토목 · 건축분야의 고분자계 분산제와 콘크리트의 유동특성

이 종 열 (쌍용기술연구소 소장)
엄 태 선 (콘크리트연구실 실장(공박)
정 연 식 (콘크리트연구실 책임(공박)

1. 개 요

일상생활 중에서 커피를 탄다라고 하는 것은 커피입자를 물(매질)속에 분산시키는 작업이다. 이와 같이 액체(매질)내에 입자를 분산시킨 계를 분산계라고 한다. 매질로는 기체, 액체, 고체의 경우가 각각 존재한다. 기체 분산계는 환경문제가 되고 있는 대기오염입자의 비산 등을 들을 수 있고, 또한 고체 분산계는 액체 분산계로 조정된 후에 고화되는 경우도 있다. 예를 들어, 시멘트입자를 물속에 분산 시킨 액체 분산계가 수화반응으로 굳어지면서 고체 분산계로 되는 것이다.

액체 분산계는 레올로지(유동특성)과 깊은 관련이 있다. 레올로지는 물질의 변형에 관한 과학이다. 변형이 시간과 함께 증가하는 것이 유동이고 변형에 대해 복원력이 운동상태를 나타내는 물질이 액체인 것이다.

한편 콘크리트는 물, 시멘트, 잔골재, 굵은 골재, 시멘트 분산제가 혼합된 것이다. 즉 고체입자가 액체(매질)내에 존재하는 액체 분산계로 유동 유체로 생각할 수 있다.

콘크리트 작업에서 매우 중요한 부분을 자치하고 있는 것은 작업성의 제어이다. 작업성은 재료분리, 운반, 타설, 다짐, 마무리 등의 작업의 용이성 정도를 표현하는 것이다. 이러한 작업성은 「적합, 부적합」, 「질다, 되다」등의 정성적 표현 방식이 주로 사용되어져 왔다. 그러나 시멘트 분산제의 사용량 증가와 함께 기술적인 발전으로 작업성 지표가 되는 절대 표현이 가능한 작업성을 정의할 필요가 있다. 콘크리트이 유동특성을 물리적 특성(레올로지적 정수)로 표현한다면, 특히 시멘트 분산제를 첨가한 콘크리트의 유동특성 해석이 가능해질 것이다.

이와 같이 분산제와 레올로지 특성은 콘크리트 재료에서 매우 중요한 부분을 자치하고 있으며, 특히 고유동, 고강도화가 진행될수록 분산제와 콘크리트 재료간의 적합성 문제가 발생, 콘크리트의 작업성에 중대한 영향을 미친다.

따라서, 본 고에서는 최근 조종 발생하는

분산제와 콘크리트 재료간의 적합성 문제를 분산제 즉, 고성능AE감수제의 분자 구조와 콘크리트 재료사이에 일어나는 적합성에 대해 최근의 연구 성과들을 중심으로 기술하고자 한다.

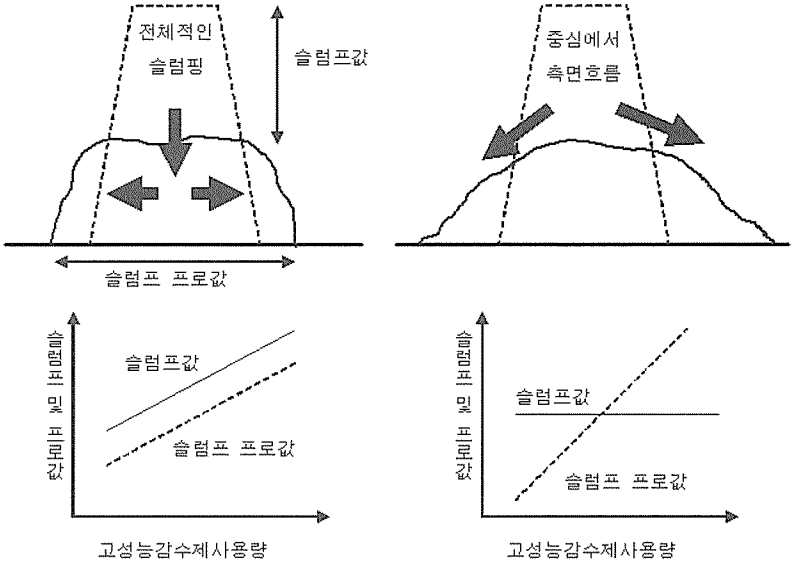
2. 분산제의 정의

분산제라고 하는 것은 일반적으로 분산작용이 요구되는 용도에 사용되는 계면활성제의 총칭이고, 액체 분산계에서는 고체-액체 계면의 성질을 변화시켜 나타나는 분산효과를 주는 것이 분산제인 것이다. 예를 들어, 도료나 잉크관계의 안료 분산제, 펄프관계의 피치 분산제, 섬유 관계의 염료 분산제외에 습윤제, 유화제, 침투제도 넓은 의미에서는 분산제의 일종이다. 일본의 경우, 토목 · 건축 분야에서 이용되고 있는 시멘트 콘크리트용 감수제는 일본에서 제조되고 있는 계면활성제량 약 110만톤(일본계면활성제협회 자료)중에서 약 20만톤의 계면활성제가 토목 · 건축 분야에 이용되고 있다.

3. 콘크리트의 레올로지(유동특성)

일반적인 레올로지 특성은 회전식 점도계를 이용 유동 곡선(전단응력과 전단 속도와의 관계)측정한다. 현실적으로 콘크리트를 회전식 점도계로 측정하는 데에는 무리가 있어 여러 종류의 점도계가 제안되고(점도계 개발 자체가 연구과제), 평가에 이용되고 있다.

