의 단위중량, 압축강도, 인장강도, 휨강도, 탄성계수 및 초음파진동속도 등의 공학적 특성을 실험적으로 규명코자 하며, 이 연구의 결과는 고성능 경량 폴리머 콘크리트의 제조시 충전재의 선택과 배합비의 결정을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

가. 폴리머

폴리머 콘크리트 제조에 이용되는 결합재는 액상 폴리머(polymer)와 모노머(monomer)가 있으며, 이 가운데 폴리머 콘크리트용으로 범용화 되어 있는 것은 폴리머계인 열경화성 수지이다.

본 실험에서는 국내에서 생산되고 있으며 폴리머 콘크리트용으로 적당한 물성을 가진 것으로 알려진 올소타입(ortho type)을 사용하였으며, 이들의 일반적 성질은 Table-1과 같다.

Table-1. General properties of unsaturated polyester resin used

Type	Specific gravity	Viscosity (25°C, PS)	Styrene content(%)	Acid value
Ortho	1.12	3.5	37.2	26.5

나. 경화제

시판되는 불포화 폴리에스터 수지는 경화촉진제가 첨가되어 있는 경우와 되어있지 않은 경우가 있는데, 본 실험에서는 촉진제가 첨가되어 있는 것으로서 경화제만 첨가하면 상온에서 경화되는 것을 사용하였으며, 그 일반적 성질은 Table-2와 같다.

Table-2. General properties of hardner for unsaturated polyester resin used

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

다. 골재

조골재는 현재 국내에서 경량콘크리트 제품의

재료로 사용되는 최대입경이 8mm인 인공경량골재이며, 세골재는 충남 금강유역에서 채취된 직경이 4.75mm 이하인 자연모래를 사용하였다.

또한, 폴리머 콘크리트용 골재의 함수율은 0.1%⁴⁾ 이하가 되어야 하므로 100°C로 조절된 건조기에서 24시간 건조한 후, 상온에서 충분히 냉각시켜 사용하였으며, 사용된 골재의 물리적 성질은 Table-3과 같다.

Table-3. Physical properties of coarse and fine aggregate used

Classification		Size (mm)	Specific gravity (20°C)	Absorption rate (%)	Fineness modulus	Unit weight (t/m ³)
Coarse aggregate	Synthetic lightweight	<8	0.68	21	5.60	0.386
Fine aggregate	River sand	<4.75	2.63	0.07	2.96	1.55

라. 충전재

충전재의 주요 사용목적중 하나는 중량에 있으며, 이는 골재입자 사이를 치밀하게 채워 주어 비교적 고가인 폴리머의 사용량을 줄여 주는 효과를 가져 온다.

또한, 충전재는 무기질 분말이어야 하며 흡수성이 작아야 된다. 입자의 크기는 1~30 μ m

정도로서 분말도는 2,500~3,000cm²/g의 범위에 있어야 하고 수분함량은 1%미만⁴⁾이어야 한다.

본 연구에 사용한 충전재는 보통포틀랜드시멘트, 플라이 애쉬, 중질탄산칼슘 3가지이며, 그 화학성분과 물리적 성질은 Table-4와 같다.

Table-4. Chemical composition and physical properties of fillers used

Type		Portland cement	Fly ash	Heavy calcium carbonate
Chemical composition (%)	CaO	64.5	—	—
	SiO ₂	22.3	65.80	—
	CaCO ₃	—	—	100
	Al ₂ O ₃	5.4	—	—
	Fe ₂ O ₃	2.9	—	—
	MgO	1.6	—	—
	SO ₃	1.7	—	—
Ig.loss		0.7	3.84	—
Specific gravity	(20°C)	3.15	2.20	2.81
Specific surface (Blain)	(cm ² /g)	3,140	3,126	—
Bulk density	(g/cm ³)	1.418	1.072	0.62

2. 공시체 제작

가. 콘크리트배합

폴리머 콘크리트에 대한 배합설계는 대체적으로 워커빌리티, 사용가능시간 및 강도를 고려해서 배합비를 결정하는 것이 일반적이다. 이와같은 요령에 의하여 결합재를 조제하고, 조골재, 세골재 및 충전재의 배합비를 결정하며, 고성능 경량 폴리머 콘크리트의 재령 7일의 압축강도를 220kg/cm²이상, 단위중량을 1.

