

마이크로캡슐을 이용한 방충 기능성 모르타르 및 콘크리트의 적용 특성

박석균^{1)*} · 이병재¹⁾ · 유원재¹⁾ · 김기수²⁾ · 임대우²⁾

¹⁾ 대전대학교 토목공학과 ²⁾ 호서대학교 벤처전문대학원

(2004년 3월 5일 원고접수, 2004년 9월 30일 심사완료)

Applicability of Anti-Insect Mortar and Concrete using Microcapsule

Seok-Kyun Park^{1)*}, Byung-jae Lee¹⁾, Wan-Jae Yu¹⁾, Ki-Soo Kim²⁾, and Dae-Woo Ihm²⁾

¹⁾ Dept. of Civil Engineering, Daejeon University, Daejeon, 300-716, Korea

²⁾ Dept. of Innovative Industrial Technology, Hoseo University, Asan, 336-795, Korea

(Received March 5, 2004, Accepted September 30, 2004)

ABSTRACT

We encapsulate the core materials which have long term resisting properties to the insect. We also try to apply those capsules to the mortar and concrete which is used for the structures and ornament materials. Various membrane structures and sizes of microcapsule are tested and construction properties of the mortar and concrete which contain microcapsules are examined. The capsuled are confirmed by SEM and optical microscope. Finally the microcapsules with anti-insect which can be used for the mortar and concrete are developed through the various experiments and mock-up tests.

Keywords : microcapsule, anti-insect, mortar, concrete

1. 서 론

최근 들어 산업의 고도화로 실내에서 생활하는 시간이 늘어나고 시설물의 초대형화로 수많은 거주자가 함께 생활하게 됨에 따라 구조물의 기능이 단순한 주거에서 더욱 확대되어 사용자의 안전, 건강과 정서 및 쾌적한 환경 등의 부가적 역할이 강조되게 되었다. 따라서 다양한 기능성 건설자재에 대한 수요가 폭발적으로 늘어가고 있는 실정이다. 그러나 현재까지 국내에 나와 있는 이러한 재료들은 그 효과가 항구적으로 지속되지 못하는 문제를 갖고 있다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 미관은 물론 사용자의 쾌적한 주거환경과 콘크리트의 내구성 향상을 위해 반드시 요구되고 있는 방충 기능이 장기간에 걸쳐 구조물에서 발휘되도록 하기 위한 것으로, 이러한 기능을 가진 심물질을 마이크로캡슐화 하고 이를 모르타르 및 콘크리트의 마감재에 혼입하여 구조재료 및 내, 외장재로 사용할 수 있는 환경정화용 모르타르 및 콘크리트를 개발하는 데 목적을 두고 있다.

2. 마이크로캡슐 및 관련연구동향

마이크로캡슐은 직경이 수~수백 μm 사이의 미소한 용기이다. Fig. 1과 같이 용기의 내부에 넣어져 있는 물질을 심물질이라 부르며, 이것은 용기의 벽에 의해 보호되고 있다. 심물질이 외부 환경으로 방출되는 시기, 장소 및 속도는 벽 재료의 두께 등을 변화시켜 자유로이 조절할 수 있다. 벽의 재료는 막을 만들 수 있는 물질이라면 모두 가능하지만 실용적으로 넓게 이용되고 있는 재료는 주로 천연 및 합성 고분자이다.

심물질을 용기 속에 넣는 조작을 마이크로캡슐화(microencapsulation)라 부르며, 보통 캡슐은 용기를 만든 다음 심물질을 용기 속에 충전시키는 방법인 데 반하여 마이크로캡슐화는 심물질을 미립자화하여 매질속에 분산시킨 다음 심물질의 표면에 막을 입히는 조작으로 이는 보통 캡슐을 만드는 방법과는 매우 다르다¹⁾.

마이크로캡슐화의 방법은 많이 있으나 크게 분류하면 화학적 방법, 물리·화학적 방법 및 물리·기계적 방법의 3가지로 나눌 수 있다²⁾. 어떤 방법을 실제로 사용할 것인가 하는 문제는 심물질과 벽물질의 선택이나 마이크로캡슐의 사용 목적 등을 고려하여 결정한다.

