

산업부산물 및 폐기물을 이용한 콘크리트용 골재

廢타이어 粉末의 骨材로의 活用化

Application of Wasted Tire Chips for Aggregate



정환욱*



문장수**

1. 序 論

최근들어 선진국들의 공통된 환경 공해 문제로 새롭게 대두되고 있는 것이 폐타이어를 중심으로한 고무제품의 폐기물에 관한 사항으로, 이는 고무제품의 수요중 타이어가 차지하는 수요가 가장 많고 고무제품에 의한 수명에 있어서도 타이어가 가장 짧은 실정에서 급격한 양적 증가 추세를 나타내고 있기 때문에 파악되고 있다.

특히 우리나라의 경우는 최근의 급격한 국민경제 수준의 향상과 더불어 매년 차량의 증가가 큰 폭으로 신장되고 있으며, 이에 따라 부수적으로 발생되고 있는 폐타이어는 연간 2,000만개 이상이 발생되는등 해마다 큰 폭으로 증가하고 있으나, 이에 대한 근본적인 처리방안 수립이 미비하여 이의 재활용율이 극히 미진한 실정으로 있다.

이에 환경공해의 심각한 폐기물중 하나인 막대한 양의 폐타이어를 건설용 골재로 활용하기 위한방안의 일환으로 우리나라에서의 폐타이어 재활용화 현황과 콘크리트에 대체 골재로써 폐타이어 분말을 첨가시킨 새로운 Rubber Concrete의 특성과 이를 활용한 2차제품의 개발 가능성에 대한 고찰을 수행하여 궁극적으로 자원의 절약과 재활용율을 극대화 시키는데 주 목적을 두었다.

2. 廢타이어의 再活用化 現況

우리나라의 타이어 산업은 1970년대에 이란등 중동시장을 기반으로한 수출산업으로 성장한 이후 오일쇼크, 각국의 자국 보호 무역주의에 의한 수입규제등을 극복하고 현재 연간 약 6,000만개에 달하는 생산능력을 가짐으로써 세계 다섯 번째의 타이어 생산

* 금호건설 기술연구소, 선임 연구원

** 정회원, 금호건설 기술연구소, 수석연구원

국에 이르는 급신장을 이루었다.

특히 최근의 자동차 보급대수가 급격하게 증대됨에 따라 타이어의 판매량도 급격히 증가 추가를 보이고 있다. 즉 자동차 보유대수가 1989년에 2,689천대에서 1994년에는 7,400천대로 5년간 2.8배 증가하였으며 향후 2000년도에는 약 14,386천대로 1989년대비 11년간 5.3배가 증가하리라 예측되고 있다. 이에 따라 페타이어도 연간 16%가량 증가하여 2000년에는 30,000천개를 크게 상회하리라 예측되고 있는 실정이다.

표 1 자동차 보유대수 및 페타이어 발생량 전망

구 분	1992	1996	1998	2000	연평균증가량(%)	
					1992~1996	1996~2000
자동차 보유대수(천대)	5,231	10,055	12,314	14,386	17.7	9.4
페타대수(천대)	253	520	1,088	1,367	19.7	27.3
페타이어 발생량(천개)	9,425	17,104	23,959	30,488	16.1	15.5
자동차 1대당 발생량(개)	1.80	1.70	1.95	2.12	-	-
인구 1인당 발생량(개)	0.22	0.38	0.52	0.65	-	-

또한 표 2에서 보는 바와 같이 페타이어의 회수율은 약 50% 수준으로 상당히 미비한 실정이며, 회수된 페타이어는 토목공사(군부대 진지 구축용)에 79.9%로 대다수를 차지하고 있으며, 가공이용 11.1%, 건류소각 5.3%, 수출 3.6%, 시멘트 소성로 0.1%가 처리되고 있는 실정이다.

표 2 연도별 페타이어 회수 처리실적

단위 : 1,000개, %

구 분	1991	1992	1993	1994
구 분	9,170	9,747	12,250	15,753
회 수	회수량	707	3,940	6,475
	회수율	7.7	40.4	52.9
처 리	처리량	561	3,128	6,123
	처리율 (회수량대비)	79.3	79.4	94.6
	처리율 (발생량대비)	6.1	32.1	50.0

특히 페타이어 처리량의 80%가량을 점유하고 있는 군부대 진지구축용의 수요가 끝나는 1998년도부

터는 이의 처리에 대한 사항이 커다란 사회적 문제로 대두될 것으로 예측되고 있다.