5±0.1t/m³이하, 슬럼프값을 8±1cm의 범위가 되도록 하였던 바, 결합재의 조제와 배합비는 Table-5 및 Table-6과 같다.

Table-5. Formulation of binder

(Unit : wt, ratio)

kind of polymer	Type	Resin	hardner
Unsaturated polyester resin	Ortho	100	1

Table-6. Experimental design of high performance lightweight polymer concrete

(Unit : wt, %)

Treatment	Binder	Aggregate		Filler			Total
		Fine	Coarse	Cement	Fly ash	Calcium carbonate	
G1	28.7		71.3				100
G2	18.1	65.6	16.3				100
G3	15.3	53.6	14.2	16.9			100
G4	15.2	55.2	13.8		15.8		100
G5	15.6	54.7	14.1			15.6	100

나. 공시체 제작 및 양생

폴리머 콘크리트의 제작은 KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법)에 준하여 조골재, 세골재 및 충전재를 콘크리트 믹서로 잘 혼합한 다음 결합재를 투입하는 순서로 하였다. 몰드에 타설된 폴리머 콘크리트는 3시간후 탈형하여 온도 20±1℃, 습도 60±2%인 실험실에서 소정의 재령까지 기건양생시켰다.

3. 시험방법

다음과 같은 시험을 KS와 BS에 규정된 방법에 준하여 실시하였으며, 3반복 시험한 것의 평균값을 실험결과치로 하였다.

가. 단위중량시험은 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 인 시험체를 재령 28일의 기건상태의 중량과 체적을 구하여 산출하였다.

나. 압축 및 인장강도시험은 $\phi 150\text{mm} \times 300$

mm의 시험체를 제작하여 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법) 및 KS F 2480(폴리에스테르 레진 콘크리트의 인장강도 시험방법)에 규정된 방법에 따라 실시하였으며, 휨강도시험은 60mm×60mm×240mm의 시험체를 제작하여 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 의해 재령 7일에 측정하였다.

다. 탄성계수시험은 재령 7일의 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 인 시험체에 스트렌제이저를 부착하여 KS F 2438(콘크리트 원주공시체의 정탄성계수 및 포아슨비 시험방법)에 규정된 방법에 따라 극한하중의 40%를 반복적으로 가해 얻은 응력-변형을 곡선의 기울기로 부터 얻어진 세컨트(secant)계수로 하였다.

라. 초음파진동속도시험은 재령 7일에 60mm×60mm×240mm인 시험체의 아래와 위의

중앙에 50mm의 변환기를 부착하여 BS 4408 (콘크리트의 초음파진동속도 측정방법)에 규정된 방법에 의해 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 단위중량

경량콘크리트의 성질중에서 가장 중요한 것 중의 하나가 단위중량이라고 할 수 있으며, 이는 사용골재의 종류와 배합조건에 따라 큰 차이가 있다. 각 배합종류별 단위중량은 중량에 대한 체적비로 산출하였으며, 각 배합방법에 따른 단위중량 시험결과를 비교하면 Table-7 및 Fig.1과 같다.

Table-7. Test results of unit weight

Treatment	Unit weight (t/m ³)
G1	0.521
G2	1.346
G3	1.500
G4	1.506
G5	1.535

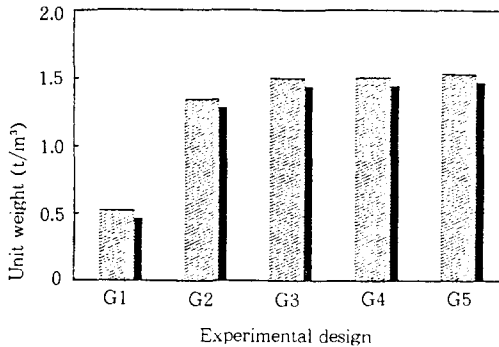


Fig.1. Comparison of unit weight between different experimental designs

Table-7 과 Fig.1에서 보는 바와 같이, 폴리머를 사용한 경량콘크리트의 단위중량을 살펴보면, 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1은