* Corresponding author

Tel : 042-280-2525 Fax : 042-284-0109

E-mail: skpark@dju.ac.kr

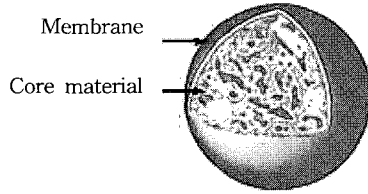


Fig. 1 Composition of microcapsule

국외의 경우, 마이크로캡슐은 1950년대에 NCR사에 의해 개발되었고 그 이후 식품, 약품, 농업 분야 등에 적용되어 왔다. 최근에 마이크로캡슐의 기능이 핵의 방출 양 제어뿐만 아니라 핵 물질을 외부환경으로부터 보호하는 기능도 하고 있다는 것이 밝혀지면서 특히 1990년대 들어 첨단기술 섬유산업에 적용되어 왔고 앞으로도 약학, 농화학, 그래픽기술, 생활용품과 다른 산업으로 계속 확대될 것으로 전망된다^{3,4)}. 국내의 경우, 감압복사지용 마이크로캡슐을 개발 생산하고 있으나 기록재료분야에 한정되어 있고, 일부 유산균 업체가 마이크로캡슐화 유산균 음료를 생산 판매하고 있다. 그러나 기술 수준에는 한계가 있어 전체적으로는 일부 영역에 국한되고 있는 실정이다.

이와 같이 마이크로캡슐을 이용하는 기술은 점점 발달되고 있으나, 이를 시멘트계 건설재료에 적용하여 미관 및 주거환경, 내구성 등을 개선하고자 하는 연구는 국내외적으로 전무한 실정이다.

3. 방충용 심물질의 선정과 마이크로캡슐의 제조

3.1 모르타르 및 콘크리트용 방충제 선정

콘크리트의 시공 당시는 pH가 12 정도의 강알칼리성이기 때문에, 세균·곰팡이 및 조류, 벌레 등은 거의 발생하지 않는다. 그러나 공기중의 탄산가스 또는 탄산가스가 물에 용해한 탄산 등에 의하여 표면이 중성화되면 세균·곰팡이와 조류, 벌레 등의 증식체가 된다. 이것은 콘크리트 자체가 다공질이며, 어느 정도 보습성이 있고 또, 표면에 오염물질이 쌓이기 쉽기 때문이다. 특히, 콘크리트가 생물이 요구하는 무기계 영양물을 가지고 있는 것도 원인일 것이다. 이와 같이 콘크리트는 비교적 세균·곰팡이와 조류, 벌레가 발생하기 쉬움에도 불구하고 그 대책이 전혀 이루어지지 않고 있다.

현재 항균제·곰팡이 방지제·방충제는 저독성, 방미효과가 높은 것을 사용하는 경향이 있다. 염소, 불소 등 할로젠 계를 함유하지 않은 화합물이 주류가 되고 있다. 이에 본 연구에서는 방충제로 Permethrin을 선정하여 실험하였다.

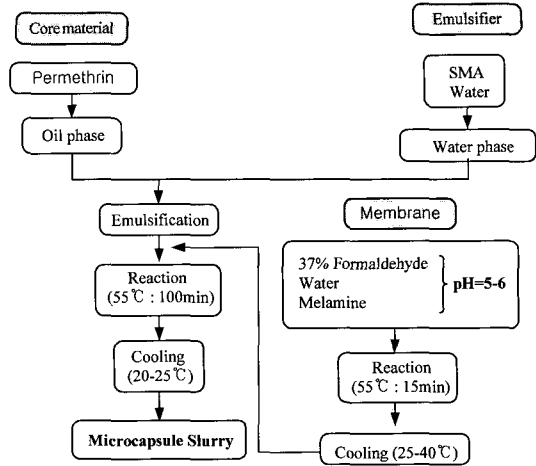
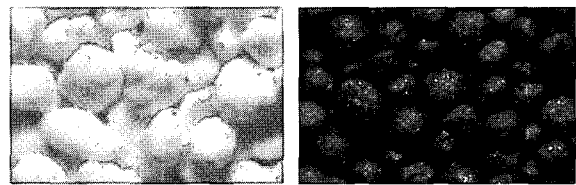


Fig. 2 Manufacture process of microcapsule



(a)Zeolite type(500~1,000µm) (b)Zeocarbon type(295~677µm)
Fig. 3 Shape of microcapsule by optical microscope.

3.2 방충 마이크로캡슐의 개발 및 제조

두께·입경을 조절하기 위해 계면활성제 용액과 심물질(Permethrin)을 혼합하여 호모믹서로 에멀전을 제조한 후, 멜라민·포름알데히드 프리폴리머 용액을 첨가하여 55~65°C에서 150분간 교반하여 마이크로캡슐을 제조하였다. 한편, 그 제조공정도를 Fig. 2에 나타내었다.

