

경화촉진제 및 마쇄 이수석고 첨가에 의한 β -반수석고의 수화응결 특성

최 정 봉 · 김 종 팔

동의대학교 공과대학 화학공학과
(1997년 7월 7일 접수, 1997년 9월 18일 채택)

Hydration-Setting Property of β -Hemihydrate Gypsum by Adding of Accelerator and Ground Gypsum

Jeong-Bong Choi and Jong-Pal Kim

Dept. of Chemical Engineering, Dongeui Nat'l Univ., Pusan 614-714, Korea
(Received July 7, 1997, Accepted September 18, 1997)

요 약 : 석고의 경화촉진제로 $Al_2(SO_4)_3$ 을 첨가하고 ball mill로 분쇄한 2종류의 이수석고(인산 이수석고, 화학이수석고)의 첨가량에 따른 β -반수석고의 수화응결 및 유동성, 압축강도, 수화상태등에 미치는 영향을 파악하였다. 7%로 희석한 $Al_2(SO_4)_3$ 를 β -반수석고에 15wt% 첨가 시 수화응결은 무첨가시보다 초결 및 종결시간이 크게 단축되었다. 마쇄인산 이수석고 및 화학 이수석고의 첨가 시 수화응결은 인산 이수석고의 분쇄시간 및 첨가량 증가에 따라 초결 및 종결시간이 현저히 단축되었으며 특히, 마쇄 인산이수석고의 첨가에 의한 효과가 더 크게 나타났다. 마쇄인산 이수석고와 화학 이수석고가 첨가된 β -반수석고의 압축강도는 1, 3일의 초기 재령에서 크게 증진되었고 특히, 화학 이수석고에 비하여 마쇄인산 이수석고의 첨가로 β -반수석고 경화체의 초기 압축강도가 15~20% 증가되었다.

Abstract : When $Al_2(SO_4)_3$ as an accelerator was added to β -hemihydrate gypsum, the setting time, mobility and compressive strength properties of β -hemihydrate gypsum were examined with the adding of two types grounded gypsum crushed by ball mill. By 15wt% adding of 7% $Al_2(SO_4)_3$ dilute solution, the setting time of β -hemihydrate gypsum was sharply accelerated than that of non-added β -hemihydrate gypsum. When ground phospho gypsum(PG) and chemical gypsum(CG) were added to β -hemihydrate gypsum, the initial and final setting time of β -hemihydrate gypsum were accelerated markedly with the increasing of grinding time and added amount of ground phospho gypsum. Especially, this trend largely presented when ground phospho gypsum was added to β -hemihydrate gypsum. The compressive strength of β -hemihydrate gypsum added by ground phospho and chemical gypsum was largely increased at initial curing time such as 1, 3 days. Particularly, the compressive strength of β -hemihydrate gypsum added by ground phospho gypsum was increased by 15~20% than that of ground chemical gypsum.

1. 서 론

최근 건축자재는 초고층 건축물의 급증으로 내장재료의 경화 및 불연화등이 요구되고 있으며 각종 산업폐기물을 재활용한 건축자재도 활발히 생산·사용되고 있다[1-3]. 석고(calcium sulfate)는 불연성이 뛰어나고 급속한 수화응결성을 가지므로 짧은 시간내에 탈형, 운반, 가공이 가능하기 때문에 대량생산에 적합하다. 또한 타 재료와 혼합하여 복합재료로 이용되기도 하며 발포경화체로서의 가공도 용이하고 착색도 자유롭다.

또한 석고는 탈황공정, 인산, 불산제조시에 대량 부산물로 생성되므로 가격도 다른 재료에 비해 비교적 저렴하다. 이러한

장점을 지니므로 석고는 시멘트, 석고보드, plaster등의 건축자재로써 그 사용량이 계속 증가하는 추세에 있다[4].

석고보드는 일본에서 1921년 생산이 시작되고 1950년 이후 급속히 발전되는 추세에 있다. 석고보드의 최종제품은 원료석고와 물/석고비 및 각종 첨가제의 종류와 양에 따라 그 물성이 크게 달라지게 되므로 석고의 수화기구를 해석하기 위하여 수많은 연구가 진행되어 왔으나 아직은 불분명한 부분이 많이 있다.

일반적으로 석고보드는 유입성형법에 의해 최종제품을 제조하는데, 원료인 반수석고($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$), 물, 각종 첨가제를 혼합기에서 pinmixer로 교반을 시키고 콘베이어벨트위에 석고 슬러리를 부어 두께를 일정하게 하면서 표면을 고르고 그 위

에 표면지를 덮게 된다. 이후 콘베이어벨트에서 경화된 석고는 절단기에 의해 제품으로 포장되게 된다.

