

페타이어 콘크리트의 열적 특성

최재남 · 이희남* · 손기상*

성우건설 · *서울산업대학교 안전공학과

1. 서 론

기존 콘크리트의 특성을 이용한 수많은 건물들이 축조되고 있으면, 우리는 그 안에서 거주하고 있다. 다양한 기후조건, 초근에는 오염된 장기적으로 부식시키는 그리고 파괴시키는 자연조건이 되고 있다. 많은 요인들 중에서 습기가 스며들고, 이는 중요구조 요소인 철근을 부식케하여 큰 문제로 대두되어 최근 국제적 연구는 이러한 악조건을 지탱하는 콘크리트 구조를 개선하기 위한 노력을 하고있는 추세이다.

본 연구는 기존 산업 폐자재 재활용 차원에서 기존 연구들과는 획기적으로 다른 건물 적용 방안을 찾기 위한 실험으로서 누수집중 호우나 장마시에 그리고 겨울철 결빙에 따른 응축수 누수 등의 문제로 고층 아파트 등에서는 특히 시공사 하자부담이 되어 결코 지나칠 수 없을뿐더러 뚜렷한 해결방안도 없는 실정이다.

기존 국내에서 생산되는 페타이어 입자별로 압축강도, 인장강도, 밀도(kg/m³)별로 보통 콘크리트와 비교하기 위해 추가 열관류율 측정을 하여 기존연구(참조⁶)결과와 비교하고 국내적용 방안을 강구하는 것으로 하였다.

2. 문헌고찰

Table1. Typical values of Thermal Conductivity of Concrete²⁾

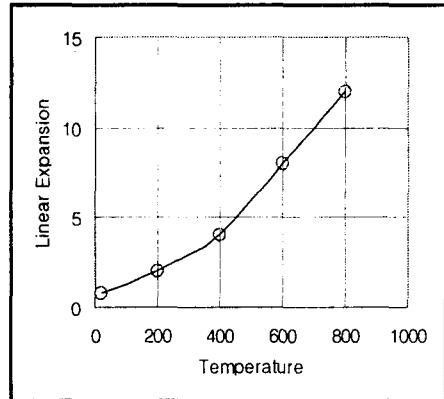
Type of aggregate	Density of concrete		Conductivity	Btu/ft ² hF ^{°C}
	kg/m ³	lb/ft ³		
Batytes	3640	2227	1.38	0.8 0.83
Igneous	2540	159	1.44	
Dolomite	2530	160	3.68	
Lightweight Concrete (oven-dried)	480-1760	30-110	0.14-0.60	

Table2. Values of Conductivity Suggested by Loudon and Stacy⁶⁾

Unit Weight kg/m ³	Conductivity J/m's°C/m			Remarks
	For Concrete	Protected from weather	For Concrete exposed to weather	
	Normal weight concrete		Normal weight aggregate concrete	
1600		0.706	0.808	
1760		0.838	0.952	
1720		1.056	1.194	
2080		1.315	1.488	
2240		1.696	1.904	
2400		2.267	2.561	

Table3. Influence of Aggregate Content on the Coefficient of Thermal Expansion¹⁾

Cement/sand ratio	Linear coefficient of thermal expansion at the age of 2 years	
	10 ⁻⁶ per°C	10 ⁻⁶ per° F
neat cement	18.5	10.3
1:1	13.5	7.5
1:3	11.2	6.2
1:6	10.1	5.6



본 논문의 진행의 유효성을 예측하기 위해 기존의 Normal 콘크리트에 대해 실험결과 중 관련 데이터를 Table1-Table3에서 제시하고 있다.

Table1에서 보통 콘크리트의 열팽창율은 0.4~0.6으로 되어있고, 단위중량 2400kg/m³에 서는 날씨 영향 없는 실내에서 측정시 2.267을 나타내고 있다. 이들 실험 값들을 본 연구 페타이어 재료 사용시의 특성비교에 크게 참고 될 것으로 사료된다.