상기의 멜라민·포름알데히드 고분자를 막재료로 사용한 마이크로캡슐을 모르타르나 콘크리트에 적용시 막의 특성상 모르타르나 콘크리트와의 혼합과정에서 파괴되는 문제점이 발생할 것으로 예상되어, 이들 혼합과정에서 발생하는 마찰이나 충격에 충분히 견딜 수 있는 막재료를 갖는 제오라이트나 제오카본을 이용한 캡슐 제조방법을 선정하였다.

3.2.1 제오라이트를 이용한 캡슐

다공성 물질인 제오라이트와 심물질(Permethrin)을 혼합기속에서 1차적으로 혼합한 후 폴리우레탄 고분자를 첨가하고 과립·코팅화하여 캡슐을 제조하였다.

제조된 캡슐의 형태 및 표면은 광학현미경을 사용하여 측정하였다. Fig. 3은 60배 확대한 사진이다.

3.2.2 제오카본을 이용한 캡슐

다공성 물질인 제오카본과 심물질(Permethrin)을 혼합기 속에서 혼합한 후, 계면활성제 및 멜라민·포름알데히드 프리폴리머 용액을 첨가하여 55~65 °C에서 150분간 교반하여 캡슐을 제조하였다. Fig. 4는 제조된 마이크로캡슐의 형태 및 표면을 광학현미경으로 60배 확대한 사진이다.

4. 모르타르 및 콘크리트의 적용특성 평가

4.1 마이크로캡슐의 모르타르 적용성 평가

4.1.1 실험조건 및 캡슐 잔존성 예비실험

마이크로캡슐의 1차적인 적용성을 평가하기 위해 페이스트, 모르타르 시편을 제작하여 Fig. 4와 같이 주사전자현미경(Scanning Electro Microscope: SEM)을 이용하여 마이크로캡슐의 손상도와 잔존성 등을 평가 하였다. SEM 측정능 분해능 10 nm에서 3000배의 배율로 측정하였다. 재료상태와 배합조건, 제조조건 등의 제반 영향인자에 따라 마이크로캡슐이 어떤 영향을 받는지에 대해서도 조사하였다. 이 때 사용한 캡슐은 제오라이트계열과 제오카본계열 2종류를 사용하였다.

Table 1과 같이 페이스트와 모르타르, 첨가조건을 기준으로 하여, 마이크로캡슐의 크기 문제를 개선하기 위해 캡슐을 혼입하지 않은 경우를 비롯해 제오라이트계열로서 평균직경이 2 mm 이상, 1~2 mm, 1000~500 μm, 500~150 μm, 제오카본계열로서 B(기본형(295 ~ 677 μm)), A(개선형(295 ~ 677 μm))의 혼합첨가조건별로 구분하여 각각의 시험체 조건하에 시멘트량 대비 5%를 첨가하여 이들 조건하에서 캡슐의 손상도와 잔존성 효과에 미치는 영향

Table 1 Experimental condition and symbol of paste, mortar and according to microcapsule type

Type of microcapsule(MC) (MC=5% of cement content)		Paste (W/C=40%)	Mortar (W/C=60%)
-		PC	MC
Zeolite type	2mm over MC	P-1	M-1
	1~2mm MC	P-2	M-2
	500~1000μm MC	P-3	M-3
	150~500μm MC	P-4	M-4
Zeocarbon type	295 ~ 677μm MC(A)	P-5	M-5
	295 ~ 677μm MC(B)	P-6	M-6

* S · P : Super plasticizer

Table 2 Mix proportion of paste, mortar

	Water(g)	Cement(g)	Sand(g)	MC(g)	S-P(g)
Paste	400	1,000	-	50	-
Mortar	125	208.5	772	10.4	-

에 대해서 조사하였다. 제오카본계열에서 기본형과 개선형은 각각 막재료의 성능에 따른 형태를 나타낸 것으로, 개선형의 경우는 캡슐 막재료의 강도 등의 내구성을 보다 개선한 것이다. Fig. 4에는 이 중에서 캡슐을 넣지 않은 PC와 MC조건을 포함해 P-2, P-3, P-6, M-1, M-3, M-5의 대표조건에 대해 SEM관찰결과를 나타낸 것으로서, 캡슐을 넣지 않은 조건에서는 주로 Ca(OH)₂결정 등 보통의 시멘트 수화조직만이 관찰되고 있지만, 나머지 캡슐을 넣은 조건에서는 캡슐(6각형 이상의 형상)입자가 수화조직과 함께 뚜렷이 잘 분포되어 관찰되고 있어 캡슐의 보존상태가 매우 양호함을 육안에 의해 확인할 수 있다.

