

페타이어 분말을 혼입한 몰탈의 단열특성

최재남 · 손기상^{†*}

성우건설 · *서울산업대학교 안전공학과
(2005. 2. 5. 접수 / 2005. 6. 10. 채택)

An Adiabatic Characteristic on the Waste tyre Powders Mortar-Containing

Jae Nam Choi · Ki Sang Son^{†*}

Seongwoo Construct Co.,

*Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

(Received February 5, 2005 / Accepted June 10, 2005)

Abstract : This is to find out that cement mortar mixed with waste tyre particle can be applied for recycling it and enhanced to have shock absorption capacity. Therefore, architectural material specification and its related references for the disposal of it are based on for the study. Test has been performed with procedure, based on the Korea Standard insulation mortar and Compressive Strength Test has been done at K remicon factory approved by Korea Government in Korea, in order to decrease any possible error in mixing procedure. Test molds for insulation capacity and cohesive strength have been delivered to the expert agency for having more exact results. The result from the above test shows that waste tyre mixed with cement mortar has almost equal to the common concrete. This means that the recycling of the waste tyre will be demanded more and more in case of having continued development for this recycling area. And also waste tyre-using construction material can be more applied for construction area than existing material. Thus, this recycling method can be very usefully applied for solving environmental problem and for establishing economic aspect.

Key Words : waste tyre, powder, adiabatic, cohesive strength

1. 서 론

1.1. 연구의 목적

최근 들어 환경공해문제가 중요한 부분으로 대두되면서 폐기물의 처리 및 응용이 중요한 현안사항으로 부각되기 시작하였다. 그 중 고무제품의 폐기물 중 페타이어의 처리는 가장 큰 문제로 나타나기 시작하였는데, 그 이유로는 페타이어의 발생량이 다른 고무제품 폐기물 보다 월등히 많이 발생하며 또한, 수명도 다른 제품에 비해 짧기 때문이다.

특히, 국내의 경우에도 최근 들어 급격한 국민경제 수준의 향상과 더불어 매년 차량수가 증가하고 있으며, 이에 따른 페타이어의 발생도 해마다 큰

폭으로 증가 추세를 보이고 있다.

그러나 불과 몇 년 전만 하더라도 페타이어에 대하여 정책적으로 근본적인 처리방안에 대한 대책이 마련되지 못하여 이의 재활용률이 극히 미진한 실정이었으나, 최근 들어 페타이어 활용방안의 연구에 적극성을 띠며 따라 처리 및 응용이 지속적인 발전을 가져오고 있다. 이에 환경공해의 원인인 폐기물 중 막대한 양의 페타이어를 건설재료로 활용함으로써 환경오염 방지 및 자원의 절약과 재활용이라는 측면에서 그 의의가 클 것으로 사료된다.

본 연구에서는 페타이어분말의 성분중 C/B(카본블랙)의 성질을 이용한 건축용 단열몰탈의 개발에 관한 연구를 실험적으로 고찰하여 페타이어분말의 혼입에 따른 역학적 특성 및 단열특성, 그리고 기타 건축용 재료로서 충족되어야 할 물성들을 검토함으로써 페타이어 분말을 혼입한 고품질의 건

[†] To whom correspondence should be addressed.
ksson@snut.ac.kr

축용 몰탈 개발에 관한 방안을 제시하고 한다.

2. 문헌고찰

2.1. 페타이어 발생 현황

(1) 연도별 페타이어 발생현황

80년대 중반부터 증가하기 시작한 자동차 보유대수는 90년대 들어서면서 급격히 증가하기 시작하였으며 증가추세에 따른 페타이어의 발생량 또한 급속한 증가 추세를 보이고 있다. 2000년도부터 다소 감소하는 추세를 보이지만 그 이유는 내구연수 적용 년도의 판매량이 발생한 것으로 반영이 안 될시 그 수는 지속적인 증가를 보이고 있다.(참고 1)

(2) 페타이어 발생원인별 현황

2001년도 발생현황을 보면 판매나 차량 정비업소 등에서 80%정도 발생하였으며 나머지는 폐차장에서 발생하는 것으로 나타나고 있다.(참고 2)

(3) 지역별 페타이어 발생 현황

차량 보유대수 구성비에 따라 페타이어 발생량을 지역별로 추산한 결과 경인, 강원도 지역이 전체의 50%정도를 차지하고 있는 것을 나타나고 있다.(참고 2)

Table 1. Waste tyre amount yearly (unit : one thousand)

구분	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
발생량	17,584	20,729	22,722	19,596	16,919

