

폴리머 코팅 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타의 특성

Properties of Cement Mortar Using Polymer Coated Powdered Rubber

송 훈*
Song, Hun

조영국**
Jo, Young Kug

박홍신***
Park, Hong Shin

소양섭***
Soh, Yang Seob

Abstract

The purpose of this study is to improve the properties by increasing of the adhesion strength of styrene-butadiene rubber(SBR) latex coated powdered rubber in cement mortar. SBR-modified mortar using powdered rubber is also tested as the same method.

From the test results, the cement mortar using SBR latex coated powdered rubber have a good mechanical properties compared with that using uncoated powdered rubber. The mechanical properties of SBR-modified mortar using powdered rubber with polymer-cement ratios of 10% are also improved.

1. 서 론

페타이어 재활용은 환경공해와 자원의 재활용에 관한 관심이 고조됨에 따라 각 분야에서 활발하게 연구가 이루어지고 있으며, 건설분야에서는 페타이어를 냉각 분쇄하여 만든 분말을 시멘트 콘크리트에 혼입하여 사용하려는 연구가 많이 수행되고 있다. 일반적으로 페타이어를 잘게 부수어 화학적으로 처리한 액상형태나 냉동시킨 페타이어를 분쇄한 분말을 시멘트 콘크리트에 혼입하여 사용하는 경우 진동흡수성능, 충격차단성능 등이 우수하나 유기물인 페타이어 분말과 무기물인 시멘트 경화체 접착면에서의 부착력의 저하 및 페타이어의 혼입량의 증가에 따른 공기량의 증대로 콘크리트의 강도저하 및 물성의 저하를 가져오게 된다^{(1) (5)}.

본 연구는 시멘트 경화체와 페타이어 분말의 접착력을 향상시키고자 SBR 라텍스로 코팅한 페타이어 분말을 사용하였고 역학적 물리적 성능 개선을 위해 SBR 라텍스 혼입 폴리머 시멘트 모르타와 비

* 전북대 대학원 석사과정

** 정회원, 시설안전기술공단, 공학박사

*** 정회원, 시설안전기술공단, 공학박사

**** 정회원, 전북대 교수, 공학박사

교 검토하였으며 또한 양생방법이 접착력 증진에 미치는 영향을 수중양생 및 기중양생의 방법을 사용하여 검토하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 시멘트 및 골재

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201에 규정된 S사의 보통 포틀랜드 시멘트이며, 골재는 KS L 5100의 규격품으로서 주문진산 표준사를 사용하였다.

2.2 페타이어 분말

본 실험에 사용된 페타이어 분말은 국내 H화학에서 생산된 제품으로 물리 화학적 조성은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical and physical properties of powdered rubber

Size (mm)	Specific Gravity	Ignition loss (%)	Acetone (%)	Carbon Black (%)	Hydro Carbon (%)	ASH (%)
1.2-3.5	1.16	0.76	15.1	32.0	47.1	5.8

2.3 SBR 라텍스

본 실험에 사용한 SBR 라텍스는 국내 K사에서 생산된 제품이며 일반적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2 Properties of SBR latex

Color	Total Solids (%)	pH (20°C)	Viscosity (20°C, cP)	Specific Gravity (20°C)
White	42.0	9.2	80	1.014

2.4 실험방법

각 공시체의 배합은 Table 3과 같이 시멘트와 모래를 중량배합비 1 : 2로 하였으며, 시멘트와 모래에 대한 부피비로 페타이어 분말을 5, 10, 20, 30, 40, 60, 및 80% 혼입하였다. 동일한 워커빌리티를 유지하기 위해 폴리머 코팅 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르는 플로우치를 170 ± 5 가 되도록 물 시멘트비를 조정하였으며, 역학적 특성의 비교를 위하여 폴리머 시멘트비 10%의 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 역학적 성질을 고찰하였다. SBR 라텍스를 이용한 코팅은 상온에서 페타이어 분말 표면에 폴리머 필름을 형성시킨 후 건조로를 이용하여 80°C에서 1일간 건조시켰으며, 또한 폴리머 필름을 이용한 부착력 증대의 영향을 확인하기 위해 수중 및 기중으로 양생방법을 달리하였다. 휨강도 및 압축강도 시험용 공시체는 40×40×160mm를 사용하였으며, 인장강도용 공시체는 프리크리트형 물드를 사용하여 제작하였다. 공시체 제작후 양생은 코팅하지 않은 페타이어를 혼입한 시멘트 모르타르는 1일 습윤양생(20°C, 80%R.H.), 27일 수중양생(20°C)을 실시하였으며 SBR 라텍스를 코팅한