전체 실험조건하에서 마이크로캡슐은 Table 3에 나타낸 바와 같이 손상되지 않고 모두 뚜렷이 검출되었다. 본 실험결과, 캡슐의 크기가 작아 강도에 미치는 영향이 적고, 마이크로캡슐이 골고루 잘 분포하고 있으며 경제성 등의 기준을 비교적 잘 만족하고 있는 제오카본계열(A)의 마이크로캡슐이 최적 조건으로 판정되었다.

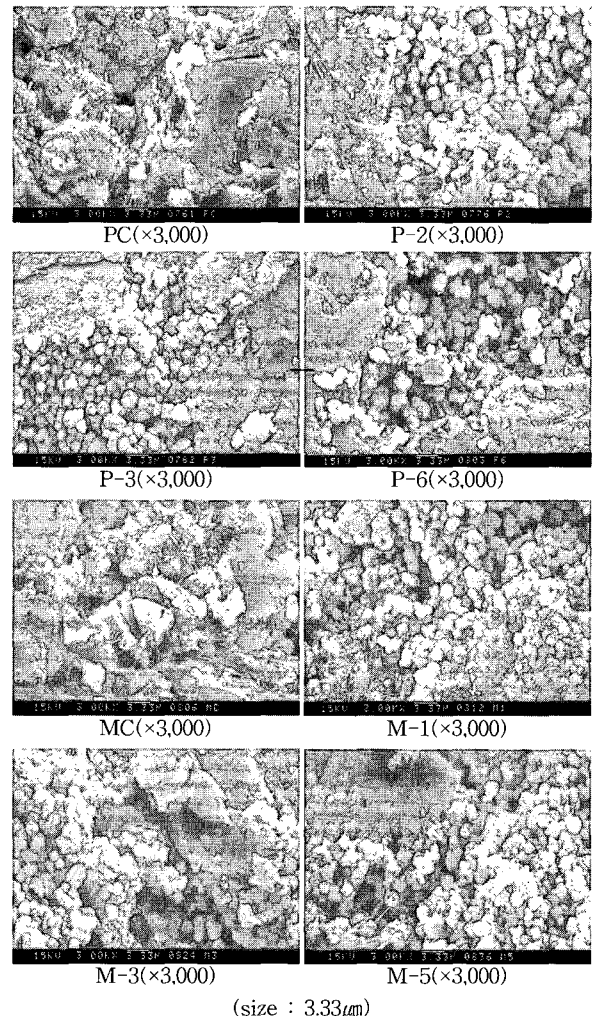


Fig. 4 Inner shape of mortar with MC by SEM

Table 3 Test results of preservation and damage degree of microcapsule in experimental conditions

Condition (symbol) of specimen	Preservation degree	Damage degree
PC, MC, MAC	-	-
P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6	Good	Nothing
M-1, M-2, M-3, M-4, M-5, M-6	Good	Nothing

Table 4 Mix proportion of mortar

MC addition rate	Mixed contents (g)			
	Water	Cement	Sand	MC
Plain				0
5%	294.2	490	1471	20.85
15%				62.55

4.1.2 마이크로캡슐의 성능실험

1) 마찰·손상·충격·온도저항시험

마찰·손상·충격·온도저항시험을 캡슐 자체로 평가하기보다는 배합설계 후, 경화된 시멘트계 건설재료(모르타르, 콘크리트)에 적용했을 때 캡슐의 안정성을 관찰하였다. 다만, 이 경우의 마이크로캡슐의 형태는 관찰의 용이성을 위해 각 크기별로 캡슐을 뭉침 형태로 특별히 제조한 것을 이용하였다. 제조된 마이크로캡슐을 적용한 콘크리트의 형태 및 표면은 광학현미경(Intel)을 사용하여 측정하였다. Fig. 5는 제올라이트를 적용한 콘크리트의 10배 확대사진이고, Fig. 6은 제오카본(A)을 적용한 콘크리트의 10배 확대 사진이다. 이들 사진으로 캡슐의 모르타르 콘크리트 적용 시, 마찰·손상·충격·온도 등에 안정한 형태로서 관찰되고 있다.

4.1.3 마이크로캡슐의 모르타르 성능실험

모르타르에 방충 심물질을 포함한 마이크로캡슐을 혼입하여 사용 시 압축강도와 길이변화 물성에 미치는 영향을 검토하기 위한 시험을 실시하였다. 사용 마이크로캡슐은 최적 조건으로 선정된 제오카본계(A)만을 선택하였다.