이에 우리나라에서도 선진국에서와 같이 이의 재활용분야의 확대를 위한 금융지원, 세제혜택, 관리체제 정비등 각종 제도적인 지원체제를 현실에 맞게 보완시켜야 하며,

또한 이를 활용한 2차제품의 개발시 정부조달품목에 포함시켜 1차적으로 정부발주공사에 우선 적용케 하고 민간공사에 대하여도 일정비율 이상 이를 의무적으로 사용토록 유도하는 제도적인 대응책이 마련되어야 하리라 판단된다.

3. 廢타이어의 物理·化學的 特性 및 適用性

페타이어 분말을 골재로 활용하기 위하여는 가장 우선적으로 타이어 자체의 물리·화학적 특성고찰과 이의 콘크리트 혼입시 발생될 수 있는 문제점을 해결하기 위한 검토가 선행되어야 한다.

3.1 타이어의 구성성분

타이어는 고무와 보강재인 steel/fabric code로 구성되며 이의 구성비는 다음 표 3과 같다.

표 3 타이어의 구성표

구 분	고 무	보강재 및 CODE
소형 타이어	82~87%	13~18%
대형 타이어	72~77%	23~28%

3.2 페타이어 특성고찰을 통한 적용성

3.2.1 고무 compound로서의 적용성

(1) 타이어 제조시 고무자체의 물성변화를 방지하기 위해 첨가된 노화방지제와 오존방지제등의 약품이 포함되어 있어 실외에 설치된 경우 내오존성과 내후성등의 효과를 기대

(2) 고무 보강을 위하여 카본블랙과 실리카등의 보강제 및 여러 가지 충전제 등을 함유하고 있고, 황가류에 의한 결합으로 일반 고무보다 경도와 탄성이 우수

3.2.2 물리적 특성에 따른 적용성

(1) 고무제품의 가장 큰 장점인 반발탄성을 이용 충격완화효과가 필요한 제품 개발이 가능

(2) 비중이 일반 건자재에 비하여 작으므로 경량골재로 적용이 가능

(3) 신장율이 높으므로 외부의 힘에 저항하는 정도가 기존 건축재료보다 높음

3.2.3 화학적 특성에 따른 적용성

(1) 내열노화성과 내한성이 우수하므로 한냉지나 한서지 모두 적용 가능

(2) 절연성과 열전도도등의 성질은 기존 재료에 비하여 우수하므로 이의 성질을 이용한 특수목적의 구조물에 적용 가능

3.2.4 환경적 측면에 따른 적용성

(1) 해마다 증가하고 있는 페타이어로 인한 환경오염의 감소

(2) 산업폐기물 활용을 통한 경제적 효과 기대

4. 고무계 有機物과 시멘트계 無機物間 相間關係

시멘트계 무기물인 모르타나 콘크리트 매트릭스와 고무계 유기물인 페타이어 분말과의 상호 상간관계를 고찰하던 사진 1에서와 같이 이들 간의 계면에서 상호 혼화성을 보이지 않고 경계면을 따라 직선적으로 분리되어 하나의 공극과도 같이 작용하기 때문에 부재 내부에서 이 부분으로의 응력집중계수가 증대되며, 균열에 대한 저항성이 크게 감소하게 됨에 따라 페타이어 분말의 혼입을 증가에 따른 부재내에서의 골재 분리 현상 증대와 강도저하가 크게 나타나고 있다.

따라서 이들 유·무기물간의 상간을 접합시켜 접

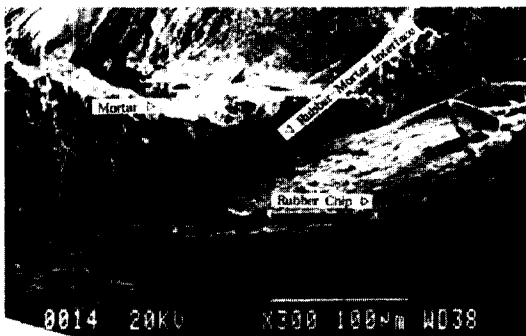


사진 1 페타이어 분말과 시멘트 매트릭스와의 계면 형상

착효과를 증진시킬 수 있는 coupling agent에 대한 연구가 선행되어야 하리라 사료된다.

