

개질 탄산칼슘을 첨가한 시멘트 모르타르의 특성

김도수* · 노재성

〈충남대학교 정밀공업화학과〉

1. 서 론

탄산칼슘의 활용분야 중 시멘트 분야에 있어서 탄산칼슘의 활용도가 가장 높은 것은 시멘트 클링커 광물을 제조하기 위한 주요 원료로서 활용되는 것 외에 부분적으로 응결시간 조절, 수화반응성의 수화 후 시멘트의 성능 개선을 위한 첨가제로 이용되고 있으나 시멘트의 주요한 물성인 강도, 수밀성의 향상을 위한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

이러한 시멘트 강도와 수밀성, 즉 방수성의 향상에 대한 연구는 산업이 발달함에 따라서 해양구조물 및 방사성 폐기물 처리·처분시설 등 높은 수밀성이 요구되는 고내구성 특수 구조물의 수요가 급증함에 따라서 시멘트 콘크리트 구조물의 초기강도 확보와 방수성 향상의 시점에서 매우 필요하다.

시멘트에 대한 탄산칼슘의 첨가 효과에 대하여 Daimon 등은 시멘트에 탄산칼슘을 첨가하면 시멘트 수화생성물인 모노설페이트와 탄산칼슘의 반응에 의해 모노카보네이트가 형성될 때 방출되는 SO_4^{2-} 가 C_3A 와 모노설페이트와 재차 반응함으로써 시멘트 수화후기에도 에트링가이트가 생성된다는 "Delayed Ettringite Formation" 이론에 따라 탄산칼슘이 시멘트의 초기강도 증진 및 수밀성 향상에 기여한다고 보고²³⁾ 하였으나 경화 후 에트링가이트의 생성은 오히려 팽창성에 의한 균열을 야기하여 내구성을 저하시킬 우려가 있다고 지적하였다.

이와 같이 탄산칼슘은 시멘트용 혼화제로 첨가하여 시멘트내 칼슘실리케이트와 반응함으로써 에리트(alite)의 수화반응을 촉진시키지만, 시멘트

의 초기강도 향상, 플라이 애쉬, 슬래그와 같은 잠재수경성 광물과 포졸란 반응을 하여 장기강도를 증진시키는 면에서는 큰 효과를 발휘하지 못하는 것으로 알려지고 있다.

그러나 탄산칼슘을 H_2SiF_6 와 같은 무기불화물로 처리하면 고알칼리 환경에서는 주로 미세한 CaF_2 (calcium fluoride) 등의 금속불화물(metal fluoride)이 주로 생성되며, pH가 저하하여 산성조건에서는 $CaSiF_6$ 와 같은 규불화물(fluosilicate)이 생성된다고 알려져 있다.

이러한 CaF_2 및 $CaSiF_6$ 은 수백 nm~수십 μm 의 미세입자부터 거대입자까지 다양한 입도분포를 가져 시멘트에 첨가하면 시멘트내 거대기공(macro pore), 모세관 공극(capillary pore)에 대한 우수한 충전효과(filling effect)를 발휘할 수 있어 시멘트의 수밀성 개선과 방수성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 반응생성물로 0.1~1 μm 의 입도를 지닌 다량의 SiO_2 가 생성되는데 이들 SiO_2 는 비정질(amorphous)로 반응성이 매우 우수하며 시멘트내 미세 혹은 거대 공극에 대한 우수한 충전효과를 발휘하여 시멘트의 강도와 수밀성 개선에 효과적으로 작용할 수 있다.

그리고 시멘트의 수화와 함께 발생하는 가용성 $Ca(OH)_2$ 와 반응하여 시멘트의 종극강도를 지배하는 C-S-H를 생성하는 포졸란 활성화(pozzolan activation)을 촉진하여 안정한 장기강도의 확보에 기여하는 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 시멘트용 첨가제로 사용되는 탄산칼슘의 성능 개선을 위하여 무기불화물인 H_2SiF_6 용액으로 탄산칼슘 표면을 처리하였고, 이를 시멘트용 첨가제로서 적용하였을 때 시멘트

페이스트의 응결성과 시멘트 모르타르의 유동성, 압축강도, 흡수를 등의 물리적 특성에 미치는 영향을 파악하였다.