Table 2. Status of each reason of making waste tyre (unit : one thousand)

발생 원별	수량	구성비	전년대비 증감률
판매, 수리점	13,367	79	-3.3
폐차장	3,552	21	-38.5
합계	16,919	100	-13.7

Table 3. Waste tyre amount of each district (unit : one thousand)

지역	대형		중소형		이륜차형		합계	
	수량	구성비	수량	구성비	수량	구성비	수량	구성비
경인.강원권	479	31.8	7,343	52.0	613	47.5	8,435	49.9
대전.충청권	213	14.1	1,412	10.0	125	9.7	1,750	10.3
대구.경북권	244	16.2	1,624	11.5	154	11.9	2,022	12.0
부산.경남권	277	18.4	2,203	15.6	198	15.3	2,678	15.8
광주.전라권	258	17.1	1,370	9.7	169	13.1	1,797	10.6
제주권	36	2.4	169	1.2	32	2.5	237	1.4
합계	1,507	100	14,121	100	1,291	100	16,919	100

Table 4. Status of waste tyre recycle (unit : one thousand)

구 성 비	수 량	구 성 비	전년대비 증감률	비 고	
발 생 량	16,919		-13.7		
회 수 량	대형	1,445	9.8	-42.1	재생타이어 원단공급용 제외
	중소형	13,241	89.6	21.5	
	이륜차형	89	0.6	61.8	
	합계	14,775	100	9.9	
회 수 율	87.3				

국내 타이어 제조, 수입업체는 폐기물관리법에 의한 페타이어 회수, 처리 의무와 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률에 따라 예치금 납부의무를 진다. 페타이어회수, 처리의무자는 페타이어가 배출되는 자동차 정비업체 등에서 자기브랜드만을 선별 수거하기가 불가능하기 때문에 사업자 단체인 대한 타이어 공업협회와 페타이어 회수, 처리 업무위탁계약을 체결하고 그 업무를 위임하였으며 협회는 전국에 25개 전문 수거업자를 지정하여 이들로 하여금 페타이어를 회수, 처리토록 하고 있다.

2001년도 협회의 수거조직과 관세청의 무역통계 연 보상 수출량을 합산하여 회수된 량을 1,477만 5천개로 발생 량의 1,692만개의 87.3%를 회수하였다. 회수량은 전년도 1,345만개에 비하여 약 10%가 증가하였다. (도목공사용 재 활용을 목적으로 직접 회수하여 이용하는 량은 실적에 반영되지 않아 이를 합산할 시 발생량 전량이 회수된 것으로 볼 수 있다.)(참고 2)

페타이어 처리량은 1,431만개, 전년대비 7.9% 증가 한량이며 발생량 대비 회수, 처리율이 84.6% 이다. 처리방법별 비율을 보면 가공이용이 15%, 열 이용이 67.2%, 원형이용 17.8% 나타나고 있으며 이용 방법별로 전년대비 증감률을 살펴보면 가공이용은 31%가 감소된 것으로 나타났는데 이는 재생 타이어는 다시 회수처리대상이 되기 때문이며 이를 합산할 경우에는 전년과 거의 같은 수준이다. 열 이용은 시멘트킬른 보조연료용의 수요가 늘어나 전년에 비하여 11.4%가 증가, 원형이용은 수출량과 쓰레기 매립장 이용량이 늘어나 66.8%나 증가하였다.(참고 2)

2.2. 결론 및 단절

(1) 결론의 정의

건조 공기 중에 포함될 수 있는 최대(포화)수증

기량은 무게가 동일하더라도 온도에 따라 달라질 수 있으며 온도가 높아질수록 함유할 수 있는 수증기량은 증가한다. 수증기를 포함한 공기의 온도를 낮추게 되면 어떤 온도하에 이르러서는 더 이상의 수증기를 함유할 수 없게 되는데 이때 공기중 수증기 일부가 응축되어 물로 변하게 되는 현상을 결로라고 한다. 이때 온도를 노점온도(Dew point temperature)라고 한다.(참고 12)

결로 현상은 공기와 접한 물체의 온도가 공기의 노점온도보다 낮을 때 일어나는데 일반적으로 온도가 0℃이하가 되면 결빙이 일어나게 된다.