페타이어 분말과 SBR 라텍스를 혼입한 시멘트 모르터는 폴리머 필름의 효과를 증진시키기 위해 2일 습윤양생(20℃, 80%R.H.), 5일 수중양생(20℃) 및 21일 기중양생(20℃, 50%R.H.)을 실시하였다. 페타이어 분말의 접착면의 폴리머 필름의 부착 개선성능을 확인하기 위하여 코팅하지 않은 페타이어 분말을 혼입한 공시체도 기중양생과 수중양생의 방법을 병용하였다.

Table 3 Mix proportions of cement mortars using polymer coated powdered rubber, and SBR-modified mortars with powdered rubber

Type of Mortar	Cement : Sand (by weight)	Rubber Content (by volume) (%)	Water-Cement Ratio (%)	Air Content (%)	Flow
Plain	1 : 2	0	46.3	6.0	170
		5	44.2	7.0	169
Uncoated Mortar (U.C.M.)		10	47.5	7.6	168
		20	52.5	7.9	170
		30	55.0	9.7	172
		40	58.3	10.7	168
		60	65.2	11.8	172
		80	71.6	11.4	·
SBR Coated Mortar (S.C.M.)		5	44.6	7.8	172
		10	46.3	8.9	171
		20	49.1	8.6	174
		30	52.3	9.0	173
		40	55.0	9.9	171
		60	62.0	9.3	168
SBR Modified Mortar (S.M.M.)		80	69.0	10.4	·
		0	30.0	15.5	170
		5	30.0	16.7	170
		10	33.0	15.6	174
		20	35.0	21.2	173
		30	37.0	22.2	170
	40	39.1	22.9	171	
60	44.6	19.6	174		
80	48.8	24.1	173		

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 모르터의 성질

3.1.1 물시멘트비

Fig.1은 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르터의 페타이어 분말의 혼입율과 물시멘트비와의 관계를 나타내고 있다. 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르터는 페타이어의 혼입량이 증가할수록 동일한 위키빌리티를 유지하기 위해서 물시멘트비가 증가하는 경향을 보인다. 또한 페타이어 분말의 혼입량이 80%인 경우는 플로우를 측정할 수 없었다. SBR 라텍스로 코팅한 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르터는 코팅하지 않은 페타이어 분말을 사용한 것보다 약 3% 정도의 물시멘트비를 줄일 수 있었다.

그러나 페타이어 분말의 혼입량이 80%인 경우에는 재료분리 및 플로우를 측정할 수 없었다. 폴리머 시멘트비 10%의 SBR 라텍스를 혼입한 시멘트 모르타의 경우 폴리머의 불베어링 효과와 다량의 공기의 연행으로 양질의 워커빌리티를 얻을 수 있었고 특히 페타이어 분말의 혼입량이 80%인 경우에도 페타이어 분말에 의한 재료분리를 억제할 수 있었으며 양질의 워커빌리티를 유지할 수 있었다.

3.1.2 공기량

페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타의 공기량은 Fig. 2와 같다. 페타이어 분말의 혼입량이 증가할수록 공기량도 증가하며, 이러한 공기량의 증가는 페타이어 분말을 혼입한 모르타의 역학적 성질을 저하시키는 주요한 원인이라고 사료된다. 코팅한페타이어 분말의 경우 코팅하지 않은 분말 혼입시에 비해 공기량의 증가비가 다소 적게 나타나는 경향을 보였다. 폴리머 시멘트비 10%의 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타의 경우는 폴리머 디스퍼션의 혼입에 따른 연행되는 공기와 페타이어 분말에 의한 공기의 상승효과에 의해 높은 공기량을 보이고 있다.

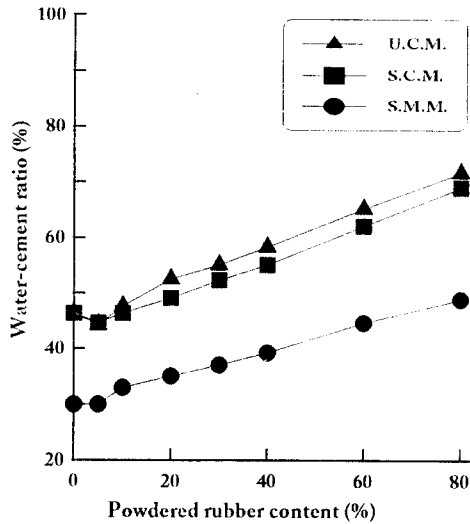


Fig.1 Water-cement ratios of cement mortars using powdered rubber.