또한 개질 탄산칼슘의 첨가에 따른 시멘트 수화생성물의 및 수화속도 변화를 관찰함으로써 개질 탄산칼슘의 첨가가 시멘트의 수화반응에 미치는 효과와 시멘트 경화체내 기공분포를 측정함으로써 시멘트에 대한 미세공극 충전 특성을 파악하였다.

2. 실험 내용

시멘트용 첨가재로 사용한 탄산칼슘은 증질탄산칼슘이며, 탄산칼슘의 표면개질을 위한 무기불화물로는 HF 제조시 부생되는 H_2SiF_6 를 20%로 희석한 용액(비중: 1.22)을 사용하였다. 본 연구에 사용한 탄산칼슘 및 H_2SiF_6 의 물리화학적 특성은 <Table 1>과 같다.

시멘트는 국내 S사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC로 표기함)를 사용하였으며 화학조성 및 물리적 특성은 <Table 2>와 같다.

개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 모르타르의 유동성(flow) 및 압축강도 측정은 KS L 5105 “수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법”에 의거하여 측정하였다.

시멘트 페이스트의 응결시간은 KS L 5103 “길모어 침에 의한 시멘트의 응결시간 시험방법”에 따라 측정하였다. 개질 탄산칼슘을 첨가한 시멘트 모르타르를 대상으로 공극충전 효과 및 시멘트 수화 촉진상태를 파악하기 위해 수은압입법(Mercury Intrusion Porosimetry, MIP)에 의해 경화시편의 기공율 및 기공분포를 측정하였다. 시멘트 수화속도에 미치는 개질 탄산칼슘의 영향은 수화후 48시간까지 미소수화열량계를 이용하여 확인하였다.

<Table 1> Physical and chemical properties of ground $CaCO_3$ and H_2SiF_6

Items	Materials	Ground calcium carbonate	H_2SiF_6
Physical property	Mean particle size (μm)	12.6	-
	Appearance	White powder	Transparent liquid
	Specific gravity	2.71	1.22
	Odor	-	Irritating
	pH (20wt% soln.)	-	1.18
Chemical comp.	$CaCO_3$ (%)	≥ 90	-
	MgO_3 (%)	≤ 5	-
	SO_3 (%)	≤ 0.5	
	Al_2O_3 (%)	≤ 1	
	Moisture (%)	≤ 1	
	Content of H_2SiF_6 (%)	-	40
	Pb (%)	-	0.02
	Hg (%)	-	0.02
	HF (%)	-	1.0

<Table 2> Physical and chemical properties of OPC

Chemical comp. (%)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	LOI	F-CaO
	20.6	6.1	3.1	62.4	2.3	2.0	0.14	0.88	1.9	1.4
Physical properties	Specific gravity					Blaine (cm/g)				
	3.15					3.300				

개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 모르타르 시편의 표면조직 및 수화생성물의 확인은 SEM과 XRD를 이용하여 파악하였고, 이를 OPC와 비교하였다. 시멘트 모르타르의 수밀성에 미치는 개질 탄산칼슘의 영향은 KS L 5105의 흡수율 시험을 통하여 평가하였다.

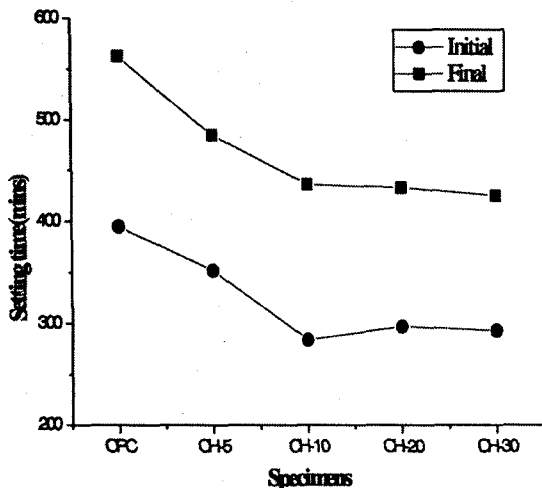
흡수율 시험용 시험체는 성형후 48시간 경과후 탈형하고 그후 재령에 따라 온도 $20 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 80% 이상의 습기함 속에서 양생하였다. 흡수율은 침수후 1, 5, 24시간에서 측정된 결과를 평균치로 표시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시멘트 페이스트의 응결시간

불화물이 시멘트의 응결시간에 미치는 영향에 있어서 수용성 염은 응결시간을 촉진시키나 금속 불화물과 같은 불용성, 난용성 염은 시멘트의 응결시간을 지연시키는 것으로 알려져 있다.

