

Ca₃Al₂O₆-석고계의 수화반응에 미치는 분산제의 영향

강진규* · 大門正機 · 坂井悦郎

이경희

<동경공업대학>

<명지대학교>

1. 서 론

최근 시멘트/콘크리트분야에 있어서 콘크리트 構造物의 高耐久性化, 大型化, 複雑化 그리고 高層化가 進行되어짐에 따라 시멘트/콘크리트에 대한 高性能化가 요구되어지고 있다. 그와 함께 여러 가지 混和材料가 개발되어 그 混和材料를 사용함으로써 시멘트/콘크리트에 대한 要求性能을 향상시키거나 새로운 기능을 부여하기도한다. 그 중에서도 비교적 첨가량이 적은 化學混和劑로서 AE제, 감수제, AE감수제, 유동화제, 고성능감수제, 고성능AE감수제와 같은 것들이 개발되어 광범위하게 사용되어지고 있다. 그 중에서도 고성능AE감수제를 사용하면 시멘트/콘크리트의 물비가 같은 경우, 시멘트/콘크리트의 流動性이 현저하게 向上되어 施工이 合理的으로 이루어지게 됨과 동시에 硬化후의 콘크리트의 物性에 影響을 미치지 않음으로서 Self-Compacting이 가능한 高유동콘크리트가 실현된다. 또한, 고성능AE감수제를 사용하면 流動性確保와 동시에 물비를 큰 폭으로 감소시킬 수 있음으로서 硬化후의 콘크리트가 치밀해져 콘크리트의 耐久性確保 및 高強度化가 가능해진다. 이로 인해 日本에서는 1995년에 JIS A 6204의 콘크리트용 化學混和劑중에 고성능AE감수제의 規格이 規定되었다.

주요 化學混和劑(이하, 分散劑로 칭함)로서는 分散作用에 따라 크게 정전기적반발력에 의해 입자를 분산시키는 분산제와 입체장해효과로 입자를 분산시키는 分散劑가 있다. 前者의 대표적인 분산제로서는 나프탈렌계분산제가 있고, 後者에는 폴리칼본산계로 總稱되어지고 있는 분산제

가 있으며 현재 고성능AE감수제로서 많이 사용되고 있다. 이 중에서 폴리칼본산계분산제는 고강도/고내구성콘크리트의 實用化 및 보통콘크리트의 耐久性確保를 위한 單位水量規制에 대한 對策으로도 그 有用性이 점점 增大되어지고 있다. 그러나, 특히 폴리칼본산계분산제를 사용한 시멘트/콘크리트의 流動性은 시멘트의 상표, 시멘트 중의 유산염등의 微量成分 및 不純物의 影響을 받는다고 지적되고 있어, 시멘트와 분산제의 궁합문제에 많이 대두되고 있다^{1,2,3}.

이에 따라, 시멘트와 분산제를 사용함에 있어 시멘트의 種類 및 使用條件등이 약간 變動하여도 양호한 流動性을 가지며 安定的으로 사용할 수 있는 시멘트/콘크리트의 流動性制御를 위한 시멘트와 분산제의 材料設計技術의 確立이 實질히 요구되어지고 있다. 그러나 이러한 요구를 만족시키기 위해서는 시멘트와 분산제의 궁합문제를 명확히 하는 것이 중요하다. 그 궁합문제의 발생메카니즘을 究明하기 위해서는 크게 두가지 관점에서의 검토가 필요하다. 먼저 분산제의 측면에서는 분산제의 高分子構造, 吸着特性 그리고 分散性狀등이 流動性에 미치는 영향에 관한 연구가 있고, 이것에는 시멘트의 微量成分/不純物 혹은 特異吸着이온등이 분산제의 分散과 吸着에 미치는 영향에 대해 검토할 필요가 있을 것이다. 시멘트의 측면에서는 분산제를 첨가한 시멘트의 初期水和가 流動性에 미치는 影響에 관한 연구가 필요할 것이다. 이제까지는 前者의 분산제 측면에서의 검토가 많이 이루어지고 있고 그 메카니즘에 대해서도 많이 알려져있다^{4,5,6}. 그러나, 後者の 분산제를 첨가한 시멘트의 初期水和에

Table 1. Chemical composition of calcium sulfates

	Ig.-loss (%)	Chemical composition (mass %)						
		Insol.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	F-H ₂ SO ₄
gypsum	21.08	-	-	-	-	32.10	45.85	-
anhydrite	-	-	-	-	-	40.78	58.22	
natural anhydrite	1.9	1.31	0.05	0.10	0.05	39.70	56.80	No detected

초점을 맞추어 定量的으로 分析한 研究結果는 거의 없다.

본 연구에서는 분산제를 첨가한 시멘트/콘크리트의 流動性制御와 시멘트와 분산제를 安定的으로 사용하기 위한 기초적 데이터를 얻기 위한 목적으로 시멘트 初期水和反應의 주체를 이루는 Ca₃Al₂O₆(이하, C₃A)-석고계의 水和反應에 미치는 分散劑의 影響에 대해 검토하였다.

또한, 이와 같은 C₃A의 水化反應에 미치는 分散劑의 影響에 관한 검토는 다음과 같은 관점에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 최근, 環境問題에 대응하기 위해 資源循環型社會시스템의 構築이 절실히 요구되어 특히 廢棄物처리가 注目을 받고 있다. 시멘트産業에 있어서도 이미 폐타이어와 폐유등을 燃料로 使用하고 있으며, 또한 都市쓰레기, 하수오노등과 같은 것을 시멘트 킬른으로 처리하여 그것들의 소각재를 시멘트原料로 이용하는 검토가 활발히 진행되고 있다^{7,8,9}. 이와 같이 環境問題와 관련한 廢棄物처리에 있어서 시멘트産業의 역할이 매우 중요시 되어가고 있다. 그러나, 이들 廢棄物의 化學組成을 보면 현재 사용중인 시멘트클링커와 비교해 Al₂O₃ 성분이 많이 함유되어 있다¹⁰. 그로 인해, 앞으로 시멘트 生産量이 큰 폭으로 증대되어지지 않는 한 시멘트킬른에 의한 廢棄物 처리량을 增大시키기 위해서는 시멘트 중의 알루미늄네이트(C₃A)량을 증대시킬 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 資源循環型社會에 있어서 環境친화형 시멘트/콘크리트와 분산제를 併用하여 安定的으로 사용하기 위한 시멘트/콘크리트의 流動性制御의 관점에서 매우 중요한 研究가 될 것이다.