따라서 석고보드의 대량생산을 위해서는 석고의 수화응결시간을 단축시키는 것이 요구되나 너무 수화응결시간이 짧르게 되면 표지와 접착성이 저하하는 결과를 초래하기도 한다[5]. 특히, 경화촉진제로써 널리 사용되고 있는 Al₂(SO₄)₃는 수화응결시간을 크게 단축시키는 동시에 강도를 증진시키나 표지와 접착성이 좋지 않고 노화시간이 짧아 그 사용량에 한계를 두고 있다. 석고보드의 대량생산은 석고의 수화응결시간에 밀접한 관계가 있으므로 山田, 安江, 渡邊[4, 5, 6]등은 반수석고(CaSO₄·1/2H₂O)에 이수석고(CaSO₄·2H₂O)를 분쇄시간에 따라 ball-mill로 분쇄한 이수석고의 첨가량과 분쇄시간에 따른 반수석고의 수화응결시간에 미치는 영향을 연구한 결과 이수석고의 분쇄로 반수석고의 응결에 있어서 강력한 촉진효과가 있다고 보고하였다. 또한 中村[7]등은 응결촉진제로써 황산칼슘과 이수석고의 혼합이 석고 경화체의 수화시간 및 강도에 미치는 영향을 조사하였다. 본 연구에서는 β-반수석고(β-hemihydrate gypsum)에 경화촉진제로 사용된 Al₂(SO₄)₃의 첨가 유·무 및 인산제조시 부생되는 인산 이수석고와 시약용으로 시판되는 화학 이수석고등 2종을 ball mill로 일정시간씩 분쇄한 마쇄인산 이수석고(ground phospho gypsum, 혹은 PG로 약함) 및 마쇄화학 이수석고(ground chemical gypsum, 혹은 CG로 약함)의 입도변화 및 첨가량에 따른 β-반수석고의 수화응결 특성과 유동성, 압축강도, 석고 경화체의 수화상태 등에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 실험 재료

2.1.1. β-반수석고

β-반수석고는 국내 B사에서 인산제조시 부산물로 발생하는 이수석고를 130℃에서 소성하여 제조한 β-반수석고를 사용하였다. Table 1에는 KS L 9003에 의한 화학성분 분석결과를 나타내었다.

Table 1. Chemical Compositions of Ground Phospho Gypsum (PG)

Chemical component	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅	MgO	SiO ₂	Total
wt%	43.68	0.56	0.19	46.33	0.82	0.03	3.02	94.63

2.1.2. 마쇄 이수석고

마쇄 이수석고는 국내 B사에서 인산제조시 부생되는 인산 이수석고와 시판되는 화학이수석고를 500g씩 각각 ball mill로 1, 3, 5, 10분 동안 분쇄하여 사용하였다. 분쇄한 이수석고의 평균입도는 MALVERN PARTICLE SIZE ANALYZER를 이용하여 습식법으로 측정하였으며 이를 Table. 2에 나타내었다. 동일한 분쇄시간에서 인산 이수석고의 분쇄입도가 화학 이수석고보다 더 작은 것으로 나타났다. 수화응결의 측정은 마쇄 이수석고의 혼입량은 β-반수석고 무게비로 1, 2, 3, 4, 5 wt%

Table 2. Mean Particle Size of PG and CG According to Grinding Time

Grinding Time(min)	Mean Particle Size of PG*(μ m)	Mean Particle Size of CG*(μ m)
1	17.50	20.02
3	16.60	19.83
5	15.20	18.81
10	13.43	17.36

를 첨가하여 행하였다.

2.1.3. 경화촉진제

β-반수석고의 수화응결을 위한 경화촉진제로는 시판되고 있는 시약용 Al₂(SO₄)₃분말을 증류수로 녹여 7%로 희석하여 사용하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 수화응결 특성

경화촉진제로서 시약용 Al₂(SO₄)₃·18H₂O(54~57%)의 7% 희석용액을 석고 무게비 15 wt%로 고정시켜 첨가하였다. 혼합수량은 석고 무게비 70 wt%로 정하고 마쇄 이수석고를 분쇄시간 별로 각각 1, 2, 3, 4, 5 wt%씩을 첨가하였다. Table. 3에 β-반수석고의 수화응결시간 측정을 위한 각 재료의 혼합조건을 나타내었다.

Table 3. Mixing Conditions of Specimen Prepared for Testing Setting Time

W/G* (wt%)	Added Amount of Al ₂ (SO ₄) ₃ (wt%)	Added Amount of PG(wt%)	Added Amount of CG(wt%)
70	0	1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5
	15	1	1
		2	2
		3	3
		4	4
		5	5

* W/G : Weight Ratio of Water to Gypsum

각 실험에서 교반시간은 모두 동일하게 30초 동안 기계식으로 교반하여 배양접시에 정치시켰다. 양생조건은 항온·항습건조기를 사용하여 온도 25℃, 습도 80%로 유지시켜 주었다. 수화응결시간 측정은 Gillmore Needle법(KS L 5103)을 이용하여 석고 경화체 표면에 나타난 needle의 흔적 유무로 초결 및 종결시간을 결정하였다.