5. 廢타이어 粉末을 이용한 Rubber Mortar 開發

5.1 개요

페타이어의 재활용화율을 극대화시키기 위한 방안의 일환으로 페타이어 분말을 혼입한 Rubber Mortar의 개발에 관한 연구를 실험적으로 고찰하는데 주 목적이 있으며, 이를 위하여 페타이어의 혼입량, S/C비, W/C비 및 혼입분말 입자직경에 따른 Rubber Mortar의 역학적인 특성을 고찰하고 Rubber Concrete의 개발 가능성에 대한 기초적인 자료를 제공하는데 주안점을 두었다.

5.2 실험

5.2.1 사용재료

- ① 시멘트 : KS L 5201에 규정된 S사의 보통포틀랜드 시멘트
- ② 세골재 : 한강 미사리산 세골재로 최대크기를 5mm로 입도조정
- ③ 페타이어 분말 : 부산의 D공업에서 파쇄한 페타이어 분말 사용
- ④ 배합수 : 유해한 기름, 산, 알칼리, 염류등을 함유하지 않은 상수도수 사용

5.2.2 배합설계

- ① 세골재/시멘트(S/C)비 : 200%, 300%
- ② 물/시멘트(W/C)비 : 40%, 50%
- ③ 체적혼입율 : 0, 5, 10, 15, 20, 25, 50%
- ④ 페타이어 분말 : #60(0.2~0.3mm), #10(2.5~3.5mm)

5.2.3 공시체 제작 및 양생

압축강도, 인장강도, 길이변화, 흡수율 측정용 공시체는 4×4×16cm 강제 3연형 몰드를 사용 제작하였으며, 소정의 재령까지 수중양생 실시

5.2.4 실험방법

- ① 압축강도 : 휨강도 측정후 생기는 공시체 절편

을 이용 매초 80kgf(785N)의 비율로 재하

- ② 휨 강도 : 정적 3점 휨시험으로 하여 중앙에 매초 5kgf(49N)의 비율로 재하
- ③ 인장강도 : 순인장 강도시험으로 약 2kg/sec의 재하속도로 측정
- ④ 길이변화 : Contact strain gauge사용 측정
- ⑤ 흡수율 : KS F 2459에 의하여 측정

5.3 실험결과

5.3.1 Flow값

Rubber Chip의 혼입율이 증가할 수록 flow값이 감소하며, 특히 Rubber 혼입율 15~20%이상에서는 W/C비, S/C비, 입자직경에 관계없이 재료분리가 생겨 flow의 측정이 불가능한 바, 작업성을 고려하면 Rubber Chip의 혼입율은 10%를 초과하지 않는 범위에서 배합설계 하여야 한다.

5.3.2 압축강도

Rubber Mortar의 압축강도는 Rubber Chip의 혼입율이 증가할 수록 W/C비, S/C비, 입자크기에 관계없이 급격히 감소하였는데, 특히 Rubber Chip 혼입율 50%시 압축강도가 거의 0 kg/cm²에 가까운 수치를 나타내었는데,

표 4 Rubber Mortar의 강도 시험결과표
(mesh : #60, W/C : 40%, S/C : 200%)

구분	단위 : kg/cm ²							
	압축강도			휨강도			인장강도	
Series	7일	14일	28일	7일	14일	28일	7일	28일
M60-W4-S2-R00	365	414	519	63	67	75	27	31
M60-W4-S2-R05	235	299	375	50	58	63	20	24
M60-W4-S2-R10	199	222	252	41	45	48	20	21
M60-W4-S2-R15	128	153	185	33	38	38	11	13
M60-W4-S2-R20	88	92	103	20	28	29	9	10
M60-W4-S2-R25	45	60	65	11	13	14	5	5
M60-W4-S2-R50	2	3	4	1	2	2	0	0

이는 Rubber 입자가 증가함에 따라 시멘트 매트릭스와 Rubber Chip 계면 상호간에 반응을 보이지 않고 분리되어 하나의 공극과도 같이 작용하며, 이 부분으로의 응력이 집중되기 때문에 강도의 감소폭이 상대적으로 높게 나타난 것으로 사료된다. 또한 W/C비 40%가 50%에 비하여 크게 나타났고,

Rubber Chip의 입자크기가 큰 #10(2.5~3.5mm)을 사용한 모르타가 Rubber Chip의 입자크기가 작은 #60(0.2~0.3mm)을 사용한 모르타보다 크게 나타났으며, Rubber Chip의 혼입량과 관계없이 S/C비 200%가 S/C비 300%보다 크게 나타났다.