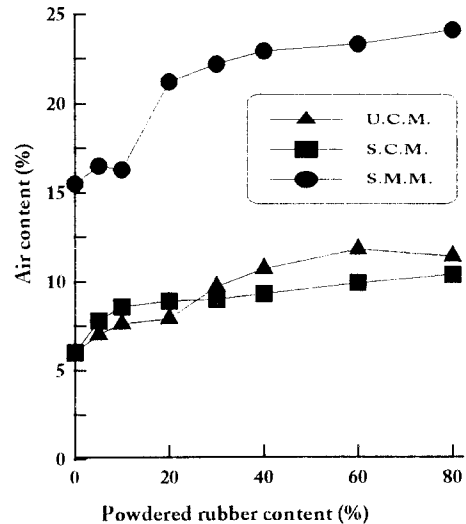


Fig.2 Air contents of cement mortars using powdered rubber.

3.2 경화된 모르타의 성질

3.2.1 압축강도

Fig.3은 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타의 압축강도와 혼입율과의 관계를 나타내고 있다. 압축강도는 수중양생보다 기중양생의 경우가 약간 높은 압축강도를 나타내고 있지만, 전체적으로 비슷한 강도 특성을 보이고 있다. 이러한 경향은 페타이어 분말의 혼입율이 증가할수록 경향이 확실하게 나타난다. SBR 라텍스로 코팅한 페타이어 분말을 사용한 시멘트 모르타도 기중양생의 경우가 수중양생에 비해 높게 나타나고 있다. 여기에서 알 수 있는 바와 같이 SBR 라텍스를 코팅한 시멘트 모르타가 코팅하지 않은 시멘트 모르타에 비해 압축강도의 증진은 발견할 수 없었다. 또한 SBR 라텍스를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타의 압축강도는 다른 것과 비슷하게 나타났다.

3. 2. 2 휨강도

Fig.4는 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타의 휨강도와 혼입율과의 관계를 나타내고 있다. 휨강도는 SBR 라텍스로 코팅한 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타가 코팅하지 않은 페타이어 분말을 혼입한 것에 비해 개선되었으며 수중에서 양생시킨 경우도 분말의 함유량이 많을수록 휨강도의 증진이 있었으나 기중에서 양생시킨 공시체보다는 휨강도가 적게 나타났다. 이와 같은 결과는 페타이어 분말과 시멘트 페이스트의 부착면에서 코팅된 폴리머 필름에 의해 접착력이 강화되었기 때문이라고 사료되며 페타이어 분말의 혼입율이 증가하면 할수록 코팅에 의한 효과가 커졌기 때문이며 SBR 라텍스를 코팅한 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타는 휨하중에 의한 파괴시 공시체 내부의 코팅된 SBR 라텍스가 인성을 증진시키면서 휨강도를 개선하였다고 생각된다. 또한 기중에서 양생시킨 공시체의 경우 수중에서 양생시킨 공시체보다 15%, 코팅하지 않은 공시체보다 20%정도 높은 휨강도를 보였다.

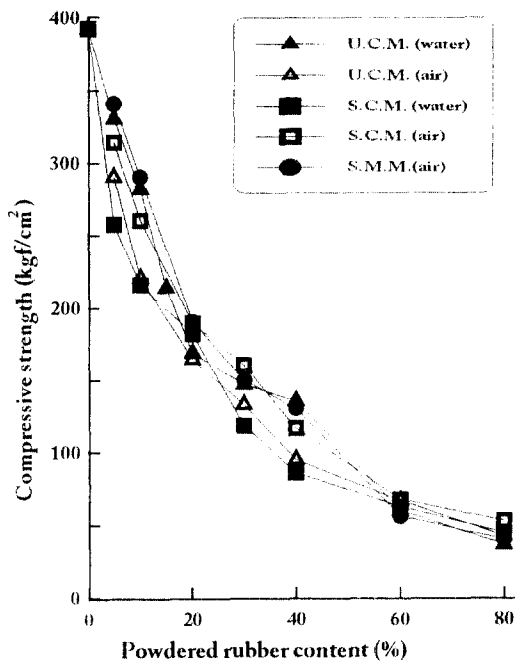


Fig.3 Compressive strengths of cement mortar using powdered rubber.