열전도는 전열의 하나로서 단위는 kcal/mh°C, 단 w/m°C이다.

열전도율은 일반적으로 λ로 표시하며 일반 콘크리트는 1.0~1.4kcal/mh°C 정도이다. 액체나 기초 등의 유체에 대류가 생기면 보통 전열은 급속히 증가한다. 그러나, 금속 등의 합금이 되면 λ는 저하한다. λ가 적을수록 열용량이 크므로 단열성이 양호하다.

3. 실험

3.1 실험계획

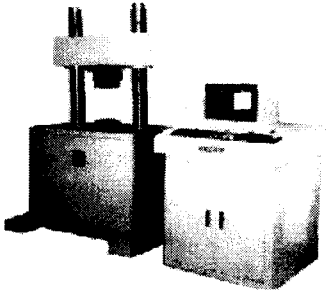


그림1. 압축강도



그림2. 열관류율 측정도

재료배합설계는 콘크리트 Normal 240kg/cm²의 압축강도를 기준으로 재령28일 강도시험을 하고 이와 동시에 1주일간의 시차를 두고 시차에 걸쳐서 우선 실내에서 날씨에 영향 받지 않는 조건으로 하였다. 이때 배합에 이용된 페타이어는 1.5%로 단일인자로 하였고, 페타이어 입자크기는 0.4~10.0mm, 그리고 Steel성분이 포함된 페타이어 재료, 탄소배합 등 총 8가지를 제작하여 Normal 경우와 비교하는 것으로 하였다. 측정기는 HFM-101 모델로 열전도를 측정기(General Purpose Heat Flow Meter)를 사용하였다. display range 0~+99.999kcal/m²h(heat flow)display range(temp) -50~+999℃, power supply AC 100/120/220/240V/60HZ dimension 200(w)×350(η)×100mm(H)를 사용하였다. 실험순서는 sensor(ER type)연결→power on→sensor전용 ID-Card입력→sensor의 요철이 없는 부분을 측정부위에 부착→function key를 두 번 누르고 측정시작, 측정 시간차에 따라 다를 수 있기에 같은 시간대를 확보하기 위해 한가지 요소에 대해 3회 까지 측정 후 평균값을 취하는 것으로 하였다.