2. 실험

2.1 사용재료 및 배합

C₃A는 특급시약인 탄산칼슘과 산화알루미늄을 사용하여 理論組成으로 原料를 混合·粉砕하여 140도에서 30분간 燒成하는 공정을 2번 반복하여 合成하였다. 얻어진 C₃A는 XRD에 의해 單一相임을 확인하였다. 분말도는 Blaine법으로 400m²/kg인 것을 이용하였다.

석고는 특급시약의 이수석고와 이수석고를 전기로로 700도에서 30분간 열처리한 무수석고(이하, 합성무수석고) 그리고 태국산 무수석고(이하, 천연무수석고)를 사용하였다. 진동밀에 의해 粉砕한 3종류의 석고의 化學成分을 <표1>에 BET比表面積을 <표2>에 나타내었다. 그리고 이온크로마토그래프(PIA1000-SIMAZU제)에 의해 液相中の SO₄²⁻ 이온을 定量하여 각종석고의 溶解量을 測定하여 시간에 따른 溶解度 變化를 <그림>1에 나타내었다. 각종석고에 따라 溶解速度가 상이하여, 이수석고의 溶解速度가 빠르고 다음으로 합성무수석고, 천연무수석고의 순서로 되어 있다.

Table 2. BET specific surface area of calcium sulfates

gypsum	anhydrite	natural anhydrite
0.90 m ² /g	0.88 m ² /g	1.12 m ² /g

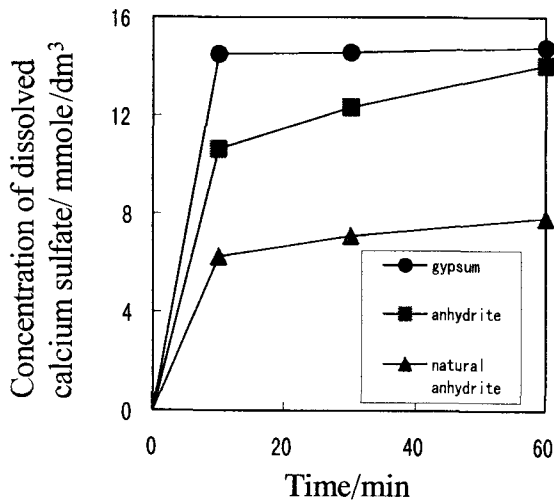


Fig.1 Dissolution rate of calcium sulfates

2.2 수화시료

본 연구에 있어서 석고 첨가량은 보통포틀랜드시멘트에 포함되어있는 C₃A와 이수석고의 혼합비율을 참고로 하여 C₃A1몰에 대해 각종석고를 2/3몰로 하여 첨가하였다. 시료를 20도에서 증류수를 사용하여 물/粉末比를 60mass%로 하여 混練하고 스킨볼병에 넣어 밀폐시킨 후 養生하였다. 反應時間은 30분,1시간,3시간,6시간으로 하였다. 所定時間 반응시킨 시료를 多量の 아세톤을 사용하여 수화를 정지시킨후 Aspirator (1.013×10⁵Pa,20도)에 의해 3시간 減壓乾燥하였다⁸⁾.

2.3 분산제의 종류 및 첨가량

분산제는 나프탈렌계분산제(이하, NS계분산제)와 폴리칼본산계분산제(이하, PC계분산제)의 두 종류를 이용하였다. 폴리칼본산계분산제에 관하여서는 그래프트鎖인 폴리에칠렌옥사이드(PEO)의 重合度가 7인 것(이하, PC-7)과 34인 것(이하, PC-34)을 이용하였다. 분산제의 添加方法은 同時添加이며, 첨가량은 NS계분산제는 C₃A와 석고에 대해 0.2mass%(이하, NS-0.2), 0.4mass%(이하, NS-0.4)첨가 하였고, PC계분산제는 C₃A와 석고에 대해 0.2mass%첨가하였다.

2.4 반응율과 수화생성물의 측정

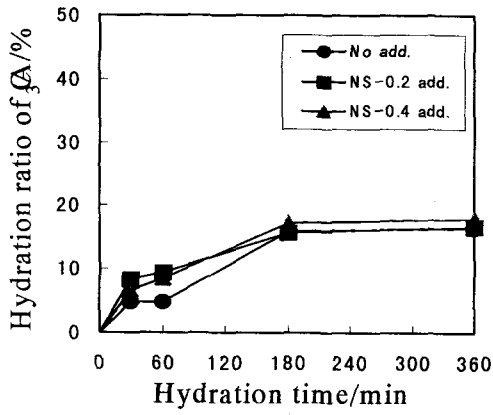
C₃A(측정각도:2θ:32.8-33.8°), 이수석고(측정각도:2θ:20.2-21.2°), 무수석고(측정각도:2θ:25-26°)에 관해서는 XRD(Cu-Kα)로 未反應量을 측정하여 반응율을 구했다. 또한 水和生成物인 Ettringite와 Monosulfate(측정각도:2θ:8-11°)의 定量은 合成한 單一相의 標準試料를 사용하여 測定하였다. 回折피크의 面積은 最小二乘法에 의해 XRD에서 얻어진 피크의 프로파일을 fitting한 함수를 數値積分하는 방법으로 구하였다. 内部標準試料로서는 특급시약의 MgO(측정각도:2θ:42.5-43.5°)를 10mass%첨가하여 사용하였다. 그리고, 본 연구에서는 未水和物의 반응율과 수화물의 생성량을 算出할 때 強熱減量(Ig.loss)에 의해 結合水의 補正을 행하였다. Ig.loss는 1000도에서 30분간 처리하였을 때 얻어진 減量이다. 또한, Ca(OH)₂는 TG-DTA에 의해 定量測定하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