5.3.3 휨 및 인장강도

Rubber Mortar의 휨 및 인장강도는 전체적으로 압축강도에서의 강도발현과 유사한 경향을 보이고 있다.

그러나 휨강도의 경우 그 정도가 완만함을 감안할 때 압축 및 인장강도에 비하여 휨강도측면에서 다소 유리한 것으로 사료된다.

5.3.4 흡수율 및 길이변화

Rubber Mortar의 경우 Rubber Chip의 혼입량이 증가할 수록 흡수율이 높아지고 건조수축에 의한 길이변화도 커지는 경향을 보이고 있다.

6. 폐타이어 粉末을 이용한 Rubber Concrete 開發

6.1 개요

환경공해의 심각한 폐기물중의 하나인 막대한 양의 폐타이어를 건설재료로 활용하기 위한 방안의 일환으로 폐타이어 분말을 혼입한 Rubber Concrete의 개발 및 2차 제품의 개발 가능성을 검토하는데 주목적이 있으며, 이를 위하여 폐타이어의 혼입량, W/C비, 양생조건 및 혼입분말 입자직경에 따른 역학적 특성을 검토하며, 아울러 현장시공에 가장 적합한 배합비를 도출하여 향후 이를 시방지침 작성시 기초자료로 활용하는데 주안점을 두었다.

6.2 실험

6.2.1 사용재료

- ① 시멘트 : KS L 5201에 규정된 S사의 보통 포틀랜드 시멘트
- ② 골재 : 세골재는 한강 미사리산 세골재로 최대크기를 5mm로 입도조정 조골재는 남한강산 강자갈로 굵은 골재 최대치수는 25mm로 조정

- ③ 페타이어 분말 : 부산의 D공업에서 파쇄한 페타이어 분말 사용
- ④ 배합수 : 유해한 기름, 산, 알칼리, 염류등을 함유하지 않은 상수도수를 사용

6.2.2 배합설계

- ① 물/시멘트(W/C)비 : 35%, 45%
(부배합, 빈배합 개념)
- ② 체적혼입율 : 0%, 5%, 10%, 15%
- ③ 페타이어 분말 : 2.5~3.5mm, 5.5~11mm, 입도 조정(0.2~0.3, 0.5~0.8, 1.5~2.5, 2.5~3.5, 5.5~11mm)
- ④ 양생조건 : 수중양생, 증기양생

6.2.3 공시체 제작 및 양생

60 l 용량의 강제식 믹서를 사용하여 압축강도 및 인장강도 공시체는 $\phi 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 실린더 몰드를 사용하여 증기 및 수중양생을 실시하였으며, 휨강도 및 건조수축용 공시체는 $15 \times 15 \times 53 \text{ cm}$ 강제 몰드를 사용하여 제작한 후 수중 및 기건양생을 실시

6.2.4 실험방법

- ① 압축강도 : KS F 2403, 5의 규정에 의거 실시
- ② 휨 강도 : KS F 2408의 단순보의 3등 분점 하중법에 의거 실시
- ③ 인장강도 : KS F 2423의 활렬 인장강도시험법에 의거 실시
- ④ 비파괴시험 : Pundit와 Schmidt hammer를 사용 비파괴시험 실시
- ⑤ 정탄성계수 : Compresso-meter를 사용 세컨드 모듈러스에 의하여 측정
- ⑥ 길이변화 : KS F 2424의 콘크리트 길이 변화 시험방법에 의거 실시

6.3 실험결과

6.3.1 굳지 않은 Rubber Concrete의 성질

굳지 않은 Rubber Concrete의 경우 Rubber Chip의 혼입율이 증가할 수록 Slump값은 크게 감소하나, 공기량이 크게 증가하고 있는 현상을 보이고 있는 것으로 고찰되었다. 이는 Slump값과 공기량과의 상관관계에 있어 기존의 보고와 다른 양상을 보이고

있는데, 본 연구 결과 페타이어 분말의 혼입에 의해 발생하는 공기는 Workability에 영향을 주는 연행공기(entrained air)가 아닌 갇힌공기(entrapped air)로 Slump 개선효과가 없는 것으로 사료된다.