(2) 결로의 원인

결로는 건물의 설계, 냉난방, 환기 정도 및 건물의 사용방법 등에 영향을 받는다. 특히 주거용 건물 내부 결로 발생은 겨울철에 주로 나타나며, 그 원인은 난방에 따른 실내외의 높은 온도차에 있다. 온도차에 의해 벽표면 온도가 실내 공기의 노점온도보다 낮게 되면 결로가 발생하고 이러한 현상은 벽체 내부에서도 생긴다.(참고 13)

(3) 결로의 발생부위

1) 표면 결로(참고 11, 13)

건축물의 표면온도가 접촉하고 있는 공기의 포화온도(노점온도)보다 낮을 때 발생한다. 시간에 따라 일시적인 결로와 지속적인 결로로 구분되는 아래와 같다.

절대습도가 표면온도 조건에 비해서 급속히 증가하는 경우에 발생하는데 추운 욕실에서 샤워를 하면 1분 이내에 물방울이 맺힌다. 중량 건물에서는 추운 계절이 끝날 무렵 갑자기 따뜻해지면 결로가 발생하는데 이는 표면이 따뜻해짐으로써 발생하는 것이다. 일시적인 결로는 조절이 불가능하여 설계시 발생가능성을 고려하여 주기적으로 건습에 견디는 강한 재료만을 사용하는 것이 바람직하다. 구조체의 단열이 잘 안되어 표면온도가 낮고 실내 습도 발생이 심한 경우에 발생한다. 주로 건물전체에서 고루 나타나는 특성이 있다.

2) 내부 결로

실내가 외부보다 습도가 높고 벽체가 투습력이 있으면 벽체내에 온도 구배가 발생한다. 벽체 내의 수증기압 구배의 노점온도가 온도 구배의 건구온도보다 높게 되면 내부 결로가 발생한다. 벽체는

습기를 계속 흡수하면 벽체 내부가 젖게 되어 구조체 내에서 수증기가 응결되는데 이것을 내부결로라고 한다. 내부 결로가 발생되면 경량 콘크리트처럼 내부에서 화학물질이 이동하여 부풀어오르는 현상이 생겨 철골부재와 같은 구조체에 손상을 준다. 방지책으로는 내부로 습기가 침투되지 않게 하며 벽체내의 온도구배가 노점온도 이하가 되는 조건을 만들지 않아야 한다.

3) 벽체 접합부

건물에서는 벽과벽, 벽과 지붕, 벽과 바닥과의 접합부 모서리가 있다. 일반 벽체에서는 열류선이 직선으로 나타나지만, 이런 한 모서리 부위에서는 곡선이 된다. 이와 같이 2차원 열류가 발생되고 있는 부분은 다른 1차원 열류 부분보다 전열량이 약 20% 전후로 많다. 이 때문에 모서리의 실내측 표면온도는 다른 일반평면 벽의 표면온도보다 낮아지게 되며 초기 표면 결로는 모서리(우각부)에서 발생하게 된다. 따라서 결로 방지에 있어서 이 부위에 대한 대책이 매우 중요하며 모서리의 영향에 따라 2차원 열류가 되는 범위는 벽두께의 1.5~2배 정도가 된다. 따라서 단열재를 사용하여 모서리의 열저항을 크게 하고 실내 표면온도를 상승시키기 위해서는 벽두께의 2~3배의 단열보강범위가 필요하다.

4) 천장위

천장을 설치하면 보온효과가 있어 결로 방지 효과가 있다고 생각하기 쉬우나 결로 방지 측면에서는 천장이 없는 것이 좋다. 천장의 단열성능이 우수할수록 천장내부의 온도가 낮아지며 실내의 수증기도 습도가 낮은 외기 쪽으로 습류를 형성하여 천장내부로 침투하고 슬라브에는 방수층이 있어 외기로 습기가 유출되는 것이 어렵기 때문에, 천장속의 절대습도가 상승하게 되어 실내의 절대습도에 근접하게 된다. 이와 같이 투습상태가 되면서 천장내부의 공기온도는 실내공기보다 저온이 되기 때문에 결로가 발생하기 쉽다.(참고 13)

3. 본 론

3.1. 실험계획

본 시험은 페타이어 몰탈의 공시체를 제작한 후 압축강도, 부착강도, 열전도율의 시험을 행하여 페타이어를 혼입시 단열몰탈이 현장에서 사용여부와

페타이어의 적정혼입율을 산출하는데 있다.

3.2. 사용재료

(1) 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트 규격)에 규정된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용했으며, 시멘트의 화학적 성분 및 물리적 성분은 각각 아래의 Table 5, 6과 같다.

(2) 모래

본 시험에서 사용한 모래는 강사를 사용하였으며 비중은 2.6 입자분포는 5mm체에 85% 통과한 모래를 사용하였다. 이는 현장에서 일반적으로 사용하는 모래를 그대로 적용한 것이다.