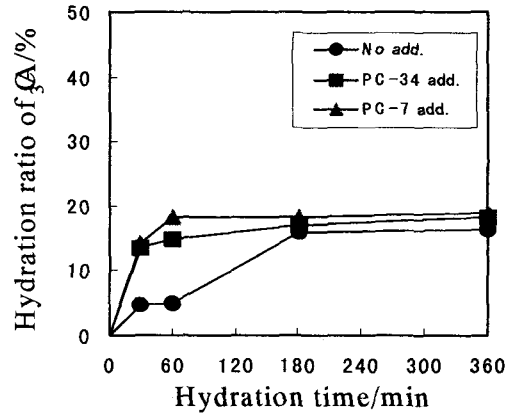
3.1 C₃A의 반응율

C₃A-석고계에 있어서의 각 분산제를 첨가하였을 때의 C₃A반응율을 <그림 2,3,4>에 나타낸다. 먼저 <그림 2>의 C₃A-이수석고계에 있어서 NS-0.2와 NS-0.4의 NS계분산제를 첨가하였을 경우에는 注水直後の C₃A의 수화가 분산제무첨가에 비해 약간 높은 반응율을 나타내고 있지만, 분산제무첨가와 거의 같은 傾向을 나타내며 수화가 진행되고 있다. 이것에 비해, PC계분산제를 첨가하였을 경우에는 注水直後부터 수화1시간까지의 C₃A의 수화가 분산제무첨가와 NS계분산제를 첨가했을때보다 促進되어 있고, 그 이후부터는 천천히 증가하고 있다.

<그림 3>의 C₃A-합성무수석고계에 있어서는 NS계분산제를 첨가한 경우에는 C₃A-이수석고계의 경우와 같이 NS계분산제의 첨가량에 관계없이 분산제무첨가와 거의 같은 傾向을 나타내며 수화가 진행되고 있다. 그러나, PC계분산제를 첨가하였을 경우에는 注水直後부터 C₃A의 수화가 促進되어 PC-34를 첨가한 경우에는 수화3시간

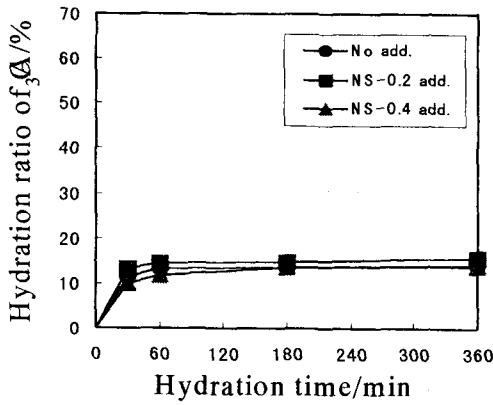


(a) The addition of NS

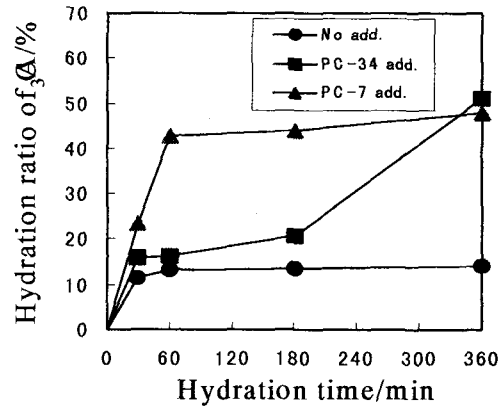


(b) The addition of PC

Fig.2 Hydration ratio of C₃A in C₃A-CaSO₄·2H₂O(gypsum) system

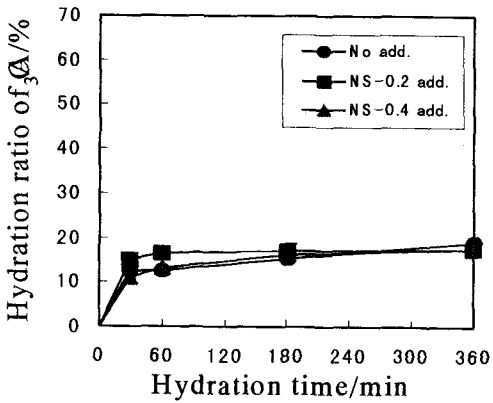


(a) The addition of NS

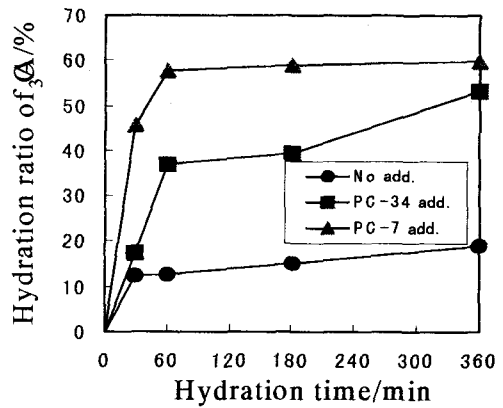


(b) The addition of PC

Fig.3 Hydration ratio of C₃A in C₃A-CaSO₄(anhydrite) system



(a) The addition of NS



(b) The addition of PC

Fig.4 Hydration ratio of C₃A in C₃A-CaSO₄(natural anhydrite) system

부터 수화6시간에 걸쳐 C_3A 의 수화가 급격히 증가하고 있다. 그리고, 그래프트鎖가 짧은 PC-7을 첨가하였을 경우에는 注水直後부터 수화1시간에 걸쳐 C_3A 의 수화가 급격히 진행되어 수화1시간에 C_3A 반응율이 약43%를 나타내고 있고, 그 이후에는 천천히 수화가 진행되고 있다.

<그림 4>의 C_3A -천연무수석고에 있어서도 NS계분산제를 첨가한 경우에는 위의 두가지 경우와 마찬가지로 NS계분산제의 첨가량에 관계없이 분산제무첨가와 거의 같은 경향을 나타내고 있다. 그러나, PC계분산제를 첨가하였을 경우에는 C_3A 의 初期水和가 促進되어 있는 것을 알 수 있다. PC-34를 첨가한 경우에는 注水直後부터 수화1시간에 걸쳐 C_3A 의 수화가 급격히 증가하고 있고, 그 이후부터는 서서히 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그리고 특히 그래프트鎖가 짧은 PC-7을 첨가한 경우에는 注水直後부터 C_3A 의 수화가 급격히 증가하여 수화1시간에 약58%의 C_3A 반응율을 나타내고, 그 이후의 반응은 천천히 진행되고 있다.