6.3.2 경화 Rubber Concrete의 강도특성

(1) 재령에 따른 압축강도

재령에 따른 압축강도를 고찰한 바 재령이 경과함에 따라 압축강도가 증가하고 재령에 의한 압축강도의 증가는 Rubber Chip 혼입율 5%까지가 큰 편으로 나타났으며, 혼입율 10%이상에서는 재령에 따른 압축강도의 증가가 W/C비, 양생조건, 입자크기 등에 관계없이 거의 동일하게 완만한 경향을 나타내었다.

(2) Rubber Chip의 혼입율에 따른 압축강도

압축강도는 Rubber Chip의 혼입률이 증가할 수록 작아지고 있고, 특히 Rubber Chip혼입율 15%의 경우에는 압축강도가 낮아 Plain 콘크리트에 비해 29~43% 수준을 나타내었다.

일반적으로 콘크리트내에 5% 정도의 공극이 존재하면 압축강도가 30%정도 감소된다고 보고 되어져

표 5 Rubber Concrete의 압축강도 시험결과

		단위 : kg/cm ²					
Series	구분	증기양생			수중양생		
		혼입율	7일	14일	28일	7일	14일
M55-W45-S36	R00	242	257	286	243	265	318
	R05	151	168	190	161	184	203
	R10	97	112	138	118	123	146
	R15	75	83	90	87	99	119
M25-W45-S36	R00	242	257	286	243	265	318
	R05	167	184	227	201	204	220
	R10	120	125	152	143	169	175
	R15	96	96	110	112	(125)	122
M55-W35-S36	R00	-	-	-	335	(357)	356
	R05	-	-	-	205	244	267
	R10	-	-	-	170	193	211
	R15	-	-	-	125	131	153
MGC-W35-S36	R00	206	285	321	-	-	-
	R05	160	(189)	188	-	-	-
	R10	119	151	162	-	-	-
	R15	111	127	137	-	-	-
MGC-W45-S36	R00	242	257	286	243	265	318
	R05	149	173	187	170	190	201
	R10	102	113	114	114	126	134
	R15	68	81	82	79	93	93

있는데, Rubber Concrete내의 페타이어 분말이 시멘트 페이스트와 반응하지 못하여 그 계면이 공극으로 남기 때문에 이는 강도 저하요인으로 작용하게 된다.

그러나 페타이어 분말은 보통 골재가 외력에 의해 파괴되는 성질과는 달리 자체적으로 외력을 흡수하는 능력이 있기 때문에 시멘트 페이스트와 페타이어 분말의 계면간 부착성상을 개선시킬 경우 상당한 역학적 성상의 개선이 이루어지리라 사료된다.

(3) W/C비에 따른 압축강도

동일한 크기의 Rubber Chip을 첨가한 경우 W/C비 35%가 W/C비 45%에 비해 더욱 높은 압축강도를 나타내고 있으며, 혼입을 증가에 따른 강도 감소의 폭도 적은 것으로 나타났다.

특히 모든 공시체에서 Rubber Chip 혼입을 10%의 재령 28일 압축강도는 Rubber Chip을 혼입하지 않은 경우 평균 50%정도의 낮은 강도 수준을 나타내고 있었다.

(4) Rubber Chip의 입자크기에 따른 압축강도

Rubber Chip의 입자가 작은 M25(2.5~3.5mm)를 사용한 콘크리트가 Rubber Chip의 입자가 큰 M55(5.5~11mm), 입도조정된 것을 사용한 콘크리트보다 압축강도가 높게 나타났다.

(5) 양생조건에 따른 압축강도

배합조건이나 재령에 관계없이 증기양생한 콘크리트의 압축강도보다 수중양생한 경우의 압축강도가 크게 나타났다.

(6) 휨강도 및 인장강도

Rubber 콘크리트의 휨 및 인장강도는 W/C비, 입자크기에 관계없이 Rubber Chip의 혼입률이 증가할 수록 감소하고 있으며, 이는 압축강도의 발현과 유사한 경향을 보이고 있다.