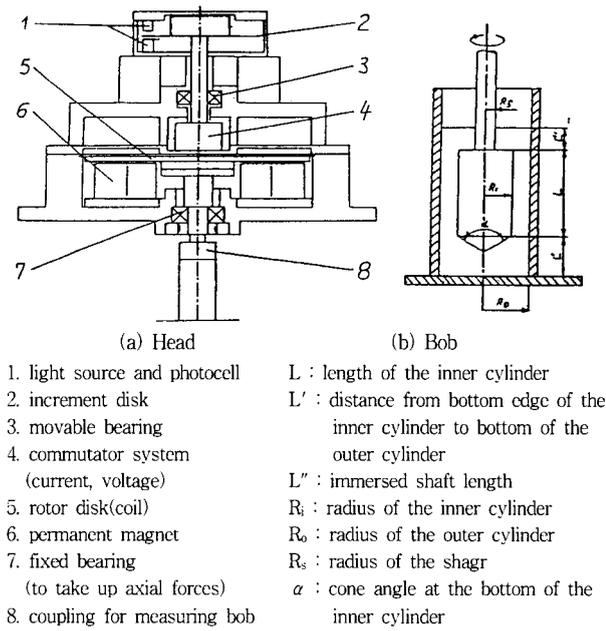


Fig. 1. Schematic diagram of RHEOLAB MC 20 for the measuring of flow curve.

2.2.2. 유동곡선

마쇄 이수석고가 β -반수석고의 유동성에 미치는 영향을 파악하기 위해 RHEOLAB MC 20(PHYSICA사)을 이용하여 300 초 동안 전단속도를 $0 \sim 150(\text{sec}^{-1})$ 로 증가시키면서 전단속도에 대한 전단응력을 측정하여 유동곡선을 얻었다. Fig. 1에는 유동곡선 측정장치에 대한 모식도를 나타내었다.

2.2.3. β -반수석고 경화체의 압축강도

β -반수석고에 첨가되는 마쇄 이수석고의 첨가율은 수화응결시간 측정시와 동일한 혼합비로 첨가하였고 압축강도 몰드는 $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ 의 cubic 몰드를 사용하였다. 압축강도 몰드로부터 경화체를 1시간 동안 양생한 후 이를 탈형한 경화체를 항온·항습건조기에 넣고 온도 25°C , 습도 80%를 유지시키면서 1, 3, 7일 후의 압축강도를 3개씩 측정하여 그 평균치를 압축강도 값으로 하였다.

2.2.4. β -반수석고 경화체의 수화생성물 확인

7일 압축강도 시험이 끝난 경화체를 아세톤으로 수화를 정지시킨 후 항온·항습건조기에 45°C 로 유지시켜 항량이 된 경화체를 분쇄하여 분석시료로 하였다. 이를 XRD를 이용하여 $2\theta = 0 \sim 50^\circ$ 의 조건에서 β -반수석고 경화체의 수화생성물을 정성적으로 확인하여 경화촉진제와 마쇄인산 이수석고 및 화학 이수석고의 첨가에 따른 수화상태를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. β -반수석고의 수화응결 특성

3.1.1. 경화촉진제의 영향

β -반수석고의 수화응결에 경화촉진제로 알려져 있는 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 가 미치는 촉진효과를 관찰하기 위하여 7%로 희석한

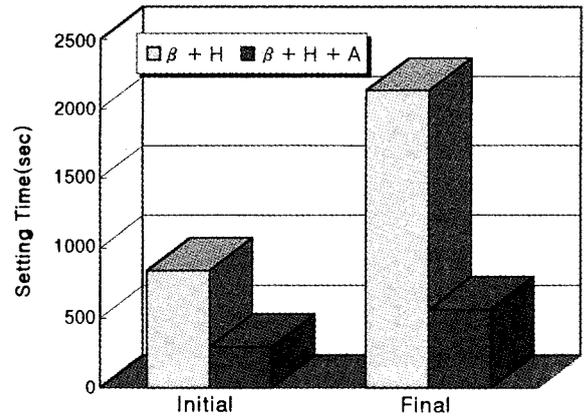


Fig. 2. Comparison of initial and final setting time of β -hemihydrate gypsum by adding of $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. (β : β -hemihydrate gypsum, H: Water, A: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

촉진제의 첨가유·무에 따른 β -반수석고의 수화응결 측정결과를 Fig. 2에 나타내었다.