0.521t/m³, 충전재를 넣지 않은 G2는 1.346t/m³으로 나타났으며, 충전재별로 살펴보면, 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3는 1.500t/m³, 플라이 애쉬를 넣은 G4는 1.506t/m³, 중질탄산칼슘을 넣은 G5는 1.535t/m³으로써, 충전재를 넣지 않은 콘크리트에서 단위중량이 월등히 작게 나타났으며, 충전재를 넣은 콘크리트에서도 보통시멘트콘크리트의 단위중량 2.3t/m³의 65~67%로서, 각각 33~35%의 단위중량이 감소되었다. 이와같이 단위중량 감소의 주요원인은 G1과 G2는 충전재나 세골재를 넣지 않아 공극이 증가되었기 때문이며, 충전재와 세골재를 다 사용한 G3, G4, G5는 인공경량조골재를 사용했기 때문이라 하겠다.

2. 강도

가. 압축강도

폴리머 콘크리트의 역학적 성질을 나타내는 대표적인 것이 압축강도이다.

압축강도는 배합설계의 기준이 될 뿐만 아니라 인장강도, 휨강도, 탄성계수등을 추정할 수 있고, 타설시 거푸짐의 제거시기를 결정할 수 있는 기준이 된다. 보통시멘트콘크리트와 역학적 특성이 다소 다른 것으로 알려진 경량골재콘크리트의 압축강도는 사용한 인공경량골재의 강도, 배합조건등에 따라 다르며, 그 배합방법에 따른 압축강도 시험결과를 비교하면 Table-8 및 Fig.2와 같다.

Table-8. Test results of compressive strength

Treatment	Compressive strength (kg/cm ²)
G1	29
G2	142
G3	231
G4	246
G5	268

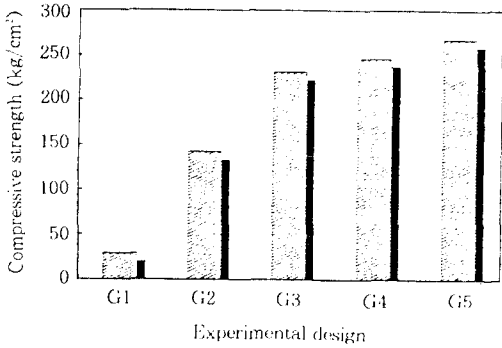


Fig. 2. Comparison of compressive strength between different experimental designs

Table-8 과 Fig.2에서 알 수 있듯이 보통시멘트콘크리트의 재령 28일 압축강도 210kg/cm²를 100%로 할 경우, 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1은 13%, 충전재를 넣지 않은 G2는 67%로 각각 87%와 33%의 압축강도가 감소되었다. 이는 콘크리트의 파괴단면을 살펴볼 때 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1은 조골재 상호간에 부착되어 있는 상태이고, 충전재를 넣지 않은 G2는 조골재와 세골재가 부착되어 있어 그 사이에 공극이 생겨 강도의 저하가 생긴 것이라 하겠다.

또한, 충전재별로 살펴보면, 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3는 110%, 플라이애쉬를 넣은 G4는 117%, 중질탄산칼슘을 넣은 G5는 127%의 강도를 나타냄으로써, 보통시멘트콘크리트의 강도보다 모든 충전재에서 각각 10~27%이상 크게 나타났다. 이와같이 경량골재를 사용하였음에도 불구하고 보통시멘트콘크리트의 강도 보다 크게 나타난 것은 충전재가 공극을 채워주고 폴리머가 강도증진 효과를 가져왔기 때문이라 하겠다.

한편, 단위중량과 압축강도를 비교해 보면, 단위중량이 작을수록 압축강도가 작게 나타나는 경향을 보였는데, 이는 조골재로 사용된 인공경량골재가 일반적으로 사용되는 천연조

골재보다 강도가 약하기 때문에 골재 자체의 강도는 기대 할 수 없고, 단지 골재를 피복하고 있는 폴리머나 충전재에 전적으로 의존하기 때문이라 하겠다.

또한, 강도가 가장 크게 나타난 G5의 강도를 100%로 할 경우, G1은 10%, G2는 52%, G3는 86%, G4는 91%의 강도를 나타내었다.