모르타르 성능실험을 위한 배합은 재료의 일관성을 위하여 국내 H사의 일반 미장용 모르타르(모래:시멘트=3:1)를 사용하였고, 마이크로캡슐은 첨가율에 따라 Table 4와 같이 혼입/배합하여 일반 모르타르와 비교 시험하였다.

1) 압축강도 시험

상기 Table 4의 배합조건에 의해 KS L 5105에 따라 압축강도시험을 하였다. 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

이들 결과로부터 5%의 캡슐첨가조건일 경우는 약 6%의 강도 저하율을 나타내고, 15%의 첨가조건에서는 10.5%의 강도 저하율을 나타내어, 캡슐 첨가량이 많아질수록 강도 저하율이 커짐을 알 수 있었다.

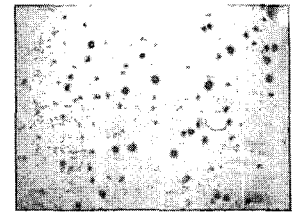
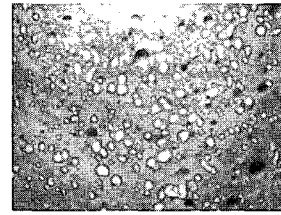


Fig. 5 Surface shape concrete with MC of zeolite type by optical microscope (150~500 μ m)

Fig. 6 Surface shape concrete with MC of zeocarbon type by optical microscope (295~677 μ m)

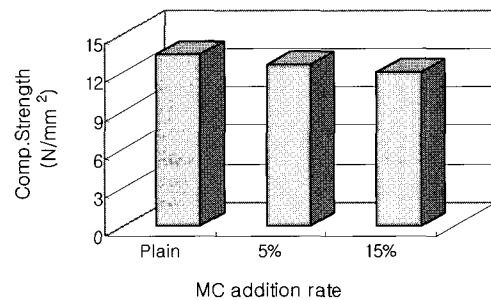


Fig. 7 Comp. strength of mortar with MC

2) 길이변화 시험

상기 Table 4의 배합조건에 의해 KS F 2424에 따라 모르타르의 길이변화 시험(콘택트게이지법)을 하였다. 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

이들 결과로부터 재령이 증가함에 따라 건조 수축률은 5회 측정 시 캡슐 첨가량이 5%, 15%인 모르타르는 각각 1.890×10^{-4} , 2.059×10^{-4} 의 건조 수축률로 일반 모르타르의 건조 수축률인 1.518×10^{-4} 값보다 큰 수축률을 보였다.

상기와 같이 캡슐의 첨가량이 증가 할수록 압축강도시험 값이 다소 낮아지고, 건조수축률이 소폭 증가하는 현상은 캡슐내부의 심물질을 둘러싼 막은 연결 재료로서 모르타르나 콘크리트에 비해 훨씬 약한 강도를 가지고 있어 압축강도와 건조 수축률에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다.

4.2 마이크로캡슐의 콘크리트 성능실험

콘크리트에 방충 심물질을 포함한 마이크로캡슐을 혼입하여 사용 시 슬럼프, 공기량, 압축강도, 철근부착강도, 동결융해저항 특성에 미치는 영향을 검토하기 위한 시험을 실시하였다. 사용 마이크로캡슐은 최적 조건으로 선정된 제오카본계(A)와 추가 비교용으로 제오라이트계 2종류를 선택하였다.

콘크리트 성능실험을 위한 배합은 Table 5와 같이 설계기준강도 20N/mm²의 보통 콘크리트 배합조건으로 하였다.

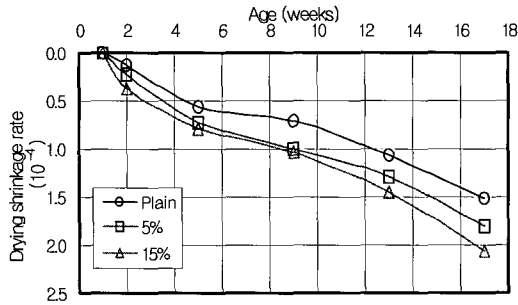


Fig. 8 Drying shrinkage rate of mortar with MC

Photo 1, 2는 각각 제올라이트계와 제오카본계 마이크로캡슐의 혼입광경을 나타내었다.

4.2.1 슬럼프 시험

슬럼프 시험의 결과는 Table 6과 같다. 슬럼프 시험결과, 제올라이트계 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 형태별로 56~86mm로서 일반 콘크리트의 슬럼프 결과 값보다 24.4~91.1%의 증가율을 보였고, 제오카본계(A) 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 70mm로 일반 콘크리트의 슬럼프 결과 값보다 대략 57%의 증가율을 보였다.