(3) 페타이어 분말

본 실험에서 사용된 페타이어 분말은 가능한 한 입도가 작은 0.4mm~7mm 사용하였으며, 사용된 페타이어 분말의 화학적 특성은 Table 7과 같다.

(4) 물

물은 시멘트 제품에 있어서 품질의 1차적인 영향요인으로 시멘트의 수화작용을 통하여 시멘트 제품의 강도 발현등 역학적 성질에 상당한 영향을 미치므로 기름, 산, 알카리, 염류, 유기물등을 포함하지 않은 상수도를 사용하였다.

(5) Fly-Ash

고칼슘 플라이애쉬는 포졸란 반응성 광물인 실리카(SiO₂) 및 알루미늄(Al₂O₃)의 함량이 저칼슘 플라이애쉬 및 KS L 5405(플라이애쉬)에 규정된 값보다 낮으나, 유리석회(CaO)의 함량은 높게 측정되

었다. 일반적으로 F급 플라이애쉬는 SiO₂가 많고 CaO가 5% 이하로 적기 때문에 자경성이 없을 뿐 아니라 유기물 및 불연탄소의 성분이 남아 있으나, C급 플라이애쉬는 CaO가 15~30%로 많고 SiO₂가 상대적으로 적기 때문에 시멘트와 유사한 수경성을 나타내는 동시에 포졸란 반응을 띠고 있다. 본 실험에서 사용한 플라이애쉬는 충남 보령 화력발전소산으로 유연탄계이며 비중은 2.24이고 그 화학적 성분 및 물리적 성질은 Table 8과 같다.(참조 20)

3.3. 배합설계

실내시험에 필요한 최적배합을 얻기 위해 페타이어 몰탈의 시험배합을 수회에 걸쳐 행한 결과 m³ 당 물 260kg, 시멘트 450kg, 플라이애쉬 50kg, 모래 1,070kg로 고정하였으며 모래대비 20% 적용하여 페타이어의 혼입율을 정하였다. 시험의 공시체 제작에 사용된 몰탈의 배합설계표는 Table 9와 같다.

3.4. 공시체 제작 및 양생

몰탈의 혼입은 강제식 믹서를 이용하였다. 페타이어를 혼입한 후 굳지 않은 몰탈에 대해 Flow Test를 신속하게 실시하였으며 제작된 공시체는 성형 후 24시간 경과 후 탈영하여 시험에 필요한 재령일까지 표준 수중양생(20±3℃)하여 공시체를 제작하였다.

Table 8. Chemical component(%) and physical properties of Fly ash

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	SO ₃	습분	Ig.Jess	분말도 (cm ² /g)
55.1	25.8	3.7	0.8	1.1	0.3	0.1	3.5	4.05

Table 9. Waste tyre-mixing proportion

시험체명	입자 크기 (mm)	W/C (%)	S/C	페타이어 혼입율 (%)	단위용적중량(Kg/m ³)				
					시멘트	모래	물	플라이애쉬	페타이어
M0.0-W4-S3-R00	0.0	40	1:3	0	450	1337	260	50	0
M0.4-W4-S3-R20	0.4	40	1:3	20	450	1070	260	50	103
M0.6-W4-S3-R20	0.6	40	1:3	20	450	1070	260	50	103
M1.2-W4-S3-R20	1.2	40	1:3	20	450	1070	260	50	103
M2.0-W4-S3-R20	2.0	40	1:3	20	450	1070	260	50	103
M7.0-W4-S3-R20	7.0	40	1:3	20	450	1070	260	50	103

Table 5. Chemical component of cement

성분	ig-loss	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃
구성비율 (%)	1.0	21.1	2.9	62.5	3.3	2.2	6.5

Table 6. Physical properties of cement

비중	분말도	안정성	응결시간		압축강도(Kg/cm ²)	
			초결	중결	7일	28일
3.15	3.29	양호	4시간	6시간	272	389

Table 7. Chemical properties of waste tyre powder

비중	강열감량	유기물(%)	Polymer	C/B 량(%)	ASH(%)
1.16	0.76	9.73	54.1	30.57	5.47

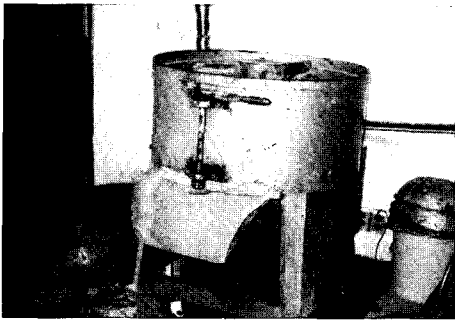


Fig. 1. Mortar proportion mixed with waste tyre

페타이어분말을 혼입한 공시체의 수량은 혼입하지 않은 시험체 1조, 페타이어분말이 혼입된 시험체 5조(1조당 3변수)를 제작하였으며 페타이어분말의 SIZE는 0.4mm, 0.6mm, 1.2mm, 2.0mm, 7.0mm를 혼입하였다.