3.2 각종 석고의 반응율

<그림 5,6,7>에 C_3A -석고계에 수화반응에 있어서 각 분산제를 첨가하였을때의 석고의 반응율을 나타내고 있다. 그림5의 C_3A -이수석고계에 있어서 이수석고의 반응율을 보면 NS계분산제를 첨가하였을 경우에는 NS-0.2 및 NS-0.4 어

는 경우도 注水直後로부터 수화1시간까지의 이수석고의 반응율은 분산제무첨가의 경우와 거의 비슷하다. 그러나, 수화1시간이후는 무첨가에 비해 이수석고의 반응율은 낮다. PC-34와 PC-7의 PC계분산제를 첨가한 경우에도 注水直後부터 수화1시간까지는 분산제무첨가의 경우와 거의 같은 반응율을 나타내지만 수화1시간이후부터는 이수석고의 반응율이 낮다.

<그림 6>의 C_3A -합성무수석고계에 있어서 NS계분산제를 첨가한 경우에는 첨가량에 관계없이 注水直後부터 수화1시간까지의 합성무수석고의 반응율은 분산제무첨가와 거의 같은 반응율을 나타내지만, 그 이후는 분산제무첨가보다 약간 낮은 반응율을 나타낸다. 이것에 비해 PC-34를 첨가한 경우에는 注水直後로부터 수화3시간까지는 분산제무첨가의 경우와 거의 비슷한 반응율을 나타내지만, C_3A 의 수화가 급격히 일어나는 수화3시간이후부터는 분산제무첨가보다 훨씬 반응율이 높아져, 수화6시간에는 약90%의 반응율을 나타낸다. PC-7을 첨가한 경우에는 注水直後로부터 수화1시간에 걸쳐 합성무수석고의 수화가 급격히 일어나 수화1시간에 약50%의 반응율을 나타낸다. 그 이후의 합성무수석고의 반응율은 천천히 증가하여 수화6시간에는 분산제무첨가와 거의 비슷한 반응율을 나타낸다.

<그림 7>의 C_3A -천연무수석고계에 있어서 천연무수석고의 반응은 NS계분산제를 첨가한 경

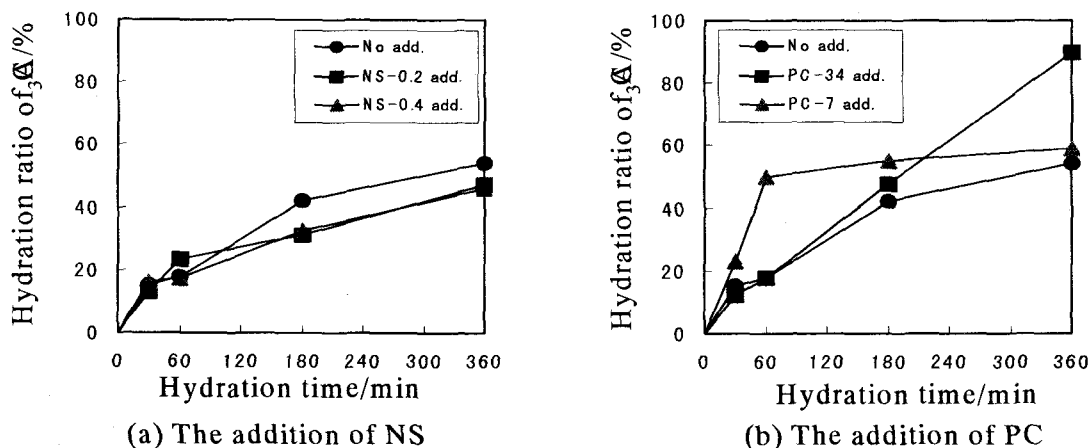


Fig.6 Hydration ratio of anhydrite in C_3A - $CaSO_4$ (anhydrite) system

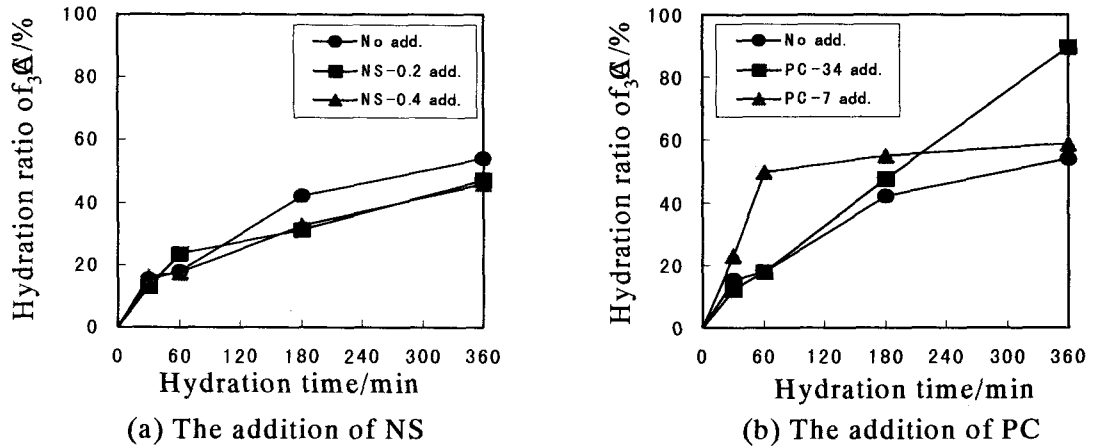


Fig.6 Hydration ratio of anhydrite in C₃A-CaSO₄(anhydrite) system

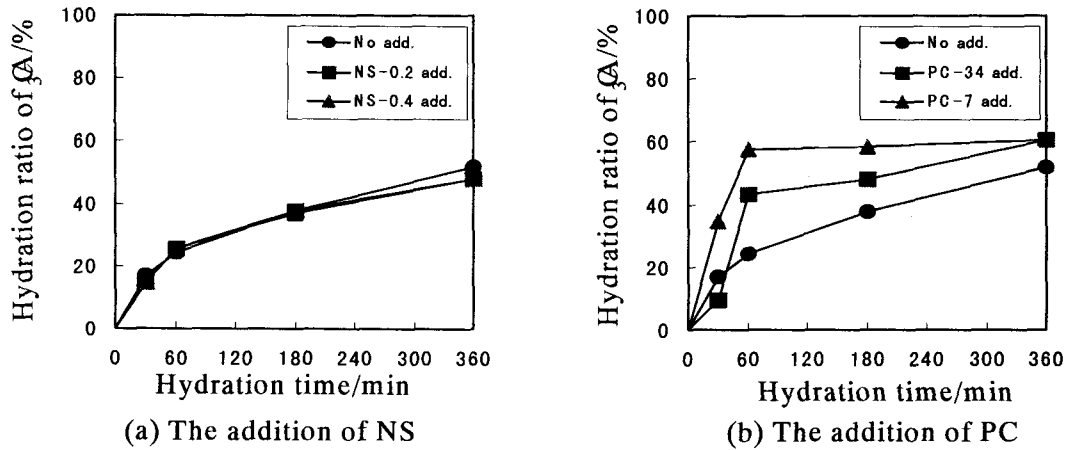


Fig.7 Hydration ratio of natural anhydrite in C₃A-CaSO₄(natural anhydrite) system