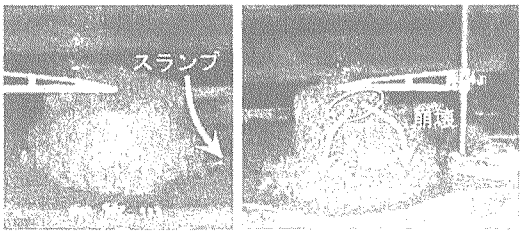
따라서 현실적으로 콘크리트의 유동성은 슬럼프 또는 슬럼프 프로라고 하는 특성값으로 평가하고 있다. [그림 1]은 콘크리트의 슬



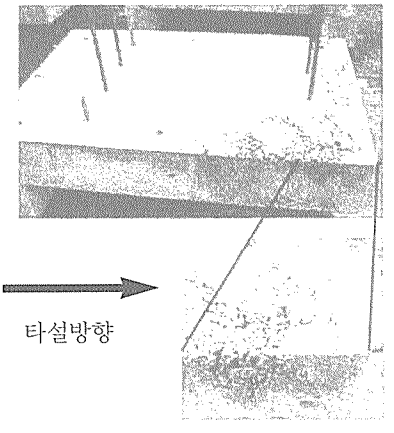
[그림 1] 고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 슬럼프 거동

럼프 상황을 개념적으로 표시한 것이고 그림 2는 실제 슬럼프 시험 상황이다. 콘크리트에는 고성능AE감수제라는 시멘트 분산제가 사용된다. 고성능AE감수제는 시멘트를 분산시켜, 시멘트 페이스트를 고유동화시킴으로 모르타르부분이 고유동화 하고, 그 결과 굵은 골재의 이동도 쉽게 되어 콘크리트 전체의 유동성이 높아진다. 그러나 콘크리트내의 시멘트 페이스트량이 상대적으로 적은 경우에는 페이스트 부분을 고유동화해도 굵은 골재는 유동하지 못하고 콘크리트의 슬럼프가 상부에서 붕괴하는 것 같은 상태가 나타난다.

모르타르을 연속상, 굵은 골재를 분산상으로 하는 콘크리트의 거동이 일체성을 읽어버



[그림 2] 콘크리트의 슬럼프 상태



[그림 3] 타설 콘크리트의 충전불량 부위

리는 것이다. 이와 같은 콘크리트를 형틀에 충전하면 굵은 골재가 분리되어 충전불량의 포러스한 조직이 발생한다(그림 3참조).

현재는 댐과 포장용을 빼면, 대부분 콘크리트는 펌프압송되어 외부진동기의 진동다짐를 주로 하고 있다. 이와 같은 콘크리트의 시공 방법은 작업성이 중요하다. 콘크리트의 레올로지 측정에서는 수치로 표현할 수 없는 콘크리트의 거동 제어가 현 시공의 과제라고 생각한다.

4. 콘크리트용 화학 혼화제의 종류 및 화학구조

토목 · 건축 분야에서 분산제의 주요 용도는 콘크리트, 모르타르, 시멘트 페이스트에 사용되는 시멘트 입자 등의 무기 미분체를 수중에 분산시켜 여분의 물량을 감소시키는 것을 주목적으로 하고 있다.

콘크리트용 화학 혼화제는 콘크리트의 유동성과 작업성, 고강도화, 응결경화 속도 조절, 건조수축 저감, 내구성 개선 등 사용 목적에 맞는 혼화제가 있고 그 종류도 다양하다. 이러한 콘크리트용 화학 혼화제중에서도 분산제의 범위에 있는 것은 감수제, AE감수제, 고성능AE감수제 등이 있다. 이중에서도 최근 각광을 받고 있는 것이 PC계 고성능감수제이다.

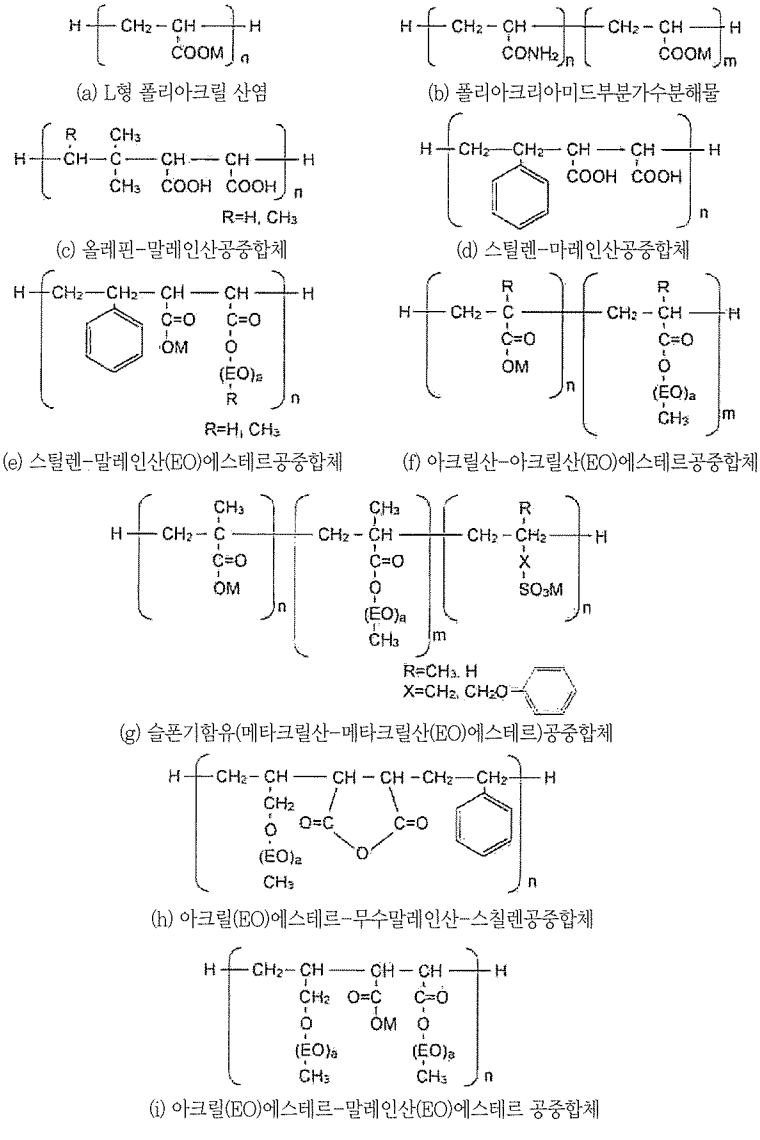
현재 국내외에 시판되고 있는 PC계 고성능 감수제의 주성분 추정화학구조를 [그림4]에 나타내었다.