3.5. 시험방법

3.5.1. Flow Test

Flow Test 시험방법은 KS L 5111에 의한 것으로 시험공시체를 제작하기전 페타이어가 혼입된 몰탈을 페타이어 입자별로 원추형판(D250)에 놓은 다음 30회 회전시킨다. 회전시킨 Flow는 몰탈이 가장 길게 퍼진 부위와 가장 짧게 퍼진 부위를 측정하여 값을 산출한다.

3.5.2. 압축강도시험

본 시험은 공시체(∅100*200mm)를 28일 동안 양생하여 KS L 5105 (건조 시멘트 몰탈 압축강도시험방법)에 의해 페타이어를 SIZE별로 실시하였고 시험기는 유압식 만능시험기가 온도에 영향을 받기 때문에 디지털 압축강도기(Load Cell Type)을

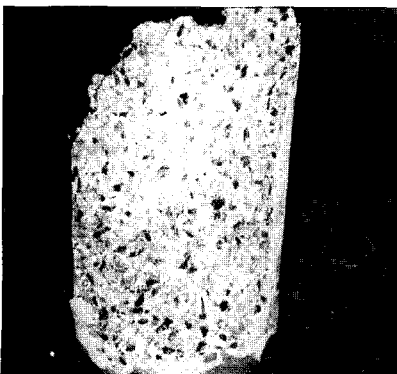


Fig. 2. Internal picture of test mold after compressive failure

사용하였다. 소정의 재령까지 양생한 공시체를 수중에서 꺼낸 후, 습윤상태에서 공시체를 상·하부 가압판의 중앙에 위치시키고 일정한 속도로 하중을 가하여 파괴에 이르도록 유도하였다.

3.5.3. 부착강도시험

시멘트 벽돌위에 페타이어를 혼입한 몰탈을 10mm두께가 되도록 쇠흥손 또는 쇠주걱을 사용하여 윗면을 평탄하게 마무리하여 성형하였다. 그후 표준 양생용 시험체는 양생탱크 속에서 재령 28일까지 양생시켜 시험체를 제작한후 KS F 4040-99 (단열몰탈시험방법) 및 KS F 4716-01(시멘트 바탕바름제)에 근거하여 실시하였다.

3.5.4. 열전도율 시험

열전도율 시험에는 평판 직접법(보호열판법), 평판비교법, 평판열류계법, 원통법 등이 있으나 본 시험에서는 평판 열류계법을 적용하여 시험하였다. 시험체는 300×300×25mm의 시험편수를 양면이 평활한 면으로 조 당 3변수씩 6조를 제작하였고 압축되기 쉬운 시험체에는 필요에 따라 그 주위에 열저항이 크고 압축되기 쉬운 시험체에는 필요에 따라 그 주위에 열저항이 크고 압축되기 어려운 재료로 만든 간격판을 사용하였다.

4. 실험결과

4.1. Flow Test

페타이어가 혼입되지 않은 몰탈과 입자가 가는 페타이어 혼입 몰탈과는 거의 같은 값을 나타냈으며, 입자가 굵을수록 페타이어 값이 높아졌다.

4.2. 압축강도

페타이어를 혼입한 몰탈 공시체의 압축강도 시험결과를 Table 11과 나타내었다. 일반몰탈의 경우

Table 10. Flow test of each particle

몰탈 배합비	페타이어 입자별 크기	Flow
1:3	혼입하지 않음	211×210
1:3	0.4mm	209×210
1:3	0.6mm	214×215
1:3	1.2mm	233×220
1:3	2.0mm	228×230
1:3	7.0mm	250이상

Table 11. Compressive strength of each waste tyre particle

시험체명	입자 크기 (mm)	W/C (%)	S/C	페타이어 혼입율 (%)	압축강도(kg/cm ²)			
					변수1	변수2	변수3	평균
M0.0-W4-S3-R00	0.0	40	1:3	0	436.6	450.1	424.4	437.0
M0.4-W4-S3-R20	0.4	40	1:3	20	153.6	155.4	156.4	155.1
M0.6-W4-S3-R20	0.6	40	1:3	20	164.0	164.3	165.3	164.5
M1.2-W4-S3-R20	1.2	40	1:3	20	180.3	192.3	187.2	186.6
M2.0-W4-S3-R20	2.0	40	1:3	20	194.6	188.7	198.7	194.0
M7.0-W4-S3-R20	7.0	40	1:3	20	211.9	216.8	217.5	215.4