(Fig. 1)은 H_2SiF_6 0.1mole로 처리한 개질 탄산칼슘을 시멘트 대비 5wt%, 10wt%, 20wt%, 30wt%를 치환 첨가하여 시멘트의 응결성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 W/S=30wt%인 시멘트 페이스트의 응결시간을 측정한 결과이다. OPC의 초결 및 종결시간이 각각 400분, 670분으로 나타난 반면 개질 탄산칼슘을 첨가한 시멘트



<Fig. 1> Setting time changes of cement paste by adding of treated CaCO_3

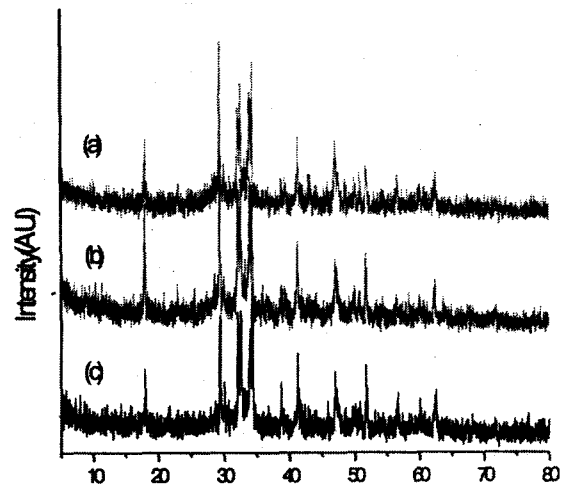
페이스트의 초결시간은 최대 110분, 종결시간은 150분 정도 촉진되는 결과를 나타냈다.

특히 개질 탄산칼슘을 5wt%, 10wt% 치환 첨가한 시멘트 페이스트의 응결시간은 급속히 촉진되었으나, 15wt% 이상 첨가한 시멘트 페이스트의 응결시간은 10wt%와 거의 유사하게 나타났다. 따라서 개질 탄산칼슘이 첨가되면 시멘트의 응결진행 속도가 빨라지며, 시멘트에 대하여 개질 탄산칼슘을 10wt% 첨가하면 OPC에 비하여 초결은 약 2시간, 종결은 약 2시간 30분 정도 촉진되는 것으로 확인되었다.

이와 같이 개질 탄산칼슘이 첨가되었을 때 시멘트의 응결시간이 촉진되는 현상은 개질 탄산칼슘이 시멘트내 칼슘실리케이트의 수화반응을 촉진시켜 OPC보다 C-S-H의 생성을 빠르게 함으로써 시멘트의 응결 → 경화로의 진행시간을 단축시킨 것으로 생각된다. 또한 개질 탄산칼슘내 CaF_2 에 의한 시멘트 급결작용과 시멘트 알카리 성분 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)과 비정질 SiO_2 와의 포졸란 반응이 복합적으로 작용되어 응결시간이 단축된 것으로 판단된다.

3.2 시멘트 수화생성물 변화

(Fig. 2)은 OPC보다 응결이 촉진된 5wt%, 10wt%의 개질 탄산칼슘을 첨가한 재령 1일에서 시멘트 경화체의 수화생성물 변화를 XRD로 관찰한 결과이다. $2\theta = 25 \sim 30^\circ$ 에서의 미수화 칼슘실



<Fig. 2> XRD patterns of hardened cement paste substituted by treated CaCO_3 at 1 curing day. ((a) OPC, (b) 5wt%, (c) 10wt%)

리케이트 외에 이들의 수화에 의해 생성된 17.9°에서 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (portlandite) 결정 피크로부터 개질 탄산칼슘을 시멘트량의 5wt% 첨가한 것이 OPC에 비해 피크 강도가 크게 증가한 것으로 나타났다. 이로부터 개질 탄산칼슘이 시멘트 광물 중 칼슘실리케이트의 수화반응을 촉진시킨다는 것을 알 수 있었다.