5. 콘크리트의 레올로지특성

5-1 슬럼프와 분체량

슬럼프는 콘크리트의 레올로지 특성을 표

현하는 공학적 지표이지만, 유동성 외에 슬럼프 형태로부터 콘크리트의 작업성을 판단할 수 있다. 슬럼프와 분체량과 관련된 거동은 콘크리트를 구성하고 있는 입자의 특성에 기인한다고 볼 수 있다. 콘크리트는 연속상인 물, 0.1~100㎛ 정도의 입자로 구성된 시멘트, 0.1~5mm 정도의 잔골재, 1~2㎝ 정도의 굵은 골재로 구성되어 있다. 콘크리트의 슬럼프 및 시공시의 충전에 중요한 것은 굵은 골재의 유동이다.



[그림 4] 각종 폴리카르본산계 분산제의 (추정)화학구조식

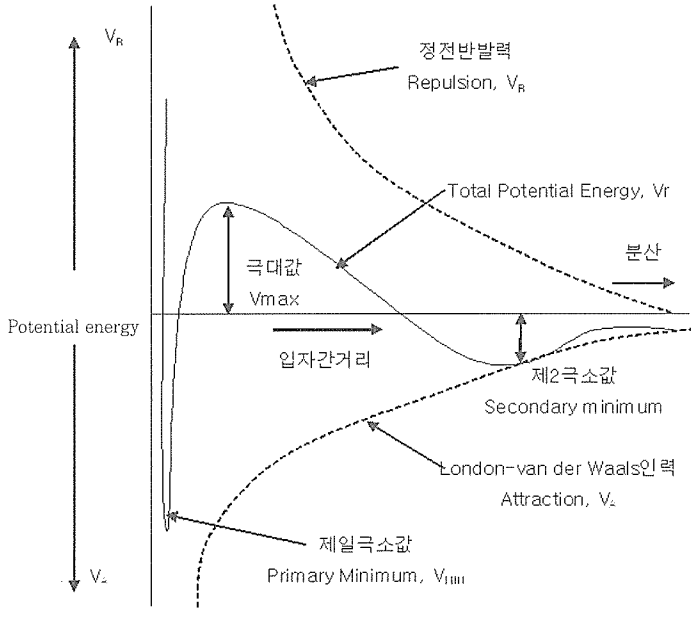
굵은 골재 주위의 시멘트 페이스트가 부족한 경우는 굵은 골재끼리의 상호 작용으로 다리러턴시 유동특성이 되고 굵은 골재는 유동하기 어려운 상태가 된다. 이러한 조건하에서 시멘트 페이스트의 유동성이 높아지면, 굵은 골재와 시멘트 페이스트의 부착력이 작아져 굵은 골재의 유동이 어려워져 슬럼프 시험에서는 콘크리트가 붕괴되는 것 같은 변형이 일어난다(그림 2 참조). 이와 같은 조건에서 시멘트 페이스트의 유동성을 하향 조정함으로서 굵은 골재와 시멘트 페이스트의 부착력이 강하게 되고 그 결과 굵은 골재의 유동이 촉진되어 슬럼프가 높아진다.

따라서 분체량과 슬럼프는 시멘트 페이스트의 레올로지 특성과 매우 깊은 관계가 있고 분체량과 점성의 관점에서 콘크리트의 레올로지 특성을 평가하여 경제적이고 물리적으로 안정된 콘크리트를 제조할 필요가 있다.

6. 시멘트의 분산이론

DLVO이론은 정전반발력에 의한 입자의 분산에 관한 이론이고, BNS, MS계의 분산메카니즘은 이 이론으로 설명할 수 있다. [그림 5]와 같이, 입자의 분산안정성은 2개의 입자가 근접하여 생기는 정전반발력과 van der waals 인력의 합인 전포텐셜에너지곡선에 따라 결정된다. 즉 이 곡선이 에너지 장벽의 극대값을 갖을 때, 두입자가 분산되고 이 극대값이 클수록 분산 안정성은 향상된다. 그 극대값의 크기는 입자의 제타전위와 상관관계가 있다고 보고되고 있다.

[그림 6]과 같이 PC을 이용한 경우에는 BNS의 경우와 비교하면 시멘트 입자 표면의 제타전위는 낮음에도 불구하고, 높은 분산성을 나타낸다. 그 작용기구는 상기 DLVO이론



[그림 5] DLVO이론의 포텐셜에너지 곡선

만으로는 설명이 불가능하다.

PC는 시멘트에 대해 정전반발력 외에 흡착한 고분자층에 따른 입체적 효과에 따라 분산 안정화가 이루어진다고 추정되고 있다.

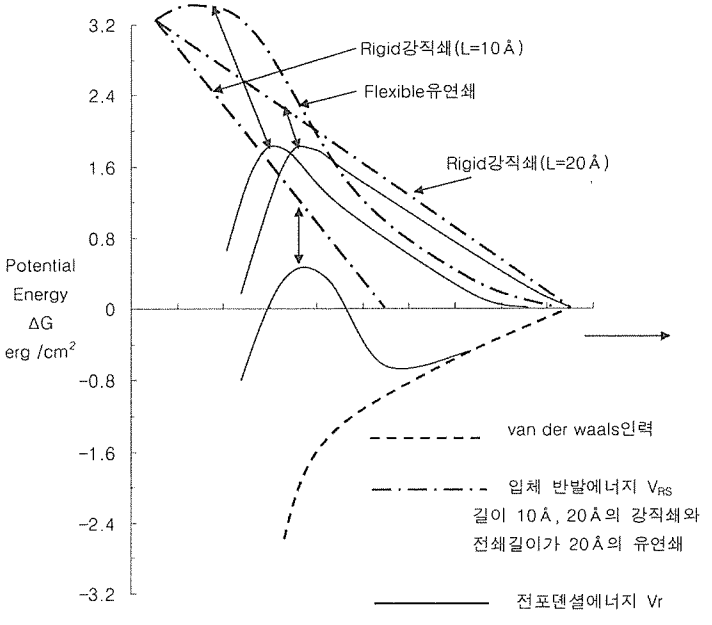
Uchikawa 등은 원자간력 현미경으로 클링커 표면의 상호 작용을 측정하여, PC을 이용한 경우에서는 클링커 표면의 제타 전위에서 계산된 전기적 반발력이 작용하는 범위보다도 입자 표면에서 멀리 떨어진 곳부터 계산된 값보다도 강한 반발력이 작용하고 있는 것을 입증, 입체 반발력의 존재를 실증했다.