표 6 Rubber Concrete의 휨강도 시험결과

		단위 : kg/cm ²			
Series	혼입율	R00	R05	R10	R15
M55-W45-S36		36	34	29	22
M25-W45-S36		41	39	32	33
M55-W35-S36		41	42	41	35
MGC-W45-S36		32	25	21	16

6.3.3 경화 Rubber Concrete의 단위중량과 건조수축

(1) 단위중량

Plain 콘크리트시 단위체적중량이 2.3t/m³인데 비하여 Rubber Chip 혼입을 5%는 2.2t/m³, 10%는 2.07~2.10t/m³, 15%는 1.98~2.03t/m³로 혼입율이 증가할 수록 다소의 단위중량 감소가 나타나고 있다.

(2) 건조수축

Rubber콘크리트 건조수축은 초기재령에서 이루어지고, Rubber 콘크리트 건조수축은 Plain 콘크리트에 비해 크게 나타나며, 이러한 경향은 Rubber의 혼입량이 증가할 수록 현저하게 나타나는 경향을 보이고 있다.

이는 콘크리트가 대기중에 노출되면서 Rubber Chip 주위의 공극등 콘크리트 내부에 존재하는 Gel 수의 유출 및 증발이 건조수축을 크게하기 때문으로 사료된다.

6.3.4 경화 Rubber Concrete의 내마모성과 내충격성

(1) 내마모성

콘크리트 표면의 내마모성 시험후 Cycle별(56 r.p.m)로 4회 측정함 평균값을 고찰한 바 표 7과 같은 결과를 얻었다.

표 7 Rubber Concrete 내마모성 시험 결과

		단위 : kg/cm ²			
Series	Cycle	500회	1,000회	1,500회	2,000회
R00		0.28	0.58	0.73	0.86
R05		0.88	1.70	2.12	2.43
R10		1.36	1.92	2.31	-
R15		2.48	3.42	4.11	-

특히 표에서 보는 바와 같이 Plain콘크리트의 마모저항성이 크게 나타났으며, Rubber chip 15% 혼입 콘크리트에서는 마모저항성이 현저하게 작아지는 경향을 보였다. 따라서 내마모성 측면에서 볼 때 Rubber chip 10%이상의 혼입은 바람직하지 않는 것으로 판단되었다.

(2) 내충격성

내충격시험 결과 표 8과 같이 Plain 콘크리트에 비해 Rubber 콘크리트가 초기 균열발생시의 낙하횟

수가 현저하게 증가됨을 알 수 있다.

이를 에너지로 나타내면 Plain 콘크리트, Rubber 5%, 10%, 15% 혼입 콘크리트가 각각 232.8N·m, 443.5N·m, 1,254.4N·m, 786.5N·m, 였고 Plain 콘크리트에 비해 Rubber 10% 혼입 콘크리트는 충격파괴시 5배 정도의 에너지 흡수능력을 나타내었다.

표 8 Rubber Concrete 내충격성 시험 결과

단위: 회

Series	Cycle	R00	R05	R10	R15
		7% 1	38	62	70
	2	19	42	48	230
	평균	28.5	52	59	158.5
28% 1		35	104	266	105
	2	60	77	246	216
	평균	47.5	90.5	256	160.5

6.3.5 Rubber Chip을 혼입한 고강도 경량 콘크리트의 제조 가능성

Rubber Chip을 혼입한 고강도 경량콘크리트는 Rubber Chip의 혼입율이 15%이상이어야 하기 때문에, 현재의 방법으로는 개발 가능성이 없으나, 1차 자체 개발한 coupling agent를 사용한 결과 500 kg/cm²까지의 고강화가 가능하였다.

7. 폐타이어 粉末 이용 Rubber Concrete 遮音性能

7.1 개요

페타이어의 건설재료로 활용화 방안을 모색하기 위하여 Rubber Chip을 혼입한 경량P.C Panel의 차음성능을 실험실 실험을 통하여 측정하고, 그 수준을 비교 평가하여 실용화 가능성에 대하여 연구하는데 주 목적이 있으며, 또한 바닥구조의 완충층 재료로써 기 사용하고 있는 Pol콘크리트와의 바닥충격음에 대한 차음성능을 비교 실험하며, 바닥 완충층 부 재료써의 활용에 대한 가능성을 차음성능 측면에서 검토하는데 주안점을 두었다.