그러나 개질 탄산칼슘을 10wt% 첨가한 시멘트 경화체에서는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 피크가 다소 감소되었는데, 이는 칼슘실리케이트의 수화와 함께 개질 탄산칼슘 중 존재하는 비정질 SiO_2 가 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 반응하여 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H gel, $2\theta = 29^\circ$)를 형성시키는 포졸란 반응에 의해 (b)에서 존재하던 것과 달리 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 다량 소비되었기 때문인 것으로 사료된다. 즉, 개질 탄산칼슘을 시멘트에 첨가하면 칼슘실리케이트의 수화가 촉진되면서 C-S-H를 생성하는 반응이 동시에 진행되며, 이러한 작용이 시멘트의 강도 및 수밀성을 증가시킨 한 원인으로 판단된다.

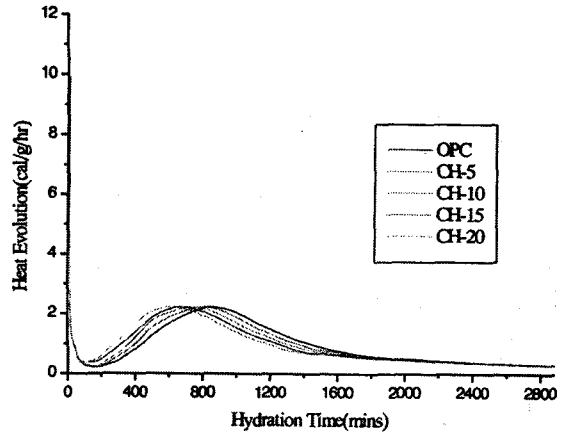
또한 개질 탄산칼슘을 10wt% 첨가한 (c)에서 $2\theta = 22^\circ$ 에서의 모노설페이트가 OPC와 달리 1일 재령에서도 확인되는데, 이는 에트리נג아이트 → 모노설페이트로의 전이속도가 개질 탄산칼슘에 의해 증가된 결과로부터 개질 탄산칼슘의 첨가가 칼슘알루미네이트의 수화반응에도 영향을 미치는 것으로 보인다.

3.3 시멘트 수화속도 변화

〈Fig. 3〉은 개질 탄산칼슘을 5wt%, 10wt%, 15wt%, 20wt% 첨가한 시멘트의 수화발열 속도 변화를 OPC와 비교한 것이다. 개질 탄산칼슘의 첨가량 증가에 따라 칼슘실리케이트(C_3S)의 수화에 의한 제2발열 피크의 정점이 빨라지는 경향을 나타내고 있다.

즉 OPC의 칼슘실리케이트에 의한 최대 수화발열량이 수화시간 840분 부근에서 형성된 반면 개질 탄산칼슘을 5wt% 첨가하면 60분, 10wt% 첨가시 120분, 15wt% 첨가시 180분, 20wt% 첨가한 시멘트의 수화발열량은 약 600분에서 최대발열 피크를 나타내어 개질 탄산칼슘의 첨가량 증가에 따라 칼슘실리케이트의 수화반응이 거의 선형적으로 촉진됨을 알 수 있었다.

따라서 H_2SiF_6 로 표면개질된 탄산칼슘을 첨가



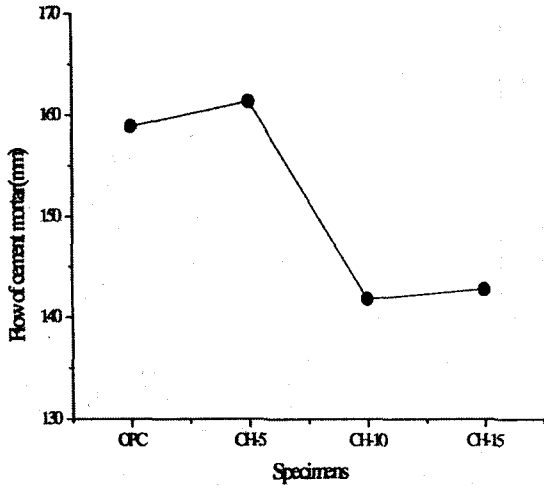
〈Fig. 3〉 Heat evolution curves of cement added treated CaCO_3 (CH-5 : 5wt%, CH-10 : 10wt%, CH-15 : 15wt%, CH-20 : 20wt%)