최근에는 입체 반발력만으로는 설명할 수 없는 경우도 보고되고 있어, 미흡착 고분자에 의한 분산 응집 작용을 정의한 Depletion(고갈)이론과 마찰、윤활에 관한 이론 tribology 이론 또는 Tom's효과 이론도 PC의 유동성 개선 기구로서 고려해야 할 필요가 있다.

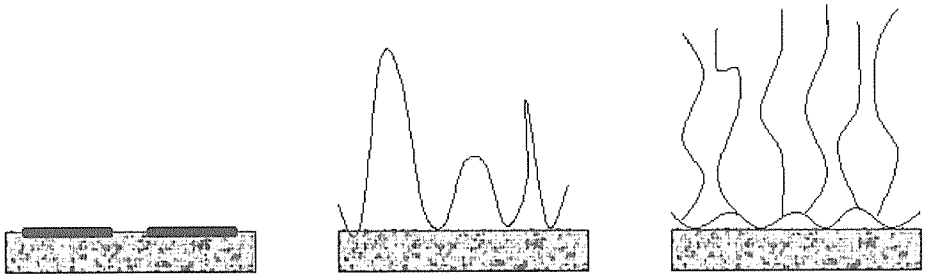
입체적효과는 Mackor의 엔트로피 효과 이론에 따라 설명할 수 있다.입체적 효과에 의한 반발력(VRS)는 [그림 7]과 같이 계면활성제의 구조와 흡착형태 또는 흡착층의 두께 등에 따라 엔트로피 효과로 계산된 값이고, 입체적 효과에 따라 분산 안정성이 유지된다. 또한 Fisher은 이 이론을 침투압이론으로 설명하고 있다.

시멘트에 대한 PC의 입체적 효과에 따른 분산안정화가 제안된 이후, PC의 분산작용 효과에 관한 이론적, 실험적 연구가 이루어지고 있다.

Sakai 등은 에칠렌옥사이드 측쇄를 갖는 PC에 관해 정전반발력과 측쇄에 의한 입체 반발력을 계산한 결과에서 PC는 정전반발력만으로 분산 안정화보다 입체 반발력의 분산 안정화가 지배적으로 작용한다고 설명하였다



[그림 6] 입체적효과에 따른 포텐셜에너지 곡선



(a)장직쇄의 옆으로 누운 흡착 형태, (b)loop, train, tail model
(c)그래프트공중합체 잇빨형 흡착

[그림 7] 고분자쇄의 흡착 형태

6-1 계면활성제의 흡착형태

폴리카르본산계 분산제는 [그림 4]와 같이 다양한 화합물의 총칭으로 화학구조에 따라 효과가 달라지지만, 에칠렌옥사이드의 그래프트 측쇄를 갖는 빗형 폴리머가 주류를 이루고 있다.

빗형 폴리머에 대해서는 Sakai 등이 계산하여 측쇄가 길수록 입체 반발력이 강하다고 보고하였다. Nakamura, Gokawa 등은 측쇄가 길수록, 주쇄가 짧을수록, 흡착한 분산제의 분산효과는 높다고 보고하였다. Yamada 등은 [그림 4], (g)형태의 폴리머에 대해 낮은 물시멘트비에서는 측쇄 길이가 길수록 주쇄의 길이가 길수록 고분산성을 나타낸다고 결론지었다. Nawa 등은 [그림 4],(g,i)형태의 폴리머에 대해, 분산성에 대한 측쇄 길이의 영향은 주쇄 폴리머의 종류에 의해 영향을 받고, 말레인산계(i)에선느 측쇄길이가 길수록 분산성이 저하하고, 역으로 메타크릴산계(g)에서는 측쇄가 길수록 분산성이 증대한다고 설명하였다.

화학 구조와 고분산성, 분산유지성 관계를

[표 1] 화학구조와 분산성, 분산유지성 관계

구분	주쇄길이	측쇄길이	측쇄밀도
저분산성	길음	짧음	좁음
고분산성 저분산유지성	짧음	길음	넓음
고분산유지성	매우짧음	길음	좁음

[표 1]에 나타내었다. 고분산성을 발휘하기 위해서의 분자구조는 측쇄는 길고, 측쇄 간격은 넓고 주쇄길이는 짧은 것이 필요하다. 분산유지성을 높이기 위해서는 측쇄 간격을 좁게 할 필요가 있다. 이와 같은 것은 단순히 측쇄 길이 및 간격 뿐만 아니라, 분자 전체의 균형이 중요하다라는 것을 증명하는 것이다.

6-2 PC계 분산제의 분자크기와 흡착점수

대표적인 PC분자의 크기를 화학구조와 분자량으로부터 계산결과 [그림 8]과 같이 폴리머가 늘어난 상태에서는 대략 주쇄 방향으로 20nm, 측쇄 방향으로 7nm이다.

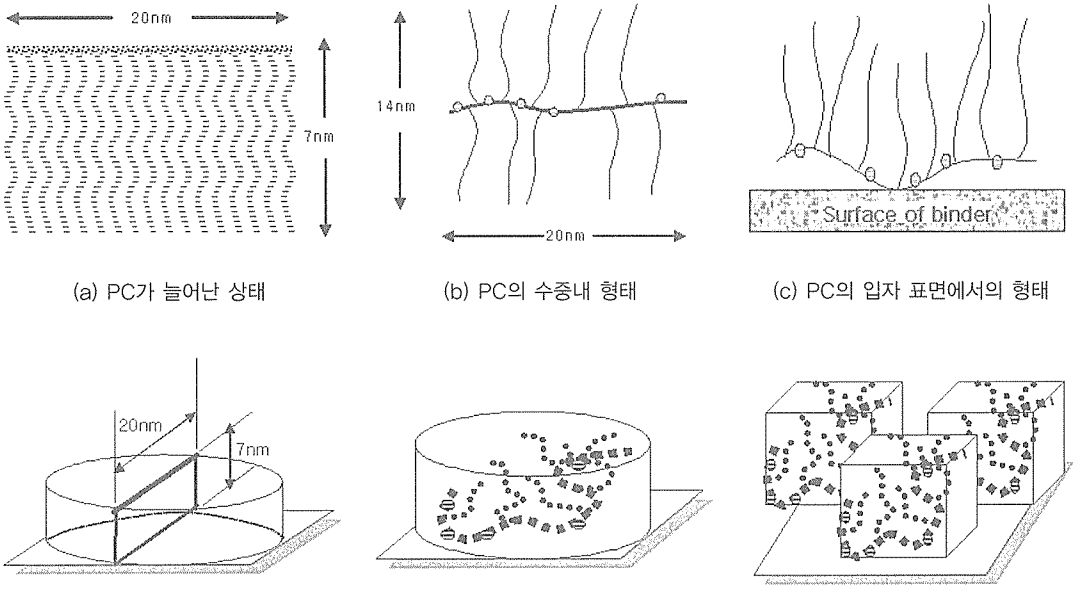
또한 단위 표면적당 흡착량과 분산제의 분자량으로부터 단위면적당 분산제의 흡착갯수를 계산한 결과를 [표 2]에 나타내었다.