7.2 대상구조

7.2.1 벽체구조의 차음 및 흡음성능 평가

벽체구조의 차음 및 흡음 성능을 고찰하기 위하여

Rubber Chip 혼입율 0%, 5%, 7.5%, 10%의 4수준 구조를 각각 2.6×3.83m 크기로 제작하여 차음 및 흡음성능 실험 실시

7.2.2 바닥충격음에 대한 성능 평가

바닥충격음 진동 전달률을 파악하기 위하여 Rubber Chip 혼입율 0%, 5%, 10%, 15%, 20%의 5가지 종류와 기존의 Pol Concrete구조 1개 종류, 합계 6개 구조를 1m×1m크기의 철근콘크리트(두께 120mm)인 기본 모재위에 제작하여 축소모형에 의한 간이 실험을 실시하였으며, 10%혼입 구조에 대하여 Full Scale로 비교 실험하는 방법을 채택하였다.

7.3 경량P.C벽체의 차음성능 및 흡음성능

7.3.1 경량 P.C벽체의 차음성능

기존의 콘크리트 조립식 벽판에 페타이어를 일정량 혼입하여 P.C Panel을 경량화하여도, 그 차음성능은 거의 저하하지 않고 대동소이 하였다.

표 9 P.C Panel 벽의투과손실 측정결과

혼입율	1/1 Octave band(Hz)						평가치수		
	125	250	500	1000	2000	4000	D	STC	평균
10%	35	41	48	55	60	58	D-50	53	51
7.5%	38	42	49	54	60	60	D-50	53	51
5%	38	43	50	55	61	60	D-50	53	51
0%	40	44	51	54	62	61	D-50	54	52

표 10 공업화 주택성능인정안에 위한 평가결과

혼입율	등급	등급		
	1급	2급	3급	
10%				㉓
7.5%				㉓
5%			㉑	
0%			㉑	

7.3.2 경량 P.C벽체의 흡음성능

페타이어 혼입 경량P.C벽체는 약간의 흡음율 향상효과는 있으나 그 효과는 매우 미미하였다.

7.3.3 바닥충격음에 대한 차음성능

페타이어를 공동주택 바닥구조의 완충층 재료로 활용하면, 기존의 경량기포콘크리트보다는 바닥충격음에 대한 차음성능이 향상됨이 확인되었으며, 페타이어가 10% 혼입된 바닥구조의 차음성능은 L곡선으

로 평가했을 때 경량충격원에 대해서는 L-70, 중량 충격원에 대해서는 L-45가 나옴을 알 수 있었다.

또한 페타이어가 10% 혼입된 바닥구조의 차음 성능이 경량기포 콘크리트 구조에 비하여, 100Hz ~ 1000Hz 대역에서 약 4dB정도 개선됨을 알 수 있었다.

8. 廢타이어 粉末을 이용한 2次 製品 開發

8.1 개요

페타이어 분말을 혼입시킨 콘크리트 2차제품을 제작하여 이를 실용화하는 연구로써 시멘트 벽돌과 보차도용 콘크리트 조립블럭을 제작하여 다양한 건축물의 내·외벽체 조적재 및 보차도용으로 활용하기 위한 물리적인 특성과 역학적인 특성을 실험적으로 고찰하는데 주 목적이 있다.

8.2 실험

8.2.1 사용재료

- ① 시멘트 : KS L 5201에 규정된 S사의 보통 포틀랜드 시멘트
- ② 골재 : 쇄사+석분(시멘트 벽돌), 강모래+석분(조립 블럭)
- ③ 페타이어 분말 : 부산의 D공업에서 파쇄한 페타이어 분말 사용
- ④ 배합수 : 유해한 기름, 산, 알칼리, 염류등을 함유하지 않은 상수도수를 사용

8.2.2 배합설계

- ① 시멘트 벽돌 : 시멘트:골재=1:8 배합, 페타이어 분말은 골재치환율로 0, 5, 10, 15%
- ② 조립 블럭 : 시멘트량은 120kg/m³로 변화(20kg/m³증가), W/C비25%, 석분은 골재의 35%, 페타이어 분말은 0, 5, 10%혼입

8.2.3 공시체 제작 및 양생

시멘트 벽돌 및 조립블럭 시험체는 각각 생산공장의 생산설비를 이용하여 제작하였으며, 양생은 실험실 양생을 실시하였다.

8.3 실험결과

페타이어 분말 5%정도를 혼입한 시멘트 벽돌 및 조립블럭의 경우 경우 압축강도, 성형성등 KS규준에 적합한 결과를 보이고 있어 골재로의 활용이 가능한 것으로 사료되며, 시멘트벽돌 및 조립 블럭의 성형은 모두 진동과 압축을 병행한 형기를 이용하여 제품을 제작하기 때문에 페타이어 분말의 탄력성으로 인한 제품 치수 변화에 대한 주의와 대책이 필요하고, 7일 정도의 양생기간이 지나면 소요의 강도발현을 보이고 있기 때문에 제품의 운반 및 시공에 적용하기에는 문제가 없는 것으로 사료된다.