우에는 첨가량에 관계없이 注水直後부터 분산제 무첨가와 거의 비슷한 경향을 나타낸다. 이것에 비해 PC-34와 PC-7을 첨가한 경우 있어서는 注水直後부터 수화 1시간에 걸쳐 천연무수석고의 반응이 크게 일어나 수화1시간에 있어서 PC-34를 첨가한 경우에는 약43%의 반응률을 나타내며 PC-7을 첨가한 경우에는 약58%의 반응률을 나타낸다. 어느쪽도 그 이후로부터의 반응은 천천히 진행된다.

3.3 수화시간에 따른 相組成變化

C₃A-석고계의 수화에 있어서 XRD에 의해 未

水和物 및 水和生成物を 定量하여 수화시간에 따른 相組成變化에 대해 알아보았다. 여기서 gel 狀水和物은 반응한 C₃A와 각종석고 및 水和生成物인 Ettringite와 Monosulfate에 포함되어있는 各化學成分量의 Material balance를 고려하여 算出하였다. 또, 強熱減量에 의한 全結合水量과 수화생성물의 結合水量의 차를 gel狀水和物의 水量으로 하였다.

각 분산제의 첨가에 따른 C₃A-석고계의 수화시간에 따른 相組成變化를 <그림 8,9,10>에 나타내었다.

먼저, <그림 8>의 C₃A-이수석고계에 있어서 NS계분산제를첨가한 경우에는 NS-0.2와 NS-0.4

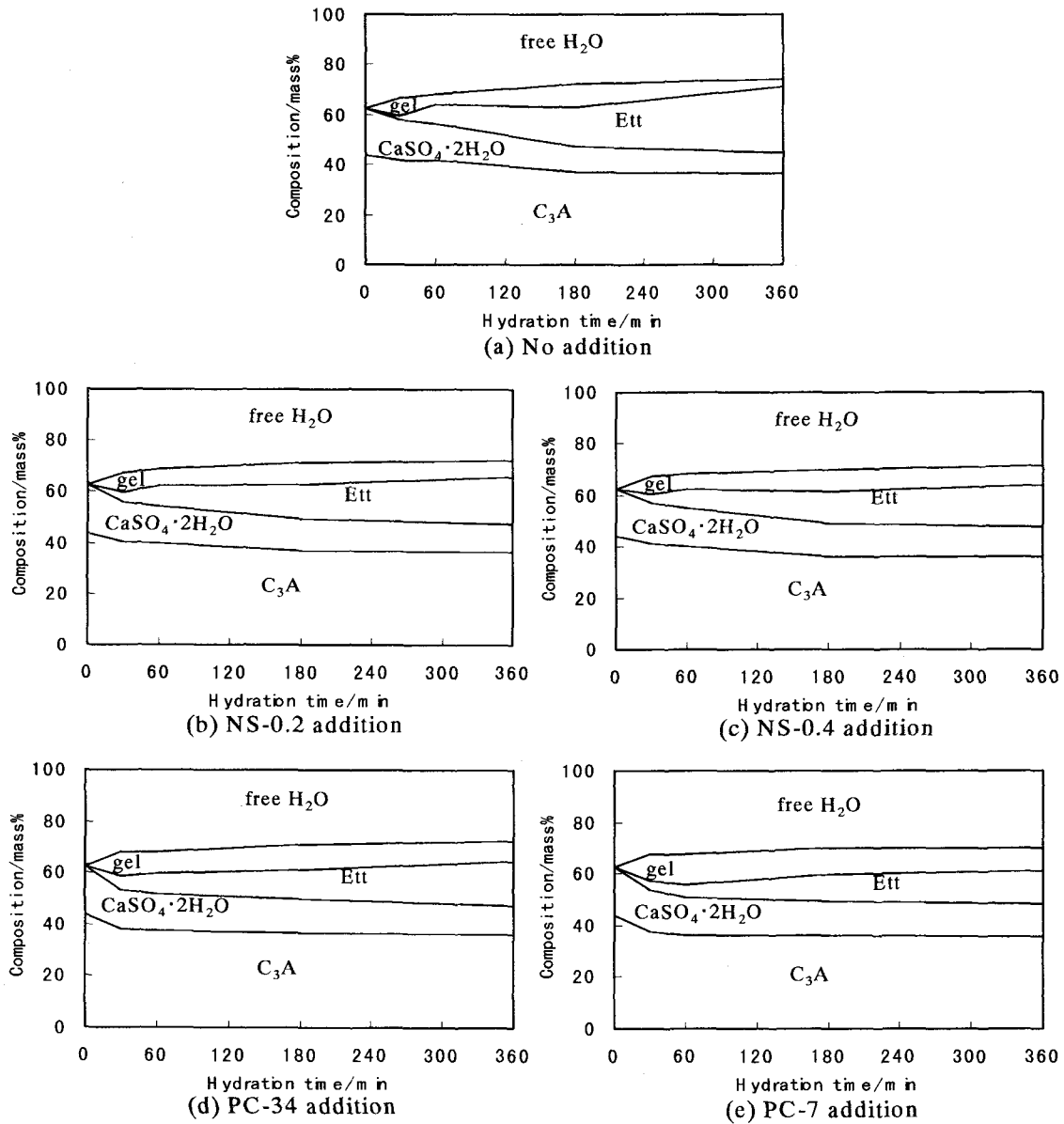


Fig.8 Change of phase composition in $C_3A-CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (gypsum) system

어느쪽도 분산제무첨가의 경우와 거의 같은 相組成變化를 나타내어 注水直後부터 水和生成物로서 gel狀水和物과 Ettringite가 나타나고 수화시간에 따라 Ettringite의 생성량이 증가하는 경향을 나타낸다. 그러나, PC계분산제를 첨가하였을 경우에는 NS계분산제의 경우와 같이 注水直後の 水和生成物로는 gel狀水和物과 Ettringite가 나타나지만, C_3A 의 수화가 促進되어 있는 注水直後로부터 수화1시간정도까지는 水和生成物の

量이 분산제무첨가와 NS계분산제를 첨가하였을 때보다 많은 것을 알수 있다. 특히, 그래프트鎖가 짧은PC-7을 첨가하였을 경우에는 수화1시간까지의 gel狀水和物이 많이 생성되어진다는 것을 알수 있다.