결합재의 표면적 100nm^2 당 흡착하고 있는 분산제의 개수는 결합재의 종류에 따라 달라지고 시멘트의 경우, 2.2~2.3개로 가장 많고, 다음으로 고로 슬래그 미분말의 경우, 1.2~1.9개이고, 가장 적은 것은 석회석 미분말로 0.8~1.2개이다.

분자 크기로부터 추정한 흡착갯수는 약 400nm^{2}에 1개, 즉 100nm^2 당 0.25개이고 이 추정보다도 많이 흡착한다.

[표 2] 표면적과 흡착량 및 흡착분자수

결합재		비표면적		흡착량		흡착갯수 (N/100nm^2)
		블레인 (cm^2/g)	BET법 (m^2/g)	단위질량당 (mg/g)	단위표면적당 (mg/m^2)	
시멘트	보통A	3250	0.715	0.84	1.17	2.71
	보통B	2920	0.695	0.96	1.39	3.2
	조강	3460	0.772	0.95	1.23	2.84
	중용열	2770	0.817	0.77	0.94	2.17
	저열	3150	0.715	0.49	0.68	1.58
고로슬래그 미분말	BF4000	4110	0.868	0.70	0.81	1.86
	BF6000	5810	1.212	0.84	0.69	1.6
	BF8000	7960	1.729	1.09	0.63	1.46
	BF10000	9800	2.368	1.25	0.53	1.22
석회석 미분말	LS3500	3480	0.876	0.32	0.37	0.84
	LS4700	4730	1.029	0.38	0.37	0.85
	LS8900	8380	1.868	0.95	0.51	1.17
	LS11000	10970	2.451	0.91	0.37	0.86
	LS20000	18180	4.061	1.92	0.47	1.09



(a) PC가 늘어난 상태 (b) PC의 수증내 형태 (c) PC의 입자 표면에서의 형태

(d) PC 열역학적 유효체적 (e) 수축한 PC의 흡착형태 (f) PC의 추정흡착형태

[그림 8] 폴리카르본산계 분산제의 크기와 흡착형태

분산제의 분자가 이 많큼 많이 결합재 입자 표면에 흡착하기 때문에 최대한 신장한 상태에서 주쇄 방향으로 70~50% 정도로 수축한 상태에서 결합재 입자 표면에 흡수하든가(그림 8, e), 폴리머의 엔트로피적 안정 영역내에서도 폴리머 분자가 겹쳐 흡착하고 있는 것으로 추정된다(그림 8, f).

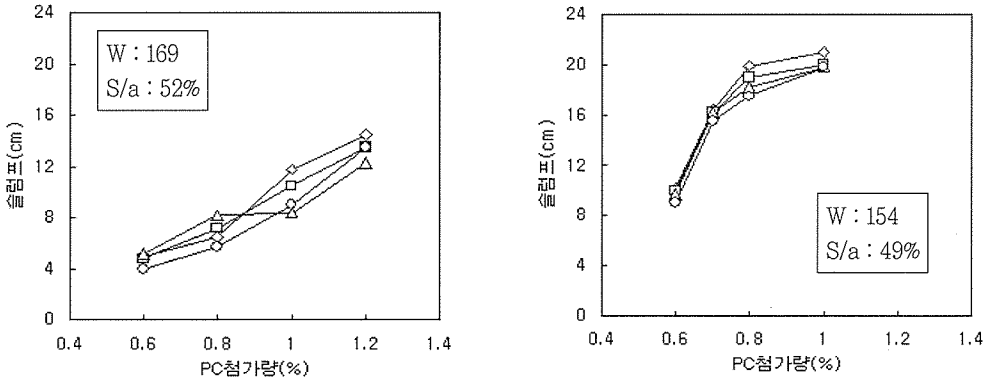
7. 상호적합성 문제

7-1 시멘트와 PC계

고성능AE감수제 개발로 시멘트에 대한 혼합수를 감소시켜도 높은 유동성을 갖는 콘크리트가 제조 가능해 졌다. 이와 같은 물시멘트비 영역에서는 시멘트와 고성능AE감수제의 성능에 따라 콘크리트의 유동성이 달라지는 상성문제가 종종 발생한다.

특히 고유동, 고강도 콘크리트에 사용되는 폴리카르본산계(PC)의 화학성분은 폴리에테르를 측쇄로, 주쇄에 카르복실기가 시멘트의 흡착관능기로 존재하는 빗형태의 고분자이다. 본질적으로는 카르복실기가 시멘트 수화물상의 Ca이온과의 상호작용으로, 시멘트에 흡착하고, 친수성의 폴리에테르 측쇄가 액상측으로 존재하여 시멘트 입자간의 인력을 방해하는 작용으로 입자를 분산시킨다.