하면 첨가량 5~20wt% 범위에서 최소 60분에서 최대 240분까지 칼슘실리케이트의 수화반응을 촉진시킬 수 있었다. 이는 앞서 설명한 개질 탄산칼슘의 첨가가 시멘트 광물중 칼슘실리케이트의 수화반응 촉진에 기여하는 근거로 볼 수 있으며, 이러한 칼슘실리케이트의 수화반응 촉진현상은 개질 탄산칼슘의 표면에 존재하는 비정질 SiO_2 에 의한 포졸란 반응의 촉진 및 CaF_2 에 의한 급결 효과 때문인 것으로 판단된다.

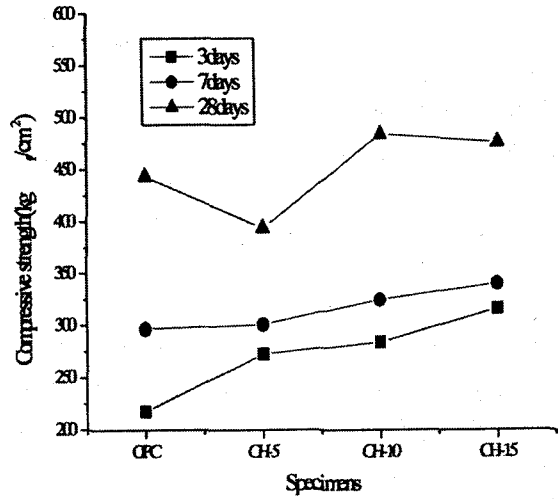
3.4 시멘트 모르타르의 유동성 및 압축강도

H_2SiF_6 로 처리한 개질 탄산칼슘을 모래의 5wt%, 10wt%, 15wt%씩 치환·첨가한 시멘트 모르타르의 유동성을 측정하고, 이를 OPC와 비교한 결과를 〈Fig. 4〉에 나타내었다. 5wt% 치환한 CH-5는 유동성이 약간 증가하였으나 10wt%를 치환한 CH-10은 OPC보다 약 11% 감소하였고, 15wt%를 치환한 CH-15는 CH-10과 비슷하였다. 이는 동일 수량에 대하여 개질 탄산칼슘으로 치환된 모래의 낮은 흡수율($\geq 3\%$)에 비하여 개질 탄산칼슘의 흡수성이 높기 때문에 시멘트 모르타르의 유동성이 저하된 것으로 판단된다.

본 연구에서는 개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 모르타르의 초기 유동성 저하를 억제하고 안정적인 장기강도를 확보하기 위해 플라이 애쉬, 슬래그와 같은 포졸란 광물을 적용하였다. 특히 플라이 애쉬는 다공성의 cenosphere인 경우 흡수성이 높아 유동성을 저하시키나 높은 구형도(spher-



<Fig. 4> Flow changes of cement mortar be adding of treated CaCO₃



<Fig. 5> Compressive strength changes of cement mortar by adding of treated CaCO₃ at curing 3, 7, 28days

reity)를 지닌 구형입자는 ball-bearing 작용에 의해 유동성을 향상시키는 것으로 알려져 있다.

<Fig. 5>는 개질 탄산칼슘으로 모래의 5wt%, 10wt%, 15wt%를 치환·첨가한 시멘트 모르타르 (W/C=48.5%)의 각 재령별 압축강도 변화를 나타낸 것이다. 이때 시멘트 모르타르의 배합은 KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 따라 시멘트:모래:혼합수 = 1:2.45:0.485의 비율로 배합하였다.

모든 시편에서 재령 3일에서의 초기강도가 OPC보다 증가되었고, 5wt%를 첨가한 것을 제외하고는 28일 강도에서도 OPC보다 증가하였다. 10wt%를 첨가한 경화체의 압축강도는 OPC보다 3일 강도는 30%, 7일 강도는 9%, 28일 강도는 9%씩 각각 증가하였으나 장기재령으로 갈수록 압축강도의 증진율은 다소 둔화되는 경향을 보였다. 15wt% 첨가한 것은 10wt%를 첨가한 경화체와 비슷한 경향을 보이거나 28일 강도는 오히려 약간 감소하였다. 개질 탄산칼슘의 첨가에 의한 재령 3, 7일에서의 초기 압축강도 증진은 개질 탄산칼슘내 CaF₂ 및 비정질 SiO₂가 시멘트 수화물내의 미세한 공극을 충전하는 효과와 함께 비정질 SiO₂와 칼슘실리케이트 수화에 의해 생성된 Ca(OH)₂와의 포졸란 반응에 의해 C-S-H 겔의 생성을 촉진시킨 결과 초기 압축강도를 증진시킨 것으로 판단된다.