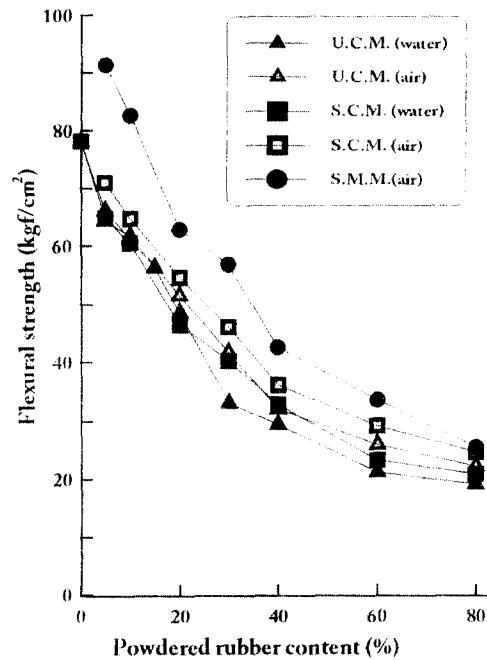


Fig.4 Flexural strengths of cements mortars using powdered rubber.

3. 2. 3 인장강도

Fig.5는 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타의 인장강도와 혼입율과의 관계를 나타내고 있다. 인장강도는 페타이어 분말의 혼입량이 증가될수록 적게 나타나는 경향을 보였다. 페타이어 분말의 혼입량이 20%이상인 경우 인장강도는 페타이어 혼입율 0%인 보통모르타의 50%정도 밖에 되지 않으며 이와 같은 결과는 모든 공시체에서 같은 경향을 보인다. SBR 라텍스로 코팅한 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타의 경우 인장강도는 코팅하지 않은 페타이어 분말을 혼입한 것에 비해 30%정도 높게 나타났으며 페타이어 분말의 혼입량이 증가할수록 상대적으로 높게 나타났다. 이것은 휨강도와 유사한 결과를 보이며 접촉면에 형성된 폴리머 필름이 시멘트 페이스트의 접촉면에서의 결합을 강화시키

는 요소로 작용한다는 것을 알 수 있다. SBR 라텍스를 코팅하더라도 수중에서 양생시킨 경우는 인장강도가 코팅하지 않은 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르보다 같거나 적게 나타났는데 이러한 결과는 코팅을 하였을 경우라도 양생조건이 인장강도에 커다란 영향을 미치는 것을 의미한다. SBR 라텍스를 코팅한 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르의 인장강도는 기중에서 양생시킨 경우 페타이어 분말의 혼입량이 증가될수록 인장강도는 감소하나 감소되는 비율은 점점 작아져서 페타이어 분말을 80% 혼입시에는 코팅하지 않은 페타이어 분말을 혼입한 것보다 2배 정도의 강도 증진 효과를 기대할 수 있었다. SBR 라텍스를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 인장강도는 SBR 라텍스 코팅한 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르와 거의 같은 인장강도를 나타냈다. 이러한 결과는 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르의 경우 인장강도는 페타이어 분말과 시멘트 수화물 사이의 접착력에 의해 결정된다고 추측할 수 있다.

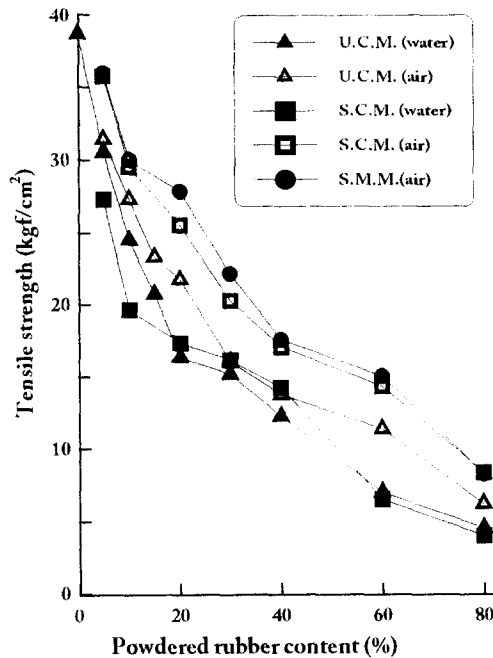


Fig.5 Tensile strengths of cement mortars using powdered rubber.