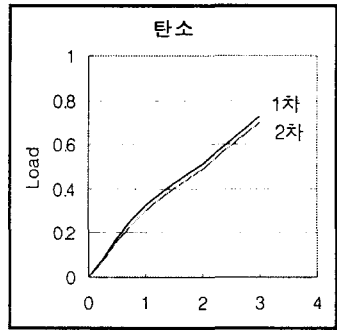
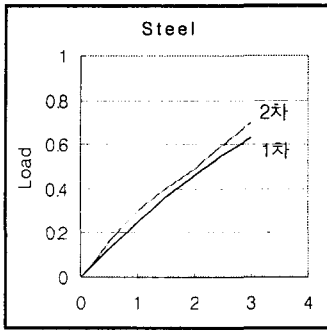
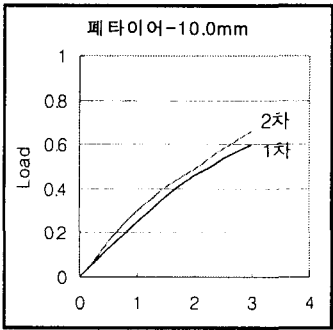
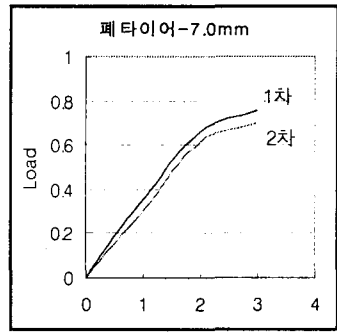
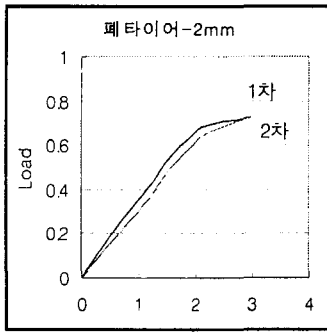
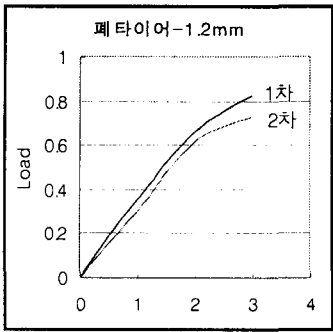
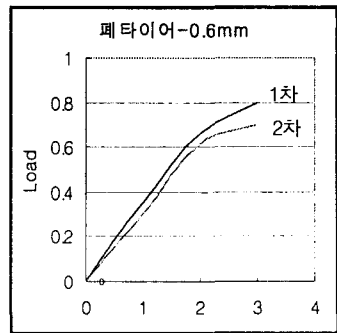
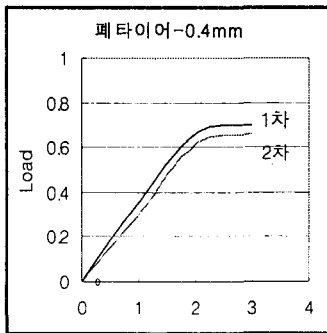
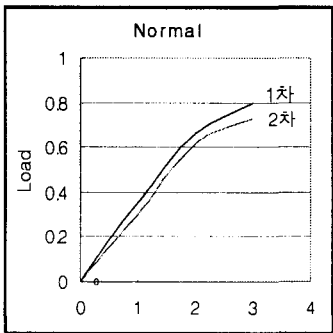
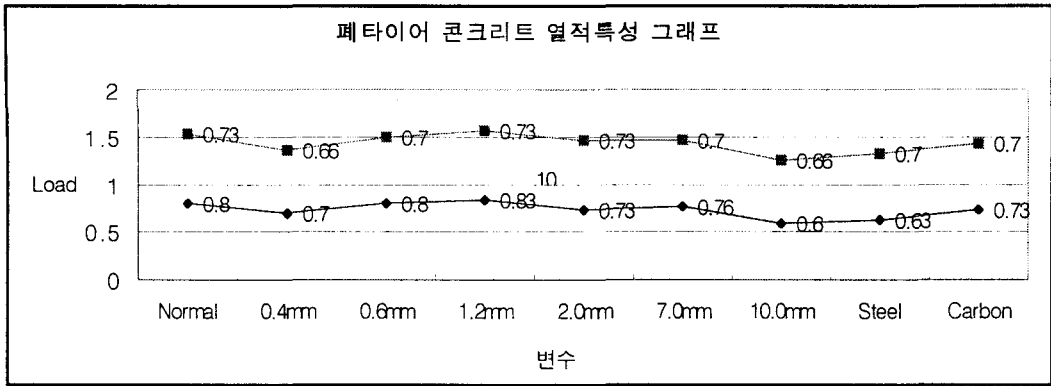
3.2 실험결과

Table4. Test result of their Strength and Conductivity

Mix Design	Fibre Particle size	Φ10×20 compressive				Φ10×20 split				Conductivity (J/m ² °C/m)			비고
		1	2	3	평균	1	2	3	평균	1	2	3	
1.5% by vol	Normal	295	308	286	296.3	116	130	109	118.3				
	0.4	189	190	214	197.7	75	68	95	79.3				
	0.4~0.6	221	245	193	219.7	65	82	92	79.6				
	0.6~1.2	215	211	194	206.7	92	79	93	88				
	2.0	226	224	231	227	94	102	72	89.3				
	7.0	285	266	263	271	115	87	113	105				
	10.0	231	212	250	231	92	88	103	94.3				
	steel	240	245	231	238.7	91	113	107	103.7				
탄소	387	335	384	368.7	123	146	95	121.3					