[그림 9]에 W/C=0.50조건에서 시멘트의 차이가 콘크리트의 유동성(슬럼프)에 미치는 영향을 나타내었다. 4종류의 시판 OPC이용 콘크리트의 유동성 측정 결과, 슬럼프는 ±2cm의 변동으로 시멘트차가 콘크리트의 유



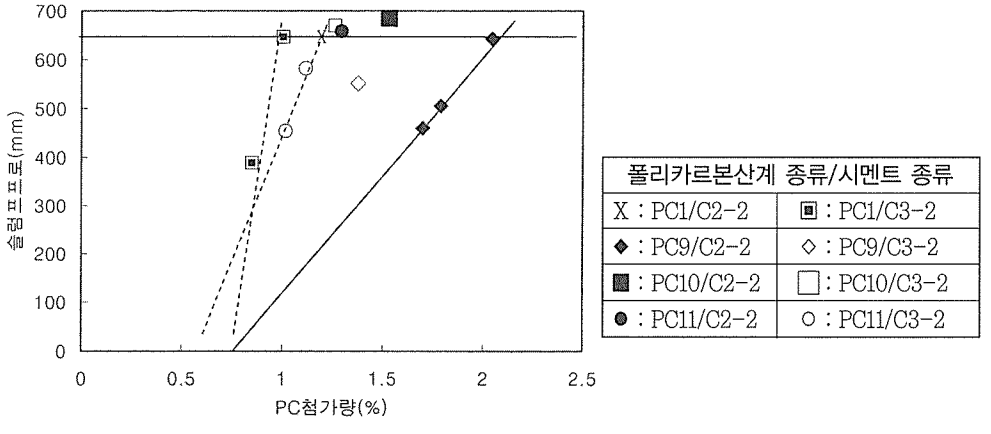
[그림 9] 시멘트 차이가 범용콘크리트의 유동성에 미치는 영향

동성에 미치는 영향은 적다고 말 할 수 있다.

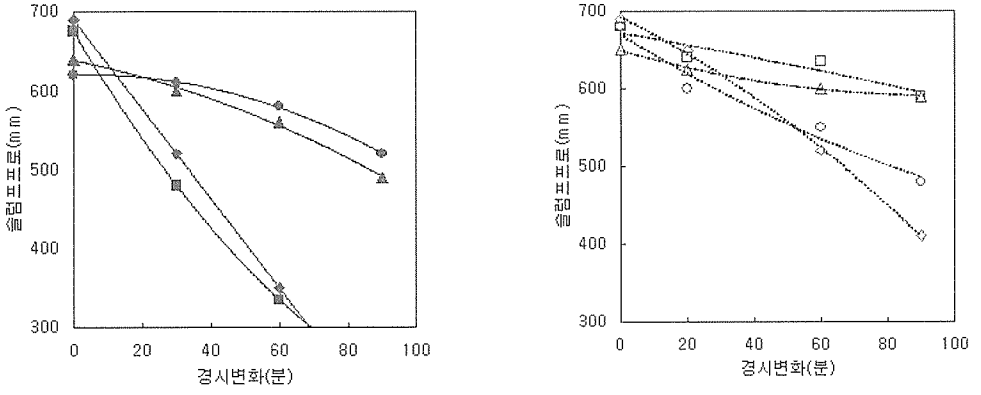
[그림 10]에 W/C=0.37의 콘크리트 배합에서 PC첨가량과 슬럼프 프로와의 관계를 나타내었다. 목표 슬럼프프로를 650mm으로 하고 PC첨가량을 구했다. 또한 [그림 11]에 90분까지의 유동성 경시변화를 나타내었다. 결과에서와 같이 시멘트 및 PC의 차이에 따라 초기 유동성 및 슬럼프 프로, PC 첨가량 등이 각각 다르게 나타나는 것을 알 수 있다.

시멘트 분산제는 수화시멘트 입자 표면에 흡착하고, 수화 시멘트 입자간 상호작용력을 감소시킴으로서 입자의 응집을 방해하여 콘크리트의 유동성을 향상시킨다. 고갈효과 등 미흡착 고분자의 역할도 무시할 수 없는 가능성이 있지만, 시멘트 분산제 흡착이 주요한 시멘트 분산기구라고 생각한다.

시멘트와 시멘트 분산제에는 시멘트 분산제의 흡착에 영향을 주는 두가지 중요한 상호작용이 있다. 시멘트는 물과 혼합 직후, C_3A가 초기수화를 일으킨다.이 반응은 시멘트내



[그림 10] 시멘트와 PC의 차이가 고유동 콘크리트에 미치는 영향

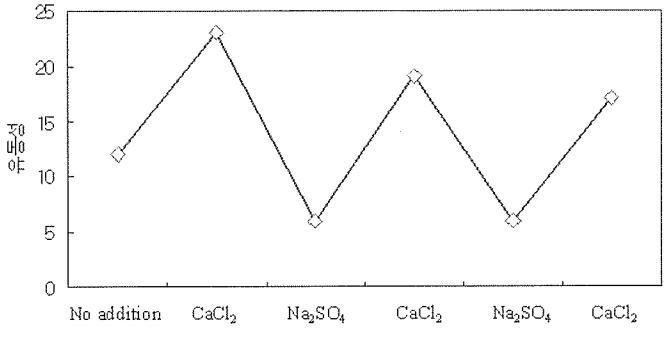


PC종류/시멘트 종류/PC첨가량(%)	
● : PC1 C2-2 1.15	○ : PC1 C3-2 0.9
▲ : PC9 C2-2 2.1	△ : PC9 C3-2 1.4
◆ : PC10 C2-2 1.5	◇ : PC10 C3-2 1.2
■ : PC11 C2-2 1.3	□ : PC11 C3-2 1.05

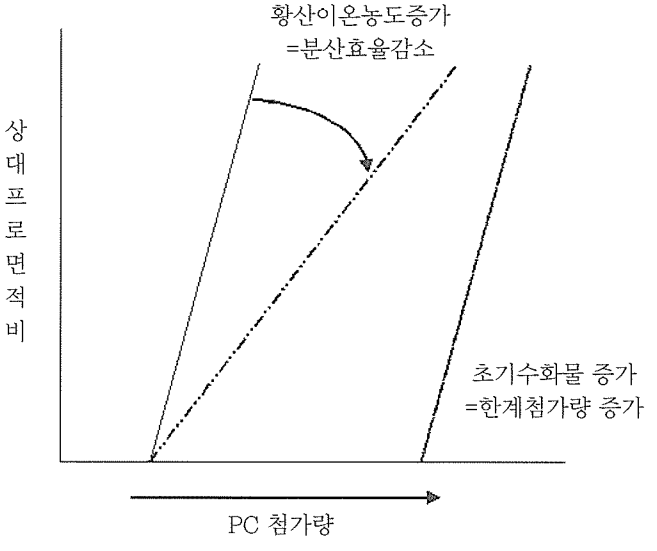
[그림 11] 시멘트와 PC의 차이가 고유동 콘크리트의 슬럼프 프로에 미치는 영향

의 $CaSO_4$의 존재에 따라 AFt 또는 AFm 수화물이 생성하고 수화속도가 혼합 후 수십초 후에는 반응속도는 급속히 저하한다.