<그림 9>의 C_3A -합성무수석고계에 있어서 NS계분산제를 첨가하였을 경우에는 NS-0.2와 NS-0.4 어느쪽도 분산제무첨가의 경우와 거의 같은 相組成變化를 나타내고 注水直後부터 수화

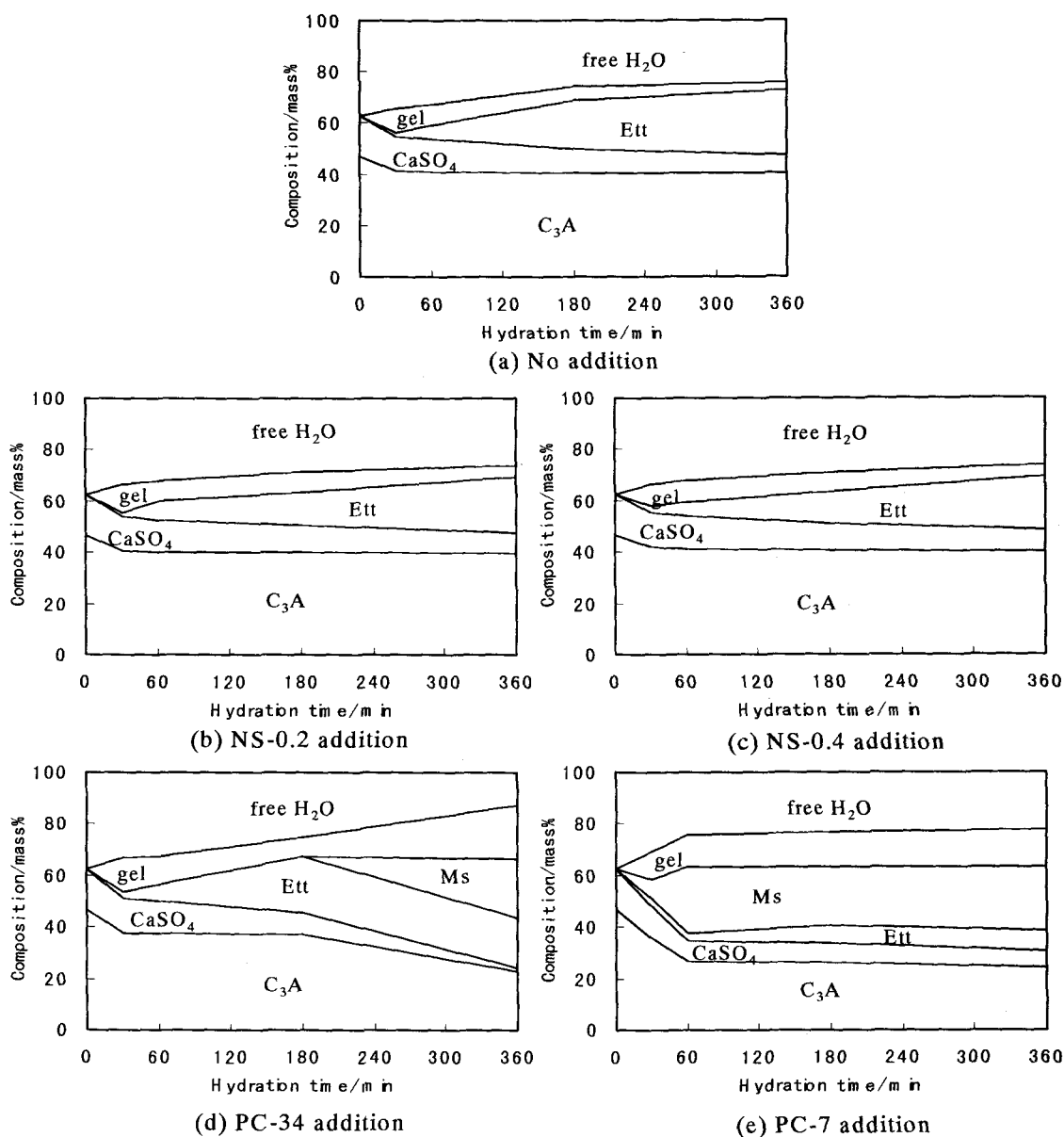


Fig.9 Change of phase composition in C₃A-CaSO₄(anhydrite) system

생성물로는 gel狀水和物과 Ettringite가 생성되어 있고 수화시간에 따라 Ettringite가 증가하고 있다. 그러나, PC계분산제를 첨가하였을 경우에는 분산제무첨가와와는 상이하게 나타나어 PC-34를 첨가하였을 경우에는 注水直後부터 gel狀水和物과 Ettringite가 생성되어 있지만, 분산제무첨가보다 水和初期에 있어서 水和生成物の 量이 많고, C₃A의 수화가 급격히 일어나는 수화3시간부터 수화6시간에 걸쳐 Ettringite가 Monosulfate

로 轉化하고 있다. 그리고, PC-7을 첨가하였을 경우에는 注水直後부터 수화1시간까지 C₃A의 수화가 급격히 일어나고 水和初期부터 Monosulfate가 다량으로 생성됨과 동시에 gel狀水和物과 적은 量의 Ettringite가 생성되는 반응을 나타내고 있다. 수화1시간이후부터는 Monosulfate가 약간 감소하고 Ettringite가 서서히 증가하는 경향을 나타내고 있다.