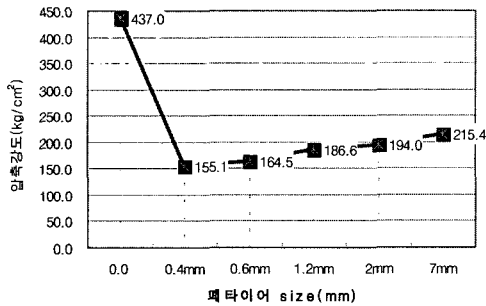


Fig. 3. Compressive strength of mortar mixed with waste tyre particle

압축강도는 공시체 3변수의 평균 437.0kg/cm²으로 강도가 나타났으며 페타이어가 혼입된 몰탈의 경우 입자가 0.4mm인 경우 155.1kg/cm²으로 가장 낮게 나왔다. 또한 페타이어가 혼입된 몰탈의 경우 입자가 커질수록 압축강도가 커짐을 알 수 있다.

4.3. 부착강도

Table 12에서와 같이 부착강도의 크기는 일반몰탈이 페타이어가 혼입된 몰탈보다 다소 강한 것으로 나타났지만 입자가 작을수록 그 차이는 크게 없는 것으로 나타났다. 일반 몰탈의 평균 11.2kg/cm²이지만 가장 작은 페타이어 입자 0.4mm를 혼입한 경우의 부착강도(10.7kg/cm²)와는 큰 차이를 보이고 있지 않다.

또한, 페타이어 1.2mm를 혼입한 몰탈에서 가장 낮은 부착강도를 보이고 있지만 그 기점을 중심으로 다시 증가추세를 보이고 있어서 일반 몰탈과의 차이를 둘 수가 없는 것으로 나타났다.

4.4. 열전도율

일반몰탈과 페타이어가 혼입된 몰탈의 열전도율

Table 12. Bonding strength of waste tyre particle size

시험체명	입자 크기 (mm)	W/C (%)	S/C	페타이어 혼입율 (%)	부착강도(kg/cm ²)			
					변수1	변수2	변수3	평균
M0.0-W4-S3-R00	0.0	40	1:3	0	11.4	10.9	11.2	11.2
M0.4-W4-S3-R20	0.4	40	1:3	20	10.9	10.3	10.8	10.7
M0.6-W4-S3-R20	0.6	40	1:3	20	10.6	10.3	10.8	10.6
M1.2-W4-S3-R20	1.2	40	1:3	20	9.3	8.9	9.2	9.1
M2.0-W4-S3-R20	2.0	40	1:3	20	10.1	9.3	9.9	9.8
M7.0-W4-S3-R20	7.0	40	1:3	20	10.3	10.2	9.5	10.0

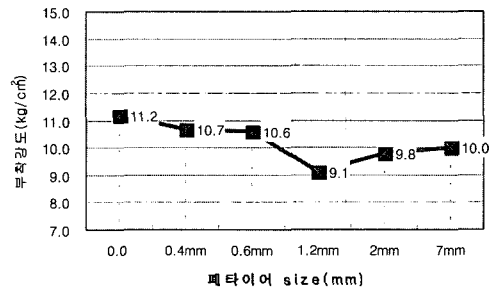


Fig. 4. Bonding strength of mortar mixed with waste tyre particle

시험에서는 일반몰탈의 경우 평균 0.209kcal/m.h.℃로 시험체중 가장 높은 열전도율 0.138kcal/m.h.℃보다 단열성능이 안 좋은 것으로 나타났다. 단열몰탈의 단열기준인 1종과 2종에는 페타이어가 혼입된 몰탈의 단열성능이 부합되지만 3종의 단열기준 0.128kcal/m.h.℃에 일부는 적합한 것으로 나타났다.