4. 결 과

본 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) SBR 라텍스 코팅 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르의 경우 압축강도 보다는 휨강도나 인장강도 증진이 컸으며 페타이어 분말의 혼입량이 증가할수록 상대적으로 강도 발현비가 커져 분말의 혼입량에 따른 강도저하를 다소 감소시킬 수 있었다.
- 2) SBR 라텍스 코팅 페타이어 분말을 혼입한 시멘트 모르타르의 경우는 코팅하지 않은 페타이어 분말에 비해 20%의 휨강도, 30%의 인장강도를 증진시킬 수 있었으며, 수중양생보다는 기중양생이 보다 폴리머 필름에 의한 부착력을 증진시키는데 효과적이었다.

3) SBR 라텍스를 혼입한 폴리머 시멘트의 경우 페타이어 분말의 재료분리를 억제 시킬 수 있었으며 휨강도, 인장강도가 다른 공시체 보다 우수하게 나타났다. 또한 페타이어 분말과 함께 SBR 라텍스를 혼입한 경우 공기량의 제어가 변수로서 작용하여 적절한 공기량의 제어를 통해 보다 더 강도를 증진시킬 수 있을것으로 사료된다.

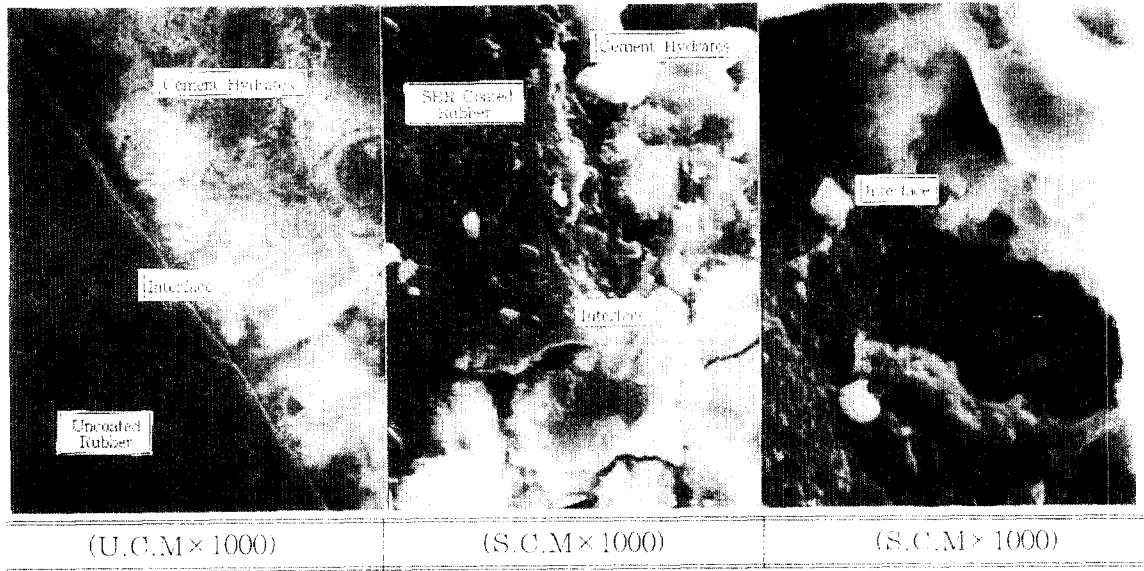


Photo 1 Microstructures of mortars Interface between rubber and cement hydrates

● 참고문헌 ●

1. 손 종규, 김 재욱, 임 유묵, 정 환욱, 문 장수, 정 상진. "페타이어 분말을 이용한 Rubber Mortar 개발에 관한 연구" 大韓建築學會 論文集 第12卷 第4號 通卷 90號, 1996.4, pp.283-289.
2. R.Yamamoto. "Construction materials using powdered rubber made of vehicle tires", RILEM proceeding 27. 1995.3, pp.189-197.
3. 배 주성, 김 재욱, 고 영주, 문 장수. "페타이어 분말을 혼입한 콘크리트 도로포장의 성능 평가" 大韓土木學會 論文集 第16卷 第Ⅲ-3號, 1996.5, pp.235-247.
4. 홍 영근, 정 영호. "페타이어 재활용의 극대화" J. of Korean Ind & Eng. Chemistry, Vol.6, No.1, February, 1995. 1-7.
5. Y.Ohama, S.Chandra. "Polymers in Concrete", CRC Press Inc, 1994.