나. 인장강도

경량골재를 사용한 폴리머 콘크리트의 인장강도 시험결과를 비교하면 Table-9 및 Fig.3과 같다.

Table-9. Test results of tensile strength

Treatment	Tensile strength (kg/cm ²)
G1	14
G2	37
G3	38
G4	38
G5	41

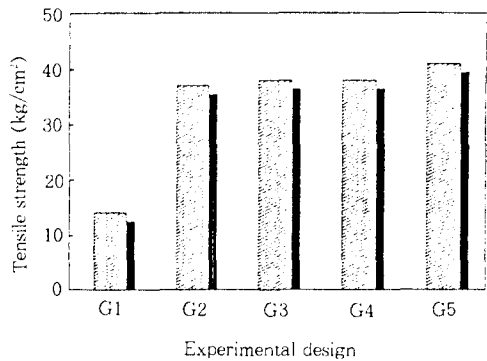


Fig. 3. Comparison of tensile strength between different experimental designs

Table-9 와 Fig.3에서 보는 바와같이 보통시멘트콘크리트의 재령 28일 인장강도 21kg/cm²를 100%로 할 경우, 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1은 66%, 충전재를 넣지 않은 G2는 176%로 G1은 34% 감소하였고, G2는

76%의 인장강도가 증가되었다.

또한, 충전재별로 살펴보면, 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3는 180%, 플라이 애쉬를 넣은 G4도 180%, 중질탄산칼슘을 넣은 G5는 195%의 강도를 나타냄으로써, 보통시멘트콘크리트의 강도보다 모든 충전재에서 각각 80~95%이상 크게 나타났으며, 압축강도와 마찬가지로 G5가 타충전재를 넣은 콘크리트보다 상대적으로 인장강도가 크게 나타났다.

한편, G5의 강도를 100%로 할 경우, G1은 34%, G2는 90%, G3와 G4는 92%의 강도를 나타냈는데, 이와같이 G1이 상대적으로 강도가 작게 나타난 것은 충전재와 세골재를 사용하지 않아 밀도감소와 콘크리트 내부공극의 증가 때문이라 생각된다.

다. 휨강도

경량골재를 사용한 폴리머 콘크리트의 휨강도 시험결과를 비교하면 Table-10 및 Fig.4와 같다.

Table-10. Test results of bending strength

Treatment	Bending strength (kg/cm ²)
G1	19
G2	82
G3	92
G4	117
G5	124

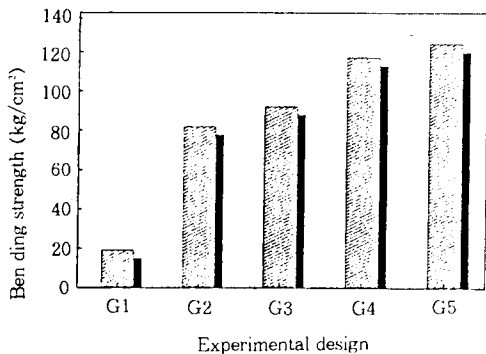


Fig.4. Comparioston of tensile strength between different experimental designs

이 결과에서 보는 바와 같이 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1은 보통시멘트콘크리트보다 휨강도가 작게 나타났으나, 충전재를 넣지 않은 G2, 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3, 플라이 애쉬를 넣은 G4, 중질탄산칼슘을 넣은 G5는 보통시멘트콘크리트보다 크게 나타났으며, 압축강도보다는 인장강도와 유사한 경향을 나타내었는데, 이는 사용한 인공경량조골재의 역학적 성질에 의한 영향으로 생각된다.

또한, 보통시멘트콘크리트의 재령 28일 휨강도 42kg/cm²을 100%로 할 경우, G1은 45%, G2는 195%, G3는 219%, G4는 278%, G5는 295%의 강도를 나타냄으로써, 압축 및 인장강도와 마찬가지로 G1은 보통시멘트콘크리트의 강도보다 작게 나타났다.

한편, 휨강도가 가장 크게 나타난 G5의 강도를 100%로 할 경우, G1은 15%, G2는 66%, G3는 74%, G4는 94%의 강도를 나타내었는데, 이러한 결과는 압축 및 인장강도와 유사한 결과라 하겠다.