4.2.2 공기량 시험

시험 결과는 Table 6과 같다. 공기량 시험 결과, 제올라이트계 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 형태별로 4.4~5.6%로서 일반 콘크리트의 공기량 결과 값보다 29.4~64.7%의 증가율을 보인 반면, 제오카본계 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 4.1%로 일반 콘크리트의 공기량 결과 값보다 20%의 공기량 증가율을 보였다.

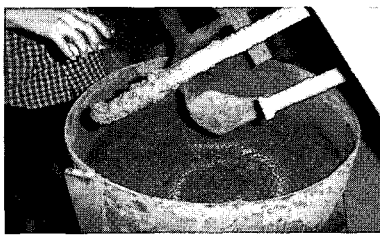


Photo 1 Insert of zeolite type MC in concrete mixing

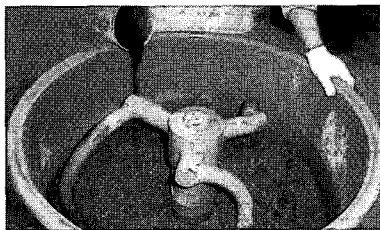


Photo 2 Insert of zeocarbon type MC in concrete mixing

4.2.3 압축강도 시험

콘크리트의 압축강도는 재령 28일을 기준으로 KS F 2405에 따라 시험하였다. 시험결과는 Table 8과 같다.

압축강도시험 결과, 제올라이트계 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 형태별로 28.7~31.0 N/mm²로서 일반 콘크리트의 압축강도 결과 값보다 6.1~13%의 감소율을 보였고, 제오카본계 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 29.4 N/mm²로서 일반 콘크리트의 압축강도 결과 값보다 10.8%의 감소율을 보였다.

4.2.4 철근부착강도 시험

이 시험은 철근과 콘크리트와의 부착 효과를 조사하기 위한 것으로, 동일 철근을 이용하여 형태별 마이크로캡슐 혼입 콘크리트의 철근 부착력을 일반 콘크리트와 비교하기 위한 시험이다. 시험결과는 Table 6과 같다. 제올라이트

Table 5 Mix proportion of concrete

Standard design comp. strength	W/C (%)	s/a (%)	Unit weight(kg/m ³)				MC
			Cement	Water	Fine aggregate	Coarse aggregate	
20 (N/mm ²)	51	35	349	178	642	1,203	0.01% of total weight (6.8% of cement content)

Table 6(a) Test results of overall

Type and size of capsule	Slump (mm)	Increasing rate of slump (%)	Air content (%)	Increasing rate of Air content (%)
Plain concrete	45	Basis	3.4	Basis
Zeolite type	2mm over	56	24.4	4.4
	1~2mm	65	44.4	4.6
	500~1000 μ m	86	91.1	5.6
	150~500 μ m	84	86.7	5.1
Zeocarbon type	295~677 μ m	70.4	57.4	4.08

Table 6(b) Test results of overall

Type and size of capsule	f_{ck} at 28 days (N/mm ²)	Decreasing rate of strength (%)	Bond strength (kN)	Decreasing rate of bond strength (%)
Plain concrete	33	Basis	56.7	Basis
Zeolite type	2mm over	31	6.1	56.3
	1~2mm	30.5	7.6	55.8
	500~1000 μ m	29	12.1	55.1
	150~500 μ m	28.7	13	55.8
Zeocarbon type	295~677 μ m	29.44	10.8	52.8

트 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 형태별로 55.1~56.3kN으로서 일반 콘크리트의 부착력 결과 값인 56.7kN 보다 0.7~2.8%의 부착력 감소율을 보였고, 제오카본계 마이크로캡슐을 혼입한 콘크리트는 52.8kN으로서 일반 콘크리트의 부착력 결과 값보다 6.9%의 부착력 감소율을 보였다.