<그림 10>의 C₃A-천연무수석고계에 있어서

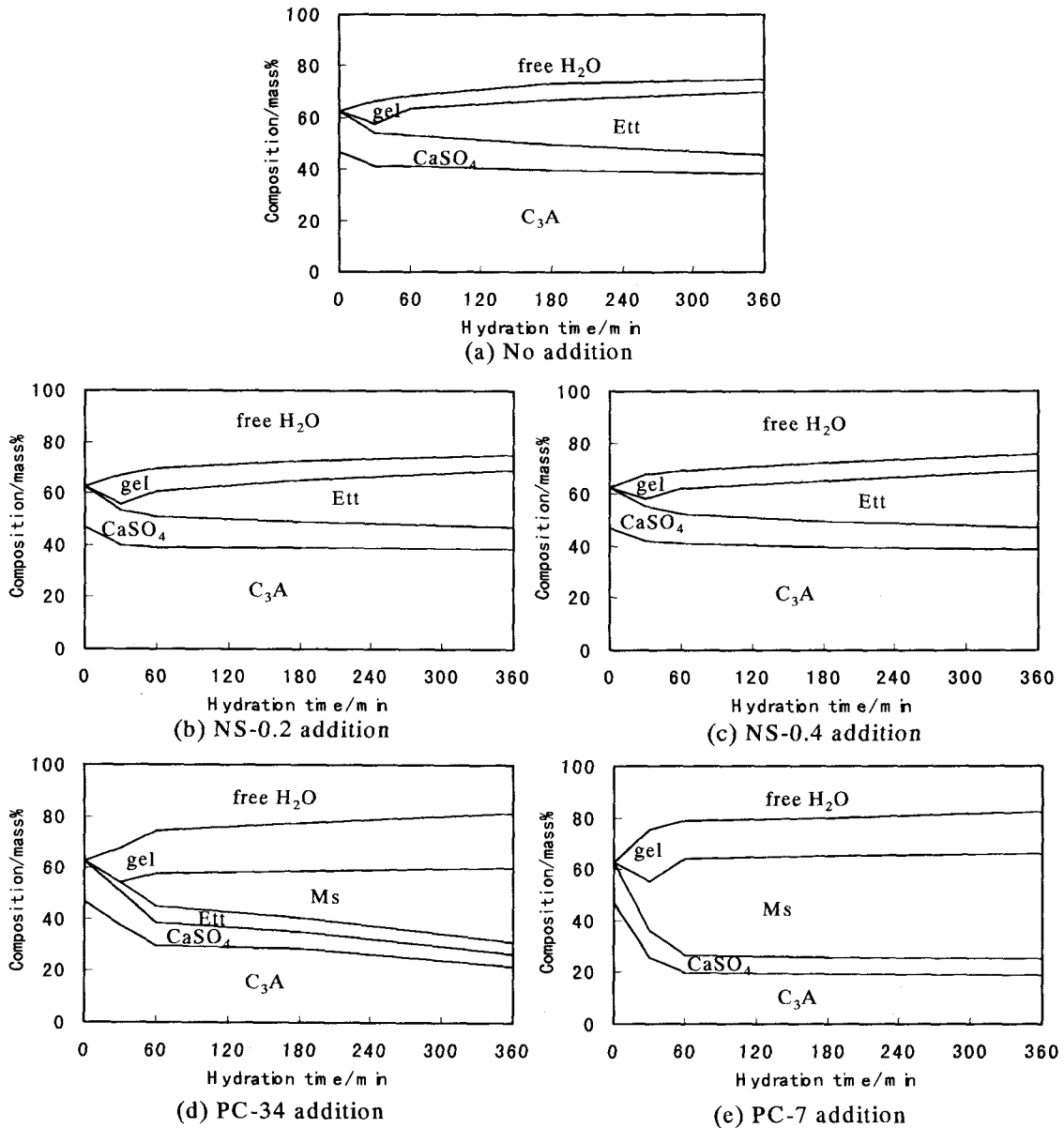


Fig.10 Change of phase composition in C_3A - $CaSO_4$ (natural anhydrite) system

NS계분산제를 첨가한 경우에는 NS-0.2와 NS-0.4 어느것을 첨가한 경우에도 분산제무첨가와 거의 같은 相組成變化를 나타내어, 注水直後の 水和生成物로서 gel狀水和物과 Ettringite이며, 수화시간경과에 따라 Ettringite가 증가하고 있다. 이것에 비해 PC계분산제를 첨가한 경우에는 분산제무첨가와와는 相異한 경향을 나타내고 있다. PC-34를 첨가한 경우에는 注水直後에는 gel狀水和物과 Ettringite가 생성되고 분산제무

첨가에 비해 gel狀水和物の 量이 많이 형성되어 있으며, C_3A 의 수화가 급격히 증가하는 수화30분부터 수화1시간에 걸쳐서는 Ettringite가 Mono-sulfate로 轉化하여 水和初期부터 多量の Mono-sulfate가 생성하는 相組成變化를 보여준다. 또한, 그래프트鎖가 짧은 PC-7을 첨가한 경우에는 注水直後부터 수화30분까지 C_3A 의 수화가 급격히 促進되어 gel狀水和物과 多量の Monosulfate가 생성하고, 이 경우에는 Ettringite

의 생성은 전혀 관찰되지 않았다. 이러한 傾向은 수화6시간까지 지속된다.

이상과 같이, NS계분산제를 첨가한 경우에는 그 첨가량에 관계없이 어떠한 석고를 첨가하더라도 C₃A의 수화 및 相組成變化에 영향을 미치지 않고 분산제무첨가의 경우와 거의 같은 傾向을 나타낸다. 그러나, PC계분산제를 첨가한 경우에는 어떠한 석고를 첨가하더라도 분산제무첨가에 비해 C₃A의 初期水화가 促進되어 수화生成物の 量이 많아진다. 특히, 이러한 傾向은 溶解速度가 느린 합성무수석고, 천연무수석고를 PC계분산제와 併用하였을 때, 그리고 그래프트鎖가 짧은 PC계분산제와 併用하였을 경우에 顯著하게 나타난다.

3.4 고찰

著者들은 溶解速度가 相異한 각종석고를 C₃A에 첨가하여 C₃A의 수화抑制메카니즘에 대해 이미 검토를 하여 C₃A의 수화抑制에는 注水直後에 석고로부터 溶出된 SO₄²⁻이온을 포함한 gel狀水和物이 C₃A의 표면에 생성되고 그 gel狀水和物中の SO₄²⁻이온의 量이 중요한 役割을 한다라고 이미 지적하고 있다¹¹⁾.