라. 강도비

경량 폴리머 콘크리트의 압축, 인장 및 휨강도에 대한 충전재의 종류에 따른 강도비를 나타내면 Table-11과 같다.

Table-11. Comparison of strength ratio

Treatment	σ_t/σ_c	σ_b/σ_c	σ_t/σ_b
G1	0.482	0.655	0.736
G2	0.260	0.577	0.451
G3	0.164	0.398	0.413
G4	0.154	0.475	0.324
G5	0.152	0.462	0.330

강도비는 역학적 성질을 구명하는데 필요한 것 중의 하나이다. 이 결과에서 경량 폴리머 콘크리트는 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1과 충전재를 넣지 않은 G2의 강도비는 다같이 매우 크게 나타남을 알 수 있는데, 이러한 원인은 압축, 인장 및 휨강도의 차이와 각각

의 강도가 작기 때문에 나타나는 결과라고 하겠다.

한편, 충전재로 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3와 플라이 애쉬를 넣은 G4 및 중질탄산칼슘을 넣은 G5의 각 강도비 σ_a/σ_c 는 0.152~0.164의 범위이고, σ_b/σ_c 는 0.398~0.475 범위이며, σ_a/σ_b 는 0.330~0.414의 범위이고, Table-7에 의하면 압축강도는 231~268kg/cm², 인장강도는 38~41kg/cm², 휨강도는 92~124kg/cm²으로서 충전재의 종류에 따라 큰 차이는 보이지 않았으며, 중질탄산칼슘이 각 강도에서 제일 큰 값을 나타냈다는 것은 충전재 선택에 있어 매우 중요한 결과라고 할 수 있다.

또한, 보통시멘트콘크리트의 강도비($\sigma_a/\sigma_c=0.076\sim0.1$, $\sigma_b/\sigma_c=0.125\sim0.2$)보다는 크게 나타났고, 강도비($\sigma_a/\sigma_b=0.5$)보다는 작게 나타났는데, 이러한 결과는 경량 폴리머 콘크리트의 압축강도가 높기는 하지만 인장강도와 휨강도가 시멘트콘크리트의 그것보다 상대적으로 높게 나타났다는 것을 알 수 있다.

이와같은 원인은 결합재인 폴리머가 갖는 특수한 물성에 기인한 것으로서 폴리머 콘크리트의 취성이 보통시멘트콘크리트보다 크다는 것을 증명해 주는 결과라고 하겠다. 이와같은 경량 폴리머 콘크리트의 강도는 폴리머 자체에도 영향을 받으나 충전재와 세골재의 영향도 있음을 알 수 있었으며, 보통시멘트콘크리트에 비해 압축강도의 증가보다도 인장이나 휨강도의 증가가 크게 나타나 구조물에 응용될 경우 다양하게 사용될수 있을 것으로 판단된다. 여기서 공통적으로 나타난 것은 G5, G4, G3, G2, G1순으로 압축, 인장 및 휨강도가 크게 나타나 충전재 선택에 중요한 자료가 될 수 있다 하겠다. 따라서, 휨을 받는 부재에 사용하면 경량성 뿐만 아니라 역학적인 면에서도 많은 효과가 있을 것이다.

3. 탄성계수

탄성계수는 재료의 역학적 성질을 나타내는 요소의 하나로서 대체적으로 탄성계수가 작으면 재료의 변형성이 크다는 것을 의미한다.

경량 폴리머 콘크리트의 충전재 종류에 따른 탄성계수시험결과를 나타내면 Table-12 및 Fig.5와 같고, 응력-변형율과의 관계를 도시하면 Fig.6과 같다.