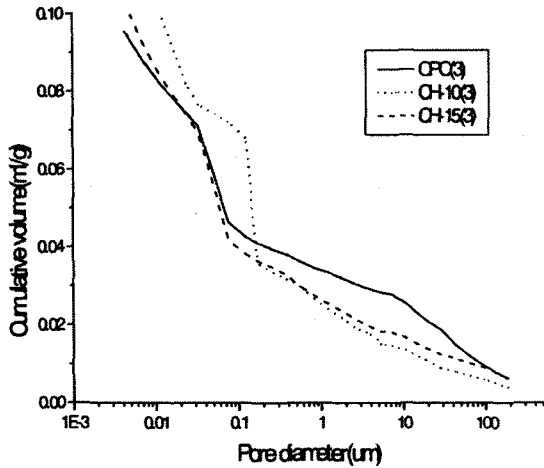
한편 개질 탄산칼슘을 첨가한 시멘트의 응결이

촉진되고 초기 재령에서 압축강도가 향상되는 현상은 Uchikawa 등이 CaF₂를 함유한 수경성 광물인 칼슘플루오르 알루미늄에이트(11CaO·7Al₂O₃·CaF₂)가 수화 초기부터 칼슘알루미늄에이트의 수화를 촉진시킨 결과 cubic 결정형태인 C₃AH₆로의 전이를 단축시켜 초기강도가 상승된다고 설명한 것에 의해서도 설명될 수 있다.

그러나 장기재령에서 압축강도가 저하하는 것은 개질 탄산칼슘내 미반응 탄산칼슘의 첨가로 장기재령에서 모노설페이트(C₃A·CaSO₄·12H₂O)와 탄산칼슘이 서서히 반응하여 모노카보네이트가 생성된다.

이때 모노설페이트→모노카보네이트 과정에서 SO₄²⁻이 방출되어 미수화 C₃A와 반응하므로 경화 후에 에트링가이트(3C₃A·3CaSO₄·32H₂O)가 시멘트 수화생성물로 재차 생성되면 경화체의 팽창 균열을 발생시켜 장기강도에 불리한 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

이는 Daimon 등이 탄산칼슘의 첨가는 C₃A의 수화종료 후에도 CaCO₃와 모노설페이트가 잔존하고, 이들의 반응에 의해 모노카보네이트(C₃A·CaCO₃·12H₂O)와 같은 수화물의 생성에 의해 SO₄²⁻가 방출된 결과 수화 후기에 다시 에트링가이트의 생성량이 증가된다고 보고한 Delayed Ettringite Formation 이론과 일치하는 것으로 나타났다.



<Fig. 6> Pore size distribution of cement mortar specimen cured for 3 days (OPC : 0wt%, CH-10 : 10wt%, CH-15 : 15wt%)