이 때 PC내의 카르복실기는 액상내의 Ca 이온을 고정화하는 작용을 가지고 있어 이 영향으로 PC가 다량 존재하면, $CaSO_4$가 용해하여 생기는 황산이온과 Ca이온에 따라 C_3A의 수화억제작용으로 움직이지 못하고 C_3A의 수화에 따라 에트린자이트의 생성량이 증대한다. 미수화의 OPC BET비표면적은 0.8~1.0m^2/g정도이지만, 물과의 혼합직후는 에트린자이트 생성등에 의해 1.0~2.0m^2/g정도까지 증가한다. PC첨가는 PC가 분산시킨 고상을 증가시키는 작용도 있기 때문이다.



[그림 12] PC의 시멘트 분산 효과에 미치는 가용성염의 영향



[그림 13] PC와 시멘트와의 작용기구 개념도

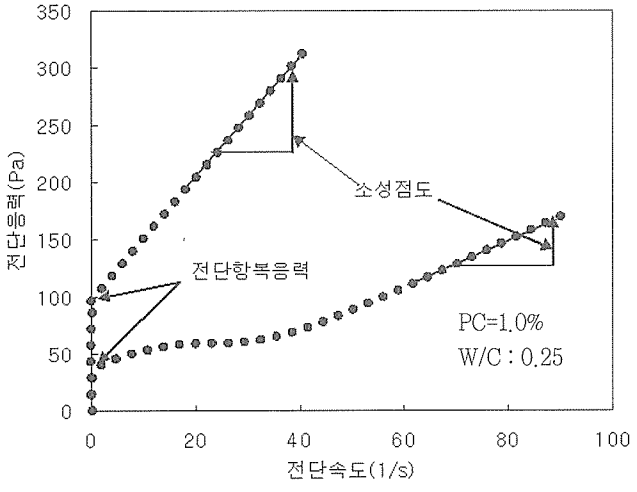
PC는 수화물 표면에 흡착함으로서 입자간 상호 작용력이 감소하지만, 그 효과가 흡착밀도에 의한 것이라면, PC내의 카르복실기는 흡착에 필요한 분량으로 과대하게 존재하지 않도록 조정할 필요가 있다.

한편, 시멘트내 포함되어 있는 황산알칼리와 황산칼슘의 량과 물시멘트비에 따라, 혼합직후시멘트 페이스트 액상내의 황산이온이 결정한다. 황산이온은 카르복실기와 경쟁적으로 시멘트 수화물상의 Ca이온사이트에 흡착한다. PC는 시멘트 수화물상에 단일흡착층인 Langmuir형 흡착을 한다. 이 흡착반응은 가역적이고, 황산이온 농도와 평형적 관계에 있다. [그림 12]에 $CaCl_2$와 Na_2SO_4을 몰비별로 시멘트 페이스트에 첨가하여 액상의 황산이온을 변화시켜, 유동성(상대 프로면적)의 변화를 조사한 예이다. $CaCl_2$ 첨가로 액상내의 황산이온을 저하시면 PC의 흡착량이 증가하고 유동성이 향상된다. 역으로 Na_2SO_4을 첨가하면 액상내의 황산이온이 증가하고 PC의 흡착량이 감소하여 유동성은 저하한다.

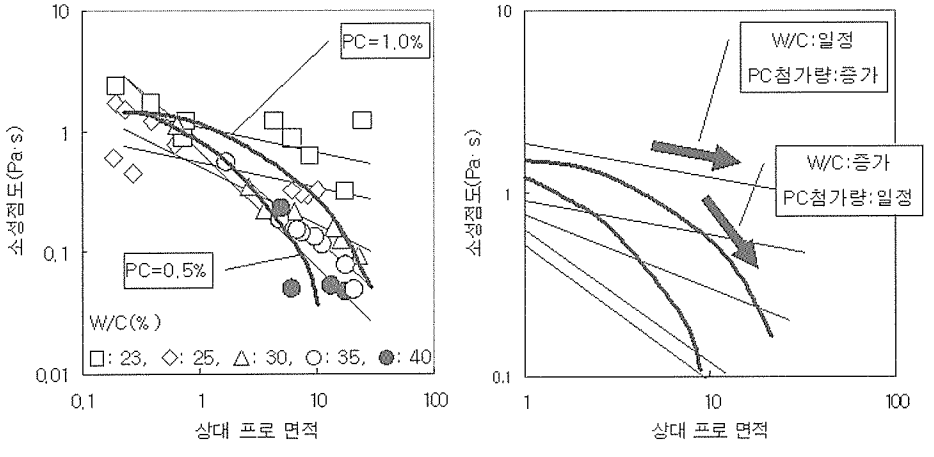
이러한 거동을 PC첨가량과 유동성 관계로 설명한 것이 [그림 13]의 개념도이다. PC첨가량이 일정량(한계첨가량)이하에서는 유동하지 않지만, 일정값을 넘으면 기울기(분산효율)를 가지고 첨가량에 비례에서 상대 프로 면적이 증가한다. 이때 한계첨가량이 혼합직후에 생성하는 초기수화물의 비표면적에 대응되고, 분산 효율은 감수제의 흡착능력과 황산이온 농도에 대응한다.

7-2 W/C와 PC계가 유동특성에 미치는 영향

시멘트 페이스트 및 콘크리트는 전형적으로 빙햄유체의 거동으로 볼 수 있다. [그림 14]에 물시멘트 0.25에서 PC첨가량 1% 첨가한 시멘트 페이스트를 진동식 점도계로 측정



[그림 14] 시멘트 페이스트의 유동곡선



[그림 15] W/C와 PC첨가량이 시멘트 페이스트의 레올로지 특성 미치는 영향

한 유동 곡선을 실었다. 이 유동곡선에서 전단 항복응력과 소성점도를 구할 수 있다.