표 11 시멘트 벽돌의 압축강도 시험결과

재형	단 위 : %, kg/cm ²		
	1급	2급	3급
혼입율			
0	136.6	150.6	158.1
5	90.0	109.2	134.8
10	34.4	37.3	41.0
15	9.8	11.7	14.1

표 12 콘크리트 조립블럭의 휨강도 시험결과

재형	단 위 : %, kg/cm ²		
	7일	14일	28일
혼입율			
0 (Cement : 100kg/m ³)	69.9	86.4	89.6
5 (Cement : 100kg/m ³)	41.2	47.1	52.2
10 (Cement : 100kg/m ³)	17.1	19.4	22.1
5 (Cement : 120kg/m ³)	58.0	67.3	70.0
10 (Cement : 120kg/m ³)	22.1	24.2	25.7

9. 結 論

최근들어 급격한 산업경계의 발달에 따라 이에 부수적으로 발생하는 각종 산업폐기물을 포함한 환경 공해에 대한 문제가 크게 대두되고 있는 실정이다.

또한 산업활동 및 일상생활에서 배출되는 각종 폐기물들을 그 종류가 다양하고 배출량이 급증하는 추세에서 이를 매립·소각 등의 방법으로 단순 폐기할 경우 처리장소 확보의 어려움, 인근 지역 주민들의 집단 민원 야기 및 2차적인 환경 훼손의 여지를 남기고 있기 때문에 이들 산업 폐기물의 처리 사항은 갈수록 중요한 사회적 문제로까지 크게 나타나고 있는 실정이다.

특히 최근에 페타이어를 재생타이어용, 토목공사용, 놀이기구용 등으로 재활용화를 기울이고 있지만 아직까지 상당량이 미처리 상태로 누적량이 계속 증

가하고 있어 대량 재활용이 가능한 분야의 개발이 시급한 실정이다.

이에 폐타이어 재활용을 위한 방안의 일환으로 폐타이어 분말의 건설용 골재로의 활용화에 대한 연구를 수행한 바 다소간의 문제점을 내포하고 있지만 여러 방면에서 골재로써의 활용 가능성이 제시되었다.

그러나 폐타이어 분말의 골재로써 활용화시 문제점으로 제시된 유·무기물 상호간의 접촉 효과를 증진시킬 수 있는 부분에 대하여는 현재 계속적인 연구가 수행되고 있으며, 1차적으로 폐타이어 분말과 시멘트 매트릭스간의 접촉력을 증진시킬 수 있는 공법을 개발하여 이의 강도특성을 고찰한 바 폐타이어 분말 15% 혼입시 Plain 콘크리트 강도의 약 80% 이상의 수준까지 향상시킬 수 있었고, 2차 연구 완료시 Plain 콘크리트 강도 수준까지 향상시킬 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

1. 문장수, 정환옥외, "廢타이어 粉末을 混入한 Rubber 콘크리트의 特性에 關한 研究", 대한건축학회 논문집 12권 6호 통권92호, 1996. 6
2. 문장수, 정환옥외, "폐타이어의 건설재료로의 활용화 방안", 건설기술연구회 논문집 제3권 제2집 통권6호, 1995.11
3. 금호건설, "폐타이어의 건설재료로의 활용화 방안에 관한 연구", 건설교통부 지원 '94 건설기술 연구개발사업 과제 최종 보고서, 1995. 10
4. Timothy D. Biel, S. Hosin Lee, "New Materials and Methods of Repair", ASCE, 1994.11
5. Neil N. Eldin, Ahmed B. Senouci, "RUBBER-TIRE PARTICLES AS CONCRETE AGGREGATE", ASCE, 1993.11
6. 金善瑛, "共同住宅 바닥衝擊音 遮音性能 評價에 關한 研究", 서울대학교 博士學位論文, 1989. 8
7. 박준급, "94年度 廢타이어 發生 및 回收, 再活用 現況", 타이어 '95 1~2, 1995. 3
8. 한국콘크리트학회, "최신 콘크리트공학", 1992 