Table-12. Test results of elastic modulus

Treatment	Elastic modulus ($\times 10^3$ kg/cm ²)
G1	16
G2	78
G3	104
G4	80
G5	87

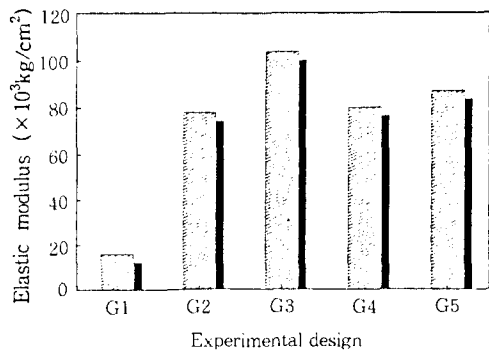


Fig. 5. Comparison of elastic modulus between different experimental designs

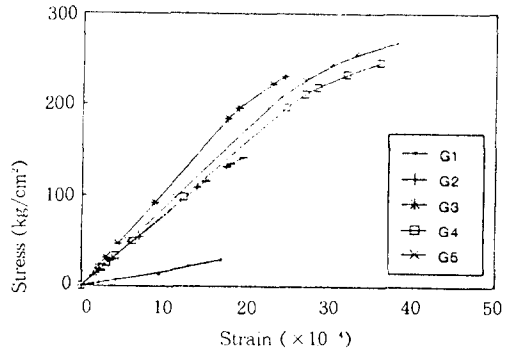


Fig.6. Stress-strain curves of lightweight polymer concretes by type of filler

이 결과에서 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1과 충전재를 넣지 않은 G2는 다같이 탄성계수가 매우 작게 나타났다는 것을 알 수 있는데, 이와같은 원인은 충전재나 세골재를 넣지 않고 인공경량골재를 사용한 때문이라 하겠다.

또한, 충전재로 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3와 플라이 애쉬를 넣은 G4 및 중질탄산칼슘을 넣은 G5의 탄성계수는 $8.0 \times 10^4 \sim 10.4 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ 으로서 보통시멘트콘크리트의 탄성계수를 구하는 식 $15,000\sqrt{\sigma_{ck}^2}$ 에 압축강도의 최저치인 231kg/cm^2 과 최고치인 268kg/cm^2 을 대입하여 환산한 값인 $2.27 \times 10^5 \sim 2.45 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$ 과 비교하면 경량 폴리머 콘크리트의 탄성계수는 보통시멘트콘크리트의 35~42%수준에 머무르고 있다.

그리고, 충전재 종류에 따른 탄성계수 변화를 살펴보면 포틀랜드시멘트, 중질탄산칼슘, 플라이 애쉬 순으로 크게 나타났으며, 이와같은 결과로부터 경량 폴리머 콘크리트의 탄성계수는 보통시멘트콘크리트의 것보다 작아 변형성이 비교적 크다는 것을 알 수 있다.

4. 초음파진동속도

초음파진동속도시험은 초음파 종파를 부재나 구조물중에 방사해서 그 전파시간으로부터 얻어지는 전파속도에 의해 콘크리트의 성능을 평가하는 방법으로서, 수 m에서 수 cm의 규모에 까지 적용할 수 있는 비파괴시험방법이다.⁸⁾

경량 폴리머 콘크리트의 초음파진동속도에 대한 시험결과를 비교하면 Table-13 및 Fig.7과 같다.

이 결과에서 보는 바와 같이, 충전재와 세골재를 넣지 않은 G1과 충전재를 넣지 않은 G2는 보통시멘트콘크리트의 초음파진동속도 3,000m/sec에 61~84%로 나타났는데, 이는 콘크리트 속에 공극이 많아 초음파의 속도를

저해하기 때문이라 하겠다.

Table-13. Test results of ultrasonic pulse velocity

Treatment	Ultrasonic pulse velocity (m/sec)
G1	1,848
G2	2,535
G3	2,904
G4	2,894
G5	2,952

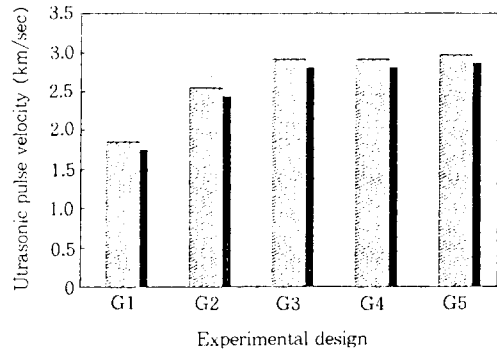


Fig.7. Comparison of ultrasonic pulse velocity between different experimental designs