4.2.5 동결융해 시험

급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험(A법)은 KS F 2456에 따라 시험 하였다. 동결융해시험 결과는 Fig. 9와 같다. 동탄성계수의 백분율은 일반 콘크리트의 경우 동결융해 횟수가 200일 경우 53.2%를 보인 반면, 캡슐을 첨가한 콘크리트의 경우 39.2%~51.0%로 일반인 경우보다 동결융해에 대한 저항성이 낮음을 알 수 있다. 그리고, 분말형과 액상형 콘크리트 모두 캡슐 첨가량이 많을수록 동결융해에 대한 저항성이 저하함을 알 수 있었으며, 액상형 콘크리트가 분말형 콘크리트보다 동결융해에 대한 저항성이 다소 약함을 알 수 있었다. 본 시험에서는 참고로 MC의 제조기술에 따라 건조상태의 분말형캡슐과 액체용액상태의 액상형 캡슐을 구분하여 시험을 실시하였다. 시험에서는 분말형 캡슐이 사용되었다. 분말형과 액상형으로 구분되지 않은 그 이유는 액상형 캡슐을 사용할 경우는 추가되는 함수량의 보정이 어려워, W/c, 슬럼프 등을 일정 조건으로 맞추기가 어려운 단점이 있어, 분말형 캡슐을 최적재료조건으로 선정하였기 때문이다.

5. 마이크로캡슐의 방충 성능시험

5.1 시험체의 형상

300×300×200mm(가로×세로×높이)의 아크릴 공간 바닥에 분말형 방충 마이크로캡슐(295~677 μm 제오카본계)을 10% 첨가한 모르타르를 40mm 두께로 미장하고, 같은 방법으로 일반 모르타르를 미장한 같은 크기의 공간을 560mm 떨어뜨려 이동 통로를 만들어 연결시켰다. 방충

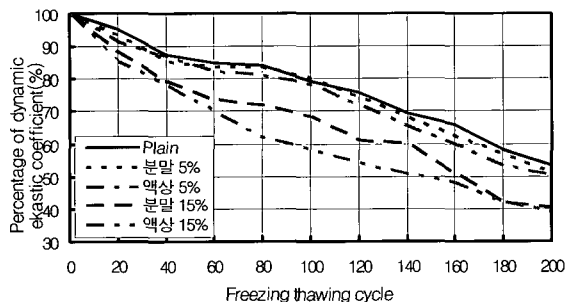


Fig. 9 Freezing and (-) thawing of concrete with MC

성능의 확실한 판단을 위하여 일반 모르타르로 통로를 미장하였으며, 환기를 위한 환기망을 통로 양쪽에 두었고, 틈새는 실란트로 견고히 밀폐시켰다.

5.2 성능 평가

본 실험에는 일본 왕개미(여왕개미 2마리 포함) 100여 마리가 사용되었다. 방충성능 평가용 시험체의 일반모르타르 공간과 방충모르타르 공간 각각에 반씩 젖은 모래를 포함하여 놓았으며, 여왕개미는 방충모르타르에 2마리 모두 놓았다. 그리고 시간 경과에 따른 개미들의 움직임을 살펴보았다. 또한, 모르타르 시험체는 장기간 공기 중 양생시킴으로써, 표면부가 충분히 중성화 되어 알칼리성에 의한 방충성능 영향을 제거한 후 실시하였다. 개미들은 1시간이 경과한 후부터 일반모르타르 쪽으로 이동을 하였으며, 8시간 후 일부 몇 마리의 개미를 제외하고, 여왕개미 두 마리를 포함한 대부분의 개미들은 일반 모르타르 구석진 곳으로 이동을 하였다. 개미 방사 2일이 지난 후