Table5. Test result of Conductivity

실험체번호		시료수	1차(10월16일)				2차(10월23일)			
			1	2	3	평균	1	2	3	평균
①	Normal	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.73
		2								
		3								
		평균								
②	0.4mm	1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.66
		2								
		3								
		평균								
③	0.6mm	1	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
		2								
		3								
		평균								
④	1.2mm	1	0.9	0.8	0.8	0.83	0.7	0.7	0.8	0.73
		2								
		3								
		평균								
⑤	2.0mm	1	0.8	0.7	0.7	0.73	0.8	0.7	0.7	0.73
		2								
		3								
		평균								
⑥	7.0mm	1	0.8	0.8	0.7	0.76	0.7	0.7	0.7	0.7
		2								
		3								
		평균								
⑦	10.0mm	1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.66
		2								
		3								
		평균								
⑧	Steel	1	0.37	0.6	0.6	0.63	0.7	0.7	0.7	0.7
		2								
		3								
		평균								
⑨	탄소	1	0.8	0.7	0.7	0.73	0.7	0.7	0.7	0.7
		2								
		3								
		평균								



그래프1. 열관류율 결과 그래프

4. 분석

- 1) Normal 콘크리트의 열관류율이 0.8인데 비해 탄소콘크리트는 0.73을 페타이어 입자 0.4mm의 경우는 0.7, Steel 페타이어의 경우는 0.63을 나타냈다.
- 2) Normal에 비해서 페타이어 입자가 10.0mm 이하까지는 λ 값이 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 페타이어 입자의 차이가 매우 근소하여 실험적 결과의 변화를 가질 수 없다고 사료된다.
- 3) 실험결과의 Normal 콘크리트의 λ 값이 0.8kcal/mh $^{\circ}$ C 정도로서 일반적인 콘크리트의 λ 값이 적은 즉, 단열성이 높아진 값이다.
- 20~60% λ 값이 적은 것은 즉, 단열성이 높아진 값이다.
- 4) 탄소를 배합된 콘크리트는 열관류율 측면에서 0.73으로 열관류율 측면에서 2.0mm 입자와 같은 성능을 보였다.

5. 결론

이상의 실험결과와 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 자원재생공사에서 생산되는 0.4, 0.6, 1.2, 2.0, 7.0 10.0, Steel, 성분함유 페타이어의 입자별 열관류율 차이는 3~30% 차이로 매우 근소하여 입자별 분류나 의미를 일부 이 외는 무시 할 수 있는 것으로 사료된다.
- 2) 추가로 실시된 탄소 콘크리트의 경우 페타이어와 똑같은 비율의 재료배합비로 제작된 콘크리트로 이란 입자와 비슷한 성능이다.
- 3) 10mm 입자의 페타이어 배합 콘크리트는 계속된 측정에도 일정하게 $\lambda=0.6$ 으로 20~30% 단열성이 우수한 것으로 건물적용에 대한 집중연구를 할 수 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. D. G. R. Bonnell and F. C. Harper, "Thermal expansion of Concrete National Building Studies", Technical paper No.7 London, H.M.S.O, 1951
2. R. Philleo, "Some Physical properties of concrete at high temperatures", Journal of American Concrete Institute,
3. H. L. Malhotra, "The effect of temperature on the compressive strength of concrete, "Magazine of Concrete Research, No.23, Aug1956, pp.85-94
4. G. E. Monfore and A. E. Lentz, "Physical properties of concrete at very low temperature", Journal of Portland Cement, Association, No.2, May 1962, pp.33-9
5. 이승연외 3인, "동적 해석법에 의한 벽체 열전도 저항현장 평가에 관한 연구", 대한건축학회, 1997. 4, Vol.17 No.1, pp339-342
6. A. M. Neville, "Thermal Properties of Concrete", Properties of Concrete, Pitman publishing 1981, Co, UK, pp.487-497