한편, 충전재로 보통포틀랜드시멘트를 넣은 G3와 플라이 애쉬를 넣은 G4 및 중질탄산칼슘을 넣은 G5는 보통시멘트콘크리트의 96~98%로 거의 비슷한 값을 나타냈는데, 이는 충전재로 인하여 콘크리트속의 공극이 채워져 어느정도 초음파속도를 저해하는 요인이 감소되었기 때문이며, 압축, 인장 및 휨강도가 보통시멘트콘크리트보다 더 크게 나타났는데도 불구하고 초음파속도가 거의 비슷하게 나타난 것은 공극이 많은 경량골재를 사용하여 초음파속도가 감소되는것을 폴리머를 사용하여 충전재와 골재사이의 밀도를 증가시켰기 때문이라 하겠다.

한편, 충전재별로는 중질탄산칼슘, 보통포

틀랜드시멘트, 플라이 애쉬 순으로 초음파진동속도가 크게 나타났는데, 이는 충전재 선택에 있어서 매우 중요한 결과라고 할 수 있다.

또한, 단위중량이 클수록 초음파진동속도가 크게 나타났으며, 압축, 인장 및 휨강도가 클수록 역시 그 속도는 크게 나타났다.

IV. 결 론

이 연구는 폴리머와 충전재 및 인공경량조골재를 사용한 고성능 경량 폴리머 콘크리트의 역학적 특성을 구명한 것으로서, 이 연구를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단위중량은 충전재(보통포틀랜드시멘트, 플라이 애쉬, 중질탄산칼슘)의 종류에 따라 각각 1.500t/m³, 1.506t/m³, 1.535t/m³로서, 보통시멘트콘크리트에 비해 33~35% 정도 감소되었다.
2. 강도는 중질탄산칼슘에서 가장 높은 값을 나타냈으며, 보통시멘트콘크리트보다 압축강도에서는 27%, 인장강도에서는 95%, 휨강도에서는 195%가 증가되었고, 압축강도에 대한 인장과 휨강도비가 보통시멘트콘크리트보다 1.5~2배이상 크게 나타나 취성이 크다는 것을 알 수 있었다.
3. 탄성계수는 $8.0 \times 10^4 \sim 10.4 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ 으로 보통시멘트콘크리트의 35~42% 정도로서 변형성이 크게 나타났으며, 충전재로는 보통포틀랜드시멘트가 상대적으로 높은 값을 나타내었다.
4. 초음파진동속도는 모든 충전재에서 다같이 2,900m/sec 정도로 보통시멘트콘크리트와 비슷하게 나타났으며, 중질탄산칼슘에서 비교적 높은 값을 보였다.
5. 압축, 인장, 휨강도와 초음파진동속도는 단위중량이 증가할수록 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 변근주, 1994, 고성능콘크리트의 연구동향 및 전망, 한국콘크리트학회지, 6(1) : 2~23.
2. 문한영, 1990, 건설재료학, 동명사 : 99~137.
3. 오병환, 1994, 내구성 향상을 위한 고성능 콘크리트의 개발과 활용, 한국콘크리트학회지, 6(1) : 44~51.
4. Paturoyer, V. V., et al, 1986, Recommendations on polymer concrete mix design, NIZHB, Moscow : 18.
5. 박승범, 조영찬, 1993, 강섬유 보강 플라이 애쉬 폴리머 수지 복합체의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회지, 5(4) : 156~165.
6. Sung, Chan Yong, 1992, Influence of alkali-silica reaction on the engineering properties of synthetic lightweight concrete, Proceedings of the 3th International Joint Seminar on the Future of Agricultural Science in Korea and Japan, Taejon, Korea, May : 111~121.
7. Sung, Chan Yong, 1994, Engineering properties of permeable polymer concrete, Proceedings of the First East Asia Symposium on Polymers in Concrete, Chuncheon, Korea, May : 271~281.
8. Swamy, R. N. and A. H. Al-Hamed, 1984, The use of pulse velocity measurements to estimate strength of air-dried cubes and hence in situ strength of concrete, Journal of the ACI, 81(2) : 247~276.
9. Swamy, R. N. and M. M. Al-Asali, 1988, Engineering properties of concrete affected by alkali-silica reaction, ACI Structural Journal, 85(5) : 367~374.

(접수일자 : 1995년 5월 15일)