3.5 시멘트 경화체의 기공분포 변화

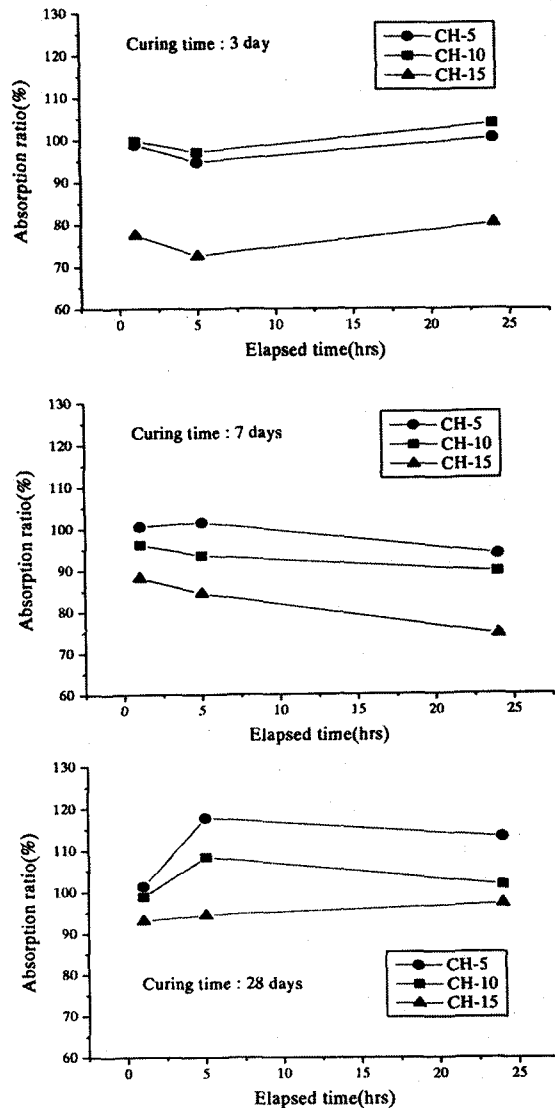
<Fig. 6>은 재령 3일에서 OPC와 개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 모르타르 경화시편의 기공크기별 누적부피의 관계로부터 기공크기 분포를 나타낸 것이다. 10 μm 이상의 거대 기공량이 개질 탄산칼슘을 10wt% 첨가한 경화시편보다 OPC가 약 1.5~2배 정도 많은 것으로 관찰되었다.

즉 개질 탄산칼슘의 첨가가 경화체내의 거대 공극을 충전하여 이들 상당량이 1 μm 미만의 미세기공으로 전이됨으로써 OPC보다 거대 기공량이 크게 감소되는 결과를 나타내었다. 또한 시멘트 광물중 개질 탄산칼슘에 의한 칼슘실리케이트의 수화촉진으로 경화체내 C-S-H 겔을 조기에 형성시킴으로써 강도 및 수밀성을 증대시키는 원인이 될 수 있다.

그러나 개질 탄산칼슘을 15wt% 첨가한 것은 10wt% 첨가한 것에 비해 거대 기공량이 다소 증가되었는데, 이는 강한 산성의 미반응 불소이온이 개질 탄산칼슘에 잔존하고, 이들이 과량으로 첨가되었을 때에는 시멘트의 중성화 작용으로 개질 탄산칼슘에 의한 칼슘실리케이트의 초기 수화반응이 저해받을 수 있기 때문이다. 따라서 개질 탄산칼슘을 10wt% 이상으로 과량 첨가하면 시멘트 경화체의 수밀성이 오히려 저하될 수 있음을 알 수 있었다.

3.6 시멘트 모르타르의 흡수율 변화

<Fig. 7>은 개질 탄산칼슘을 시멘트량 기준으로 5wt%, 10wt%, 15wt% 첨가한 후 재령 3, 7, 28 일에서 시멘트 모르타르의 시간별 흡수율 변화를 측정한 결과이다. 재령 3일에서 개질 탄산칼슘의 첨가량이 많을수록 흡수율은 감소하는 경향을 보이며, 경과시간에 따라서는 5시간에서 흡수율이 가장 낮았으나, 두드러진 차이는 보이지 않았다. 이중 15wt%를 첨가한 것은 경과시간에 관계없이 OPC의 70~75%에 해당하는 흡수율을 보여, 시멘트에 개질 탄산칼슘을 10wt% 첨가하면 초기 재령에서 OPC보다 높은 수밀성을 나타내었다. 그러나 재령 경과와 함께 흡수율이 점점 높아



<Fig. 7> Absorption ratio changes of cement mortar by adding of treated CaCO_3

지는 경향을 보여 재령 7일에서는 CH-15를 제외한 모든 시료에서 OPC와 거의 유사한 흡수율을 나타냈으며 재령 28일에서는 OPC보다 높은 흡수율을 보였다. 이러한 현상은 초기 재령에서는 개질 탄산칼슘내 CaF_2 및 SiO_2 미립자에 의한 공극충전과 시멘트 수화촉진에 따른 침상형(needle-like)의 에트링가이트 결정이 시멘트 간극을 충전하고, 자유수를 결정수로 전이시키는 효과에 의해 흡수율이 저하되는 현상을 나타낸다.