Table 13. Heat conductivity of each particle size of waste tyre

시험체명	입자 크기 (mm)	W/C (%)	S/C	페타이어 혼입율 (%)	열전도율(kcal/m.h.℃)			
					변수1	변수2	변수3	평균
M0.0-W4-S3-R00	0.0	40	1:3	0	0.209	0.206	0.211	0.209
M0.4-W4-S3-R20	0.4	40	1:3	20	0.110	0.106	0.105	0.107
M0.6-W4-S3-R20	0.6	40	1:3	20	0.129	0.131	0.113	0.131
M1.2-W4-S3-R20	1.2	40	1:3	20	0.134	0.132	0.138	0.135
M2.0-W4-S3-R20	2.0	40	1:3	20	0.138	0.135	0.142	0.138
M7.0-W4-S3-R20	7.0	40	1:3	20	0.113	0.116	0.122	0.117

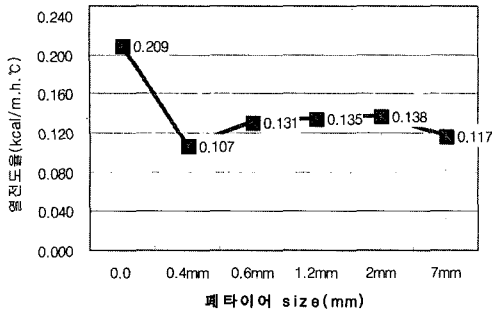


Fig. 5. Heat conductivity of mortar mixed with waste tyre particle

5. 분석 및 고찰

Flow Test 결과 페타이어의 입자가 커질수록 Flow 값이 커짐을 알 수 있고 일반몰탈과 비교시 페타이어의 입자가 작을 경우보다 입자가 1.2mm 이상부터 상당히 크게 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 페타이어의 흡수량이 일반골재 보다 작기 때문에 입자가 커질수록 페타이어가 차지하는 몰탈 속의 밀도는 커지고 이에 수분의 흡수량은 적어지기 때문으로 생각된다.

압축강도 실험에서는 페타이어를 혼입한 몰탈 공시체와 일반몰탈의 압축강도 시험을 실시한 결과 일반몰탈과 페타이어를 혼입한 몰탈의 압축강도에는 큰 차이가 나타났으며, 페타이어 입자별 크기도 압축강도에 영향을 미침을 알 수 있는데, 이러한 차이는 유기재료인 페타이어와 무기재료인 시멘트와의 결합력 저하가 압축강도의 저하를 가져온 것으로 생각되며 아울러 입자가 작은 페타이어의 비표면적이 상대적으로 입자가 큰 페타이어보다 크기 때문에 접촉면에서의 미세한 공극이 형성되어 그 부위에 응력이 집중되기 때문에 강도 저하 현상을 가져오는 것으로 사료된다. 또한 페타이어 자체 강도가 시멘트 몰탈의 강도보다 낮은 것도 강도 저하의 요인으로 작용한 것으로 생각된다.

부착강도 시험에서는 그다지 큰 차이는 나오지 않았지만 그래도 약간의 차이가 나타나는 것도 페타이어와 시멘트 사이의 부착관계에 기인한 것으로 생각된다. 이것은 유·무기질의 영향과 페타이어 표면이 골재면 보다 거칠지 않기 때문으로 부착강도에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

마지막으로 열전도율 시험에서는 페타이어를 혼입한 몰탈의 열전도율이 급격히 감소하는 것을 보이고 있으나 입자 크기에 따라서는 큰 차이를 보이

지 않는 것으로 나왔다. 이는 고무제품이 일반골재나 시멘트보다는 열전도율이 현저히 낮기 때문으로 보이며 페타이어의 혼입량에 따라 열전도율이 낮아지는 것이지 페타이어의 입자크기에는 영향을 미치는 것으로 볼 수 없을 것 같다.

6. 결론

본 연구는 페타이어의 효율적인 처리 및 자원의 재활용과 환경의 보존이라는 차원에서 페타이어 혼입 단열몰탈을 건설자재로 재활용하기 위해 다양한 시험을 수행하였으며, 시험에 의해 얻어진 결과치가 한국산업규격에서 규정하고 있는 품질 항목에 적합한지를 평가한 후 시멘트 응용제품을 생산할 수 있도록 실용화를 하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 페타이어가 혼입된 몰탈의 경우 일반몰탈 보다 압축강도와 Flow는 떨어지지만 부착강도에서는 별차이 없으며 열전도율에서는 성능이 탁월한 것을 알 수 있다.
- 2) 이렇게 일반몰탈과 차이가 발생하는 것은 무기재료인 페타이어와 유기재료인 시멘트와의 부착관계에 기인한 것이 가장 큰 요인으로 작용한 것으로 판단되며, 페타이어의 자체 강도와 열전도율 등도 페타이어가 혼입된 몰탈의 성능에 큰 영향을 끼친 것으로 사료된다.
- 3) 페타이어의 입자가 커질수록 압축강도 성능은 점점 좋아지는 것을 실험 결과로 알 수 있지만 Flow Test에서는 입자의 크기가 커질수록 Flow도 증가함에 따라 시공성에 문제가 생겨 적정한 크기의 페타이어 사용이 요구되는 것으로 나타났다.
- 4) 부착강도와 열전도율 시험에서 입자 크기별 차이가 그리 크게 나타나지 않은 것으로 보아 부착강도와 열전도율을 페타이어의 혼입량의 문제지 입자의 크기에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