또한 [그림 15]에 시멘트 페이스트의 유동성을 진동식 점도계에 의한 소성점도와 상대 프로 면적과의 관계를 W/C=23~40%의 조건에서 PC의 첨가량 등을 변화시켜 측정한 결과를 실었다.

W/C를 일정하게 하고, PC첨가량을 변화시킨 경우에는 소성점도는 상대 프로 면적 의 거듭제곱의 관수로, PC첨가량을 일정하게 하고, W/C를 변화시킨 경우에는 소성점도는 상대 프로 면적의 지수관수로 나타난다. W/C가

높은 영역에서는 상대 프로 면적의 증가와 함께 소성점도는 저하하지만, W/C가 낮은 영역에서는 상대 프로 면적은 저하하지만, 소성점도는 저하하지 않는다. 또한 PC첨가량이 일정 조건하에서는 W/C가 높아지면 첨가량에 대해 W/C에서, 상대 프로 면적의 증가비율에 비해 소성점도는 급격히 증가한다.

8. 결 론

토목 · 건축에 이용되고 있는 액체계 분산제는 각각의 요구 성능에 따른 폴리머가 개발되고 있고 그 중에서도 특히 폴리카르본산계가 각광을 받고 있다. 이와 같은 것은 어린이들의 블록쌓기 장난감과 같이 비교적 쉽게 기능성과 특성을 요구성능에 맞게 대응할 수 있기 때문이라고 생각한다.

콘크리트의 물리적 특성은 고성능AE감수제의 개발에 의해, 도약적으로 향상되었고, 초고층빌딩, 장대교와 같은 거대 콘크리트 구조물이 단기간내 또한 경제적으로 건설이 가능하게 되었다. 이들 콘크리트는 항상 펌프압송과 형틀내의 충전성이라는 성능이 요구된다. 이러한 고성능 콘크리트에서는 분체 부족 등에 의한 작업성에 문제는 발생하지 한지만, 콘크리트 재료간의 적합성이 문제로 대두되고 있다.

콘크리트 재료 중에서 반응을 일으켜 초기 상태부터 장기 거동까지 영향을 미치는 것은 시멘트이다. 이 시멘트를 더욱더 활성화 시킬 수 있는 것이 분산제의 작용으로 얻어 질 수 있으며 따라서 시멘트와 분산제의 적합성은 상당히 중요한 문제로 나타나고 있다. 기존의 연구들을 통한 작용 기구는 역시 시멘트내의 조성 광물에 따라 콘크리트에 미치는 정도가 달라진다. 현재 국내 연구에서는 이러한 기초적인 연구가 상당히 부족한 것을 알 수 있었다. 특히 국내 광물의 조성 및 그에 따른 시멘트의 결정도 달라지고 또한 미량 성분의 정도도 달라짐으로 그 작용 기구 또한 외국의 것과 차이가 있다고 생각한다. 그러나 국내의 경우 단순히 외국의 연구 논문을 그대로 따르고 있는 실정이다. 따라서 건설 재료 분야에 있는 분들은 시급히 이에 대한 기초 연구가 필요하다고 생각된다.

콘크리트 구조물에 대한 설계가 기존의 강도 설계 위주에서 내구성설계로 바뀌어지는 추세에 따라 단위 수량의 감소하고 수도권을 비롯하여 대도시를 중심으로 발생되고 있는 강사의 고갈로 인하여 부순 모래를 일부 대처하여 사용하고 있으며 앞으로 부순 모래의 사용은 점차 확대될 것이고, 콘크리트의 고기능화를 부여하기 위해서도 고성능AE감수제 사용은 필연적이고 급속히 증가하는 추세이다.

한편 고성능AE감수제를 적용시킨 콘크리트의 경우 상기와 같은 기초 연구가 부족함에도 차분히 현장 적용을 하고 있고 이미 상당한 수준에 도달하고 있는 것으로 알고 있다. 그러나 기초 연구없이는 제대로 된 고성능, 고기능의 콘크리트가 얻어질 수 없으며 설사 기능의 효과가 나타난다고 해도 콘크리트 재료량의 소모가 많을 수 밖에 없을 것이다. 그야말로 고비용 저효율의 콘크리트 구조물이 탄생되는 것이다.

따라서 기초 연구가 충분히 이루어지면 저비용 고효율의 적용이 가능해져 양질의 경제적인 콘크리트 구조물 및 2차 제품이 이용되리라고 생각한다.

참고문헌

1) セメント協会流動性研究委員会報告, セメント協会(2003)
2) 化学混和剤の性能評会と規格研究小委員会編, "コンクリート用化学混和剤の性能評価", コンクリート技術シリーズ47, 土木学会(2002), pp. 76
3) 北原文雄監修, "分散·凝集の解明と応用技術"(株)テクノシステム(1992)
4) 森山 登, "分散·凝集の化学" 産業図書(1995)
5) 坂井悦郎, 田中丈士, 神谷利夫, 大門正機, コンクリート工学年次論文報告集, 16(1), 335(1994)
6) 坂井悦郎, 大門正機, セメント·コンクリート, No.595, 13(1996)
7) H.Uchikawa, S.Hanehara, D.Sawaki, *Cement and Concrere Research*, 27, 37(1997)
8) 三谷祐二, 小早川真, 山田一夫, 大森啓至, コンクリート工学年次論文報告集, 24, 879(2002)
9) 山田一夫, 小津 博, 矢野真弓, コンクリート工学年次論文報告集, 24, 909(2002)
10) 中村秀三, 小川彰一, 内田俊一郎, 本多 進, セメント·コンクリート論文集, No. 52, 116(1998)
11) 小川彰一, A.Yahia, 市村高央, 伊藤昭則, セメント·コンクリート論文集, No. 53, 158(1998)
12) 太田 晃, 杉山知己, 魚本健人, セメント·コンクリート論文集, No.53, 122 (1999)
13) Y.Nakajima, T.Goto, K.Yamada, *J. Am. Ceram.* Soc., 88, 850(2005)