장기재령에서는 개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 모르타르내에 미반응 탄산칼슘과 C_3A 혹은 모노설페이트와의 반응으로 모노카보네이트가 생성되게 된다. 이때 SO_4^{2-} 의 방출로 팽창성 에트링가이트가 재차 생성되어 경화후 팽창성 균열에 의한 모세관 공극의 형성으로 흡수율이 다소 상승된 것으로 판단된다. 이러한 현상은 전술한 Delayed Ettringite Formation 이론에 의해서도 설명될 수 있다. 그러나 슬래그, 플라이 애쉬 등의 광물계 혼화재를 개질 탄산칼슘과 혼합하여 첨가하면 C-S-H 겔의 생성이 촉진되는 포졸란 효과에 의해 경화체의 수밀성이 향상됨으로써 장기재령에서 개질 탄산칼슘 단독 첨가에 따른 흡수율 증가를 억제하고, 안정한 장기강도를 확보하는데도 효과적이라 생각된다.

4. 결 론

탄산칼슘을 H_2SiF_6 수용액으로 표면처리한 개질 탄산칼슘을 시멘트용 첨가제로 활용하고자 시멘트 페이스트 및 모르타르에 적용하여 관찰된 결과를 요약하면 다음과 같다.

개질 탄산칼슘을 시멘트 페이스트에 첨가하면 OPC보다 응결시간이 촉진되었으며, 특히, 개질 탄산칼슘 10wt% 첨가에 의해 초결이 최대 110분, 종결이 최대 150분 촉진되는 경향을 보였다. 또한 개질 탄산칼슘을 첨가한 시멘트 모르타르의 압축강도는 OPC보다 초기 재령에서 최소 9%에서 최대 70%까지 향상되는 경향을 보였다. 이와 같이 응결시간이 촉진되고 초기 압축강도가 증진되는 경향은 개질 탄산칼슘의 첨가가 시멘트 클링커 광물중 칼슘실리케이트의 수화반응을 촉진시키기 때문이다. 이는 개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 수화물의 XRD 결과와 미소수화발열 결과로

부터 개질 탄산칼슘의 첨가가 시멘트 광물중 칼슘실리케이트의 수화반응을 촉진시키는 효과에 의해 확인할 수 있었다. 시간에 따른 시멘트 모르타르의 흡수율 변화에서 개질 탄산칼슘을 15wt% 첨가하면 초기 재령에서 OPC보다 약 20~25% 흡수율이 감소되는 경향을 보였다. 이러한 경향은 개질 탄산칼슘이 첨가된 시멘트 모르타르의 기공분포 변화에서 $1.0\mu\text{m}$ 이상의 거대 기공량이 OPC보다 감소된 결과로부터 확인할 수 있었다.

<참 고 문 헌>

1. I. Odler and R. Wonnemann, "Effect of Alkali Sulfates on the Properties of Cement and Concrete, World Cement, Nov. pp. 325~330 (1993).
2. Y. Kimura, S. Ohtake and Y. Kobayashi, "Influence of Calcium Carbonate Filler on Resin Mortar for Tunnel Construction", Jpn. J. Appl. Phys, pp. 393~395 (1995).
3. A. K. Gupta, "Cement Based Waterproofing Treatment : Failures and Remedies", Indian Concrete Journal, p. 162 (1986).
4. D. S. Kim, S. M. Kim, B. K. Lee and J. S. Rho, "Physical Waterproof Properties of Mortar using Cement Sludge Treated with H_2SiF_6 ", Proceeding of the Korea Concrete Institute, Vol. 10, No. 2, p. 76 (1998).
5. D. C. Hughes, "Pore Structure and Permeability of Hardened Cement Paste", Magazine of Concrete Research, Vol. 37, No. 133 (1985).
6. H. Daimon et al, "Properties and Its Application of Calcium Carbonate Particles, Concrete Engineering, Vol. 36, No. 6, pp. 8~9 (1998).
7. W. Buchner, R. Schliebs, G. Winter and K. H. Buchel, "Industrial Inorganic Chemistry", pp. 139~140 (1988).
8. H. F. W Taylor : Cement Chemistry, Academic Press, pp. (1990).
9. V. S. Ramachandrah, "Properties Science and Technology", 2nd Concrete Admixture Handbook, p. 147, 664 (1995).