이와 같은 결과로 볼 때 적정한 페타이어 입자의 크기 및 혼입량에 좀더 심도 있는 연구가 진행된다면 단열몰탈로서 뛰어난 성능을 발휘할 것이며, 그 밖에 건설재료로서 적합한 내화성, 내구성, 유해가스 발생여부 등의 각종 물리·화학적 검증을 실시한다면 단열몰탈로서의 활용이 충분히 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 박금준, “2001년 페타이어 회수·처리 현황 및 2002년 전망”, pp. 33~39, 2002.
- 2) 김진국, “페타이어 재활용 기술”, 고무학회지, 제28권, 제3호, pp. 47~53.
- 3) 고한강, “페타이어 분말과 Fly-Ash를 혼입한 시멘트벽돌의 특성에 관한 연구”, 광주대학교 건축학과 경영대학원, pp. 19~20, pp. 77~81, 1999.
- 4) 손종규, “페타이어를 혼입한 모르타르 및 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구”, 단국대학교 건축공학과 대학원, pp. 96~98, 1997.2.
- 5) 김연찬, “페타이어 미분말을 이용한 경량 CON'C의 개발에 관한 연구”, 순천대학교 토목공학과 산업대학원, pp. 21~27, 2001.
- 6) 김연근 외, “페타이어 분말을 이용한 시멘트 모르타르의 특성(1)-유기·무기질계 바인더에 의한 코팅 페타이어 분말적용 중심”, 한국폐기물학회지, 제18권, 제5호, pp. 434~441, 2001.
- 7) 김연근 외, “페타이어 분말을 이용한 시멘트 2차제품의 응용특성(2)-공장생산제품의 한국산업규격기준 적합성 평가 중심으로”, 한국폐기물학회지, 제19권, 제4호, pp. 452~459, 2002.
- 8) 최미애, “페타이어분말을 혼입한 몰탈에 관한 연구”, 한국폐기물학회지, 제13권, 제6호, pp. 542~549, 1996.
- 9) 건축사, “단열과 결로”, 년2월, pp. 15~21, pp. 29~30, 1983.
- 10) 장수만, “페타이어 조각을 혼입한 콘크리트 도로포장의 성능평가에 관한 연구”, 전북대학교 토목공학과 대학원, pp. 22~38, 1996.
- 11) 건축기술정보, “결로피해를 막기 위해서” pp. 9~75, 1997.
- 12) 최세영, “결로의 발생원인과 대책”, 한국설비기술협회, pp. 110~118, 2001.
- 13) 권영은, “페타이어 고분말을 이용한 건축용 단열 모르타르의 개발”, 월간폐기물, pp. 142~147, 1998.
- 14) 김영조, “페타이어 재활용이 환경 및 경제에 미치는 영향”, 서울시립대학교 화학공학과 산업대학원, pp. 44~49, 2002.
- 15) Timothy D. Biel and Hosin Lee, “Use of Recycleed Tire Rubbers in Concrete”, ASCE, pp. 257~292.
- 16) Eldin, N. N., and A. B. Senouci, “Rubber-Tire Particles as Concrete Aggregate”, Jouran of Materials in Civil Engineering, Vol. 5, No. 4, November, 1993.
- 17) 김주호, “페타이어 재활용 아스팔트 콘크리트의 자기습윤 및 동결융해 저항성에 관한 연구”, 경기대학교 토목공학과 산업정보대학원, 1998.
- 18) R. C. Smith, “Materials of Construction”, Southern Alberta Institute of Technology, pp. 387~399.
- 19) 정순영, “여수 화력발전소 플라이 애쉬 활용 방안에 관한 연구”, 순천대학교 건축공학과 산업대학원, 2000.
- 20) 김유재, “인공경량골재를 사용한 단열콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구”, 건국대학교 건축공학과
- 21) 이석민, “페타이어 조각을 혼입한 CON'C의 파괴 및 강도특성에 관한 연구”, 전북대학교 토목공학과 대학원, pp. 57~65, 1997.