그러므로, 분산제를 첨가한 C₃A-석고계의 수화反應에 있어서도 수화30분에서의 gel狀水和物中(C₃A · mCaSO₄ · nCaO · xH₂O)의 m값과 C₃A의 반응율과의 관계를 <그림 11>에 나타내었다. 먼저, 전체적으로 보면 C₃A-석고계에 어떠한 분산제를 첨가한 경우에 있어서도 gel狀水和物中の m값이 커짐에 따라 C₃A반응율은 낮아져, C₃A의 반응율과 m값의 관계는 그림중의 곡선과 같은 관계에 있다는 것이 示唆되었다. 먼저, NS계분산제를 첨가하였을 경우에는 어떠한 석고를 이용하더라도 분산제무첨가와 같이 gel狀水和物中の m값이 높고 C₃A반응율은 낮은 값을 나타낸다. 그러나, PC계분산제를 첨가하였을 경우에는 어떠한 석고를 사용하더라도 C₃A의 수화抑制와 관련하여 중요한 gel狀水和物中の m값이 분산제무첨가와 NS계분산제를 첨가한 경우보다 낮은 값을 나타내고 C₃A반응율은 높은 값을 나타내고 있다. 그리고 그 傾向은 그래프트鎖가 짧은

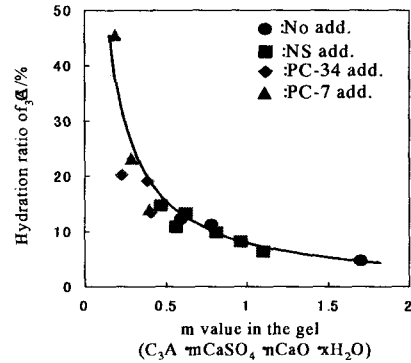


Fig.11 The relationship between the hydration ratio of C₃A and the m value in the gel(C₃A · mCaSO₄ · nCaO · xH₂O)-30minutes

PC-7을 첨가한 경우에 顯著하게 나타난다.

따라서, NS계분산제와는 달리 그래프트鎖를 가지고 있는 PC계분산제를 첨가한 경우에는 석고로부터 溶出된 SO₄²⁻이온과 液相中에 있는 PC계분산제 혹은 이미 吸着되어 있는 PC계분산제의 그래프트鎖와의 相互作用에 의해 C₃A의 표면에 생성하는 gel狀水和物로의 SO₄²⁻이온의 供給이 阻害되기 때문에 C₃A의 初期水화가 促進되었다라고 생각되어진다.

이상과 같이, PC계분산제를 첨가하였을 경우 C₃A의 初期水화가 促進되어 수화生成물이 많아진다는 것은 분산제의 동일 첨가량에 있어서는 수화生成물로 인해 比表面積이 커지게 되어 PC계분산제의 吸着量이 增加하고 液相中の 분산제 濃度가 低下하게 되므로 流動性 確保와 流動性보유성능이 저하될 가능성이 있으므로, 유동성을 확보하기 위해서는 PC계분산제의 첨가량이 증가하게 된다. 그러므로, 시멘트의 流動性確保와 流動性보유를 위해서는 시멘트의 初期水화反應의 主體를 이루는 C₃A-이수석고계의 수화를 制御하는 것이 매우 중요하다고 생각되어진다.

4. 결론

C₃A-석고계의 수화反應에 미치는 分散劑의 影響에 대해 XRD定量分析에 의해 검토한 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 나프탈렌계분산제를 첨가한 경우에는 그 첨가량에 관계없이 어떠한 석고를 사용하더라도 C₃A의 수화반응에는 거의 영향을 미치지

않으며 수화시간에 따른 相組成變化에도 影響을 미치지 않는다.

- 2) 폴리칼본산계분산제를 첨가한 경우에는 C_3A 의 初期水和가 促進된다. 이것은 폴리칼본산계분산제를 첨가함으로써 C_3A 의 水和抑制와 관련하여 매우 중요한 gel상수화물로의 SO_4^{2-} 이온의 供給이 阻害되기 때문에 생각되어 진다. 또한, 水和初期에 있어서 C_3A 의 수화가 促進되어 짐으로 인해 수화생성물이 많아 진다. 이러한 傾向은 溶解速度가 느린 무수석고 체를 사용하고 폴리칼본산계분산제의 그래프 트鎖가 짧은 경우에 현저하게 나타난다.
- 3) 폴리칼본산계분산제를 첨가한 시멘트의 流動性 制御와 관련해서는 시멘트의 初期水和反應의 주체를 이루고 있는 C_3A -이수석고 계의 初期水和를 制御하는 것이 매우 중요하다고 생각되어 진다.

< 참고 문헌 >

- 1) 山田修、中島裕、菅谷秀幸、高橋眞理:各種減水劑を添加したペースト及びモルタルの流動性、セメント・コンクリート論文集、No.49、pp.216-221(1995)
- 2) 笠井哲朗:高流動コンクリートを構成するプレッシュセメントペーストのレオロジー特性におよぼす温度の影響、J.Soc. Mat. Sci., Japan, Vol. 45, No.2, pp.230-234 (1996)
- 3) 中村昌士、長岡誠一、和田芳明、春日忍:ポリカルボン酸系高性能AE減水劑のクリンカー鑛物への吸着特性、セメント・コンクリート論文集、No.49,pp.26-29(1995)
- 4) 山田一夫ほか:混和劑の吸着現象から解析したポリカルボン酸系混和劑を添加したセメントペーストの流動化機構、コンクリート工學年次論文報告集、Vol.20, No.2, pp.73-78(1998)
- 5) 太田晃、魚本健人:ポリカルボン酸系分散劑の分散作用に関する検討、セメント・コンクリート論文集、No.52, pp.138-143(1998)
- 6) 坂井悦郎、川上晃、浜本浩明、本田進、伊藤昭則、大門正機:楕形高分子の分散作用に及ぼす無機電解質の影響、J.Ceram.Soc. Japan, 108 <10>, pp.904-908(2000)
- 7) 大門正機、坂井悦郎:環境問題におけるセメント産業の役割、セラミックス、Vol.33. No.2, pp.86-90(1998)
- 8) 多賀玄治:焼却灰のセメント原料への利用と問題點、産官學フォーラムー(21世紀社會へ向けた山口縣地域産業の發展)、pp.18-19(1999)
- 9) 大崎雅史:都市型 $Ca_3Al_2O_6$ -석고계의 水和反應에 미치는 分散劑의 影響廢棄物利用セメント、セメント硬化體研究委員會報告書(社團法人セメント協會)、pp.105-117(2001)
- 10) 姜珍圭:平成13年度博士學位論文、pp.4(2002)
- 11) 姜珍圭ほか: $3CaO \cdot Al_2O_3$ 水和反應に及ぼす各種セッコウの影響