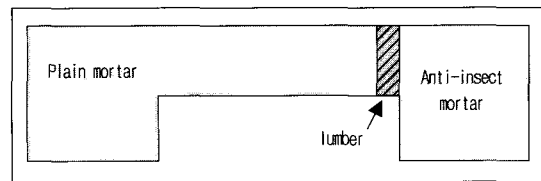


Fig. 10 Manufactured specimen diagram of mock up test

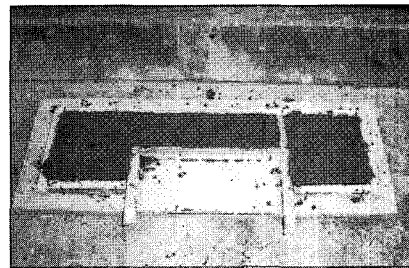


Fig. 11 Construction of plain and anti-insect mortar

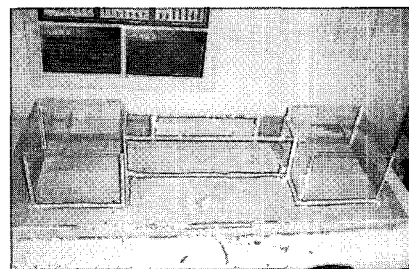


Fig. 12 Manufactured test specimen

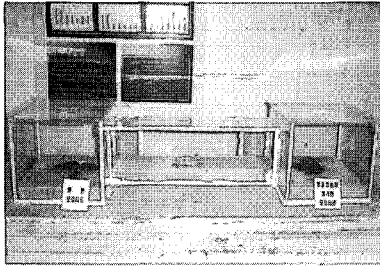


Fig. 13 Test specimen after simultaneous pasturage of ants

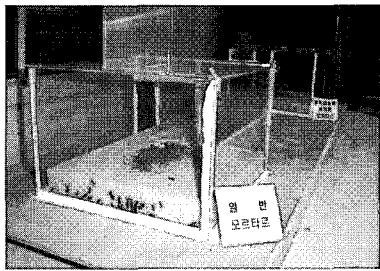


Fig. 14 Plain mortar part after 2 days during pasturage of ants



Fig. 15 Anti-insect mortar part after 2 days during pasturage of ants

에는 방충 모르타르 공간에 남아 있던 개미는 죽어있어, 정성적으로나마 방충 효과가 있음을 알 수 있었다.

6. 결 론

본 연구는 방충 기능을 가진 심물질을 마이크로캡슐화 하고 이를 모르타르 및 콘크리트에 혼입하여 구조재료 및 내, 외장재료 사용할 수 있는 가능성을 검토하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 지속적인 실험결과, 재료 혼합시 발생하는 골재의 마찰력 충격 등에 충분히 견딜 수 있고, 캡슐 자체의 강도 및 크기, 경제성 등에서 제오카본계열(A) 마이크로캡슐이 적합함을 알 수 있었다.

- 2) 주사전자현미경과 광학현미경 등을 통한 관찰 및 심물질의 화학적 분석 결과, 수화작용에 의한 경화 후에도 마이크로캡슐이 마찰·손상·충격 등에 저항력을 보여 안정적으로 잔존하고 있음을 관찰할 수 있었고 마이크로캡슐의 손상도와 잔존성을 정량적으로 분석할 수 있었다.
- 3) 마이크로캡슐의 혼입량이 많아지면 모르타르나 콘크리트 내부에서 공극의 역할을 함으로써, 압축강도를 저하시키고 수축률을 증가시키는 역할을 하였지만, 강도저하는 배합을 조정하는 것으로, 수축률 증가는 캡슐을 첨가하면 작업성(슬럼프)이 향상되므로 그만큼의 물량을 감소시키면 수축률 증가를 줄일 수 있으므로 이를 통해 해결이 가능할 것으로 판단된다. 그렇지만, 적정 첨가량의 사용과 추가 연구를 통해 내구성 및 구조적 특성에서 현장조건에 만족할 수 있는 제품의 제조도 가능할 것으로 전망된다.
- 4) 방충 효과를 확인하기 위해 모르타르 시험체에 적용하여 시간 경과에 따른 개미의 움직임 관찰한 결과, 개미들은 1시간이 경과한 후부터 일반 모르타르 쪽으로 이동함이 확인되고, 방충 모르타르 공간에는 개미가 거의 남아 있지 않았으며, 남아 있던 개미는 죽어 있어, 정성적으로나마 방충 효과가 있는 것으로 판단됨으로써, 모르타르에 대한 방충 마이크로캡슐의 성능이 실험실적으로는 입증됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구의 일부 결과는 한국과학기술원 스마트사회기반 연구센터(SISTeC)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. S. Benita, "Microencapsulation : Methods and Industrial Application," Marcel Dekker, New York, 1998.
2. Jan E. Vandegaer, "Microencapsulation Processes and Applications," Plenum, New York, 1974.
3. M. H. Gutcho, "Microcapsules and other capsules," Noyes Data Corp., New York, 1979.
4. C. Thies, "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering," Wiley-Interscience, New York, Vol.1, 1989, 752pp.

요 약

장기간에 걸쳐 방충 효과가 지속적으로 발휘되도록 해당 심물질을 마이크로캡슐화 하고, 이를 모르타르와 콘크리트 구조물의 기능성 재료로서 활용하기 위한 연구를 수행하였다. 이를 위해서 막구조의 형태와 크기가 다른 캡슐을 종류별로 모르타르와 콘크리트에 혼입하였을 경우의 시공성과 다양한 물리적 특성에 대하여 검토하였다. 이 때의 캡슐 잔존성은 주사전자현미경과 광학현미경을 통해 관찰하였다. 최종적으로 목업 시험 등을 통해 모르타르와 콘크리트에 적용이 가능한 방충 기능성 마이크로캡슐을 개발하였다.

핵심용어 : 마이크로캡슐, 방충, 모르타르, 콘크리트