초결시간의 경우 경화촉진제 무첨가시 840초였으며 첨가시는 295초로 65%정도의 현저한 촉진율을 나타냈으며 종결시간은 경화촉진제 무첨가시 2130초인 반면 첨가시 560초로 약 74%의 촉진율을 나타내 종결시간에서 다소 촉진율이 상승되는 결과를 보여주었다.

이는 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 내 sulfate이온(SO_4^{2-})의 작용으로 결정의 석출속도가 빨라져 β -반수석고의 응결이 촉진되는 것으로 판단되며 또한 山田[4]등의 경화촉진제내 음이온이 석고결정 석출속도에 미치는 영향에서 경화촉진제내 음이온의 반경이 클수록 결정의 석출속도를 증가되어 수화응결이 촉진된다는 보고에서 처럼 sulfate 음이온의 크기에 의한 영향도 있으리라 사료된다 [4]. 이상의 결과에서 경화촉진제의 촉진효과가 초결보다는 종결에서 더욱 큰 영향을 미친다는 보고와 일치함을 알 수 있었으나 경화촉진제의 첨가량을 지나치게 증가시키면 석고보드등의 제품 제작시 원지와외의 접착성이 저하되며 원지를 상하게 하는 원인이 될 수 있으므로 그 사용량에 제한을 두고 있다 [8].

3.1.2. 마쇄 이수석고의 영향

마쇄 이수석고의 첨가가 β -반수석고의 수화응결시간에 미치는 영향을 조사하기 위하여 분쇄시간별로 각각 1, 2, 3, 4, 5 wt%씩 첨가하여 경화촉진제를 첨가하지 않은 경우와 첨가한 경우로 나누어 실험을 진행하였다.

Fig. 3과 4는 경화촉진제 무첨가시 각각 분쇄시간별로 분쇄된 인산 이수석고(PG)와 화학 이수석고(CG)의 첨가량에 따른 β -반수석고의 수화응결 촉진효과를 상호 비교하기 위하여 β -반수석고의 초결 및 종결시간을 측정한 결과이다.

마쇄인산 이수석고의 첨가량 증가는 β -반수석고의 초·종결을 무첨가시보다 크게 촉진시켰으며 특히, 첨가량 1 wt%만으로도 분쇄시간 3, 5분의 경우 각각 840분에서 680분, 550분으로 초결이 촉진된 결과 약 20~30%의 응결촉진 효과를 나타냈다. 이는 山田[6]이 이수석고의 분쇄도에 따른 수화촉진 효과에 있어서 1~5분 분쇄한 경우 현저한 수화응결 촉진효과

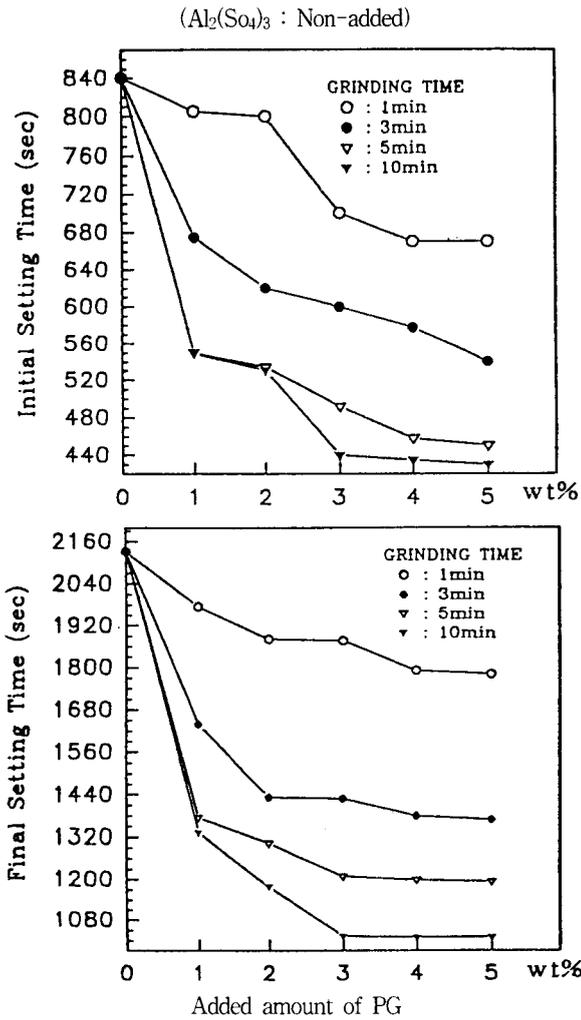


Fig. 3. Variations of setting time of β -hemihydrate gypsum with the increasing of grinding time and added amount of PG in the absence of $Al_2(SO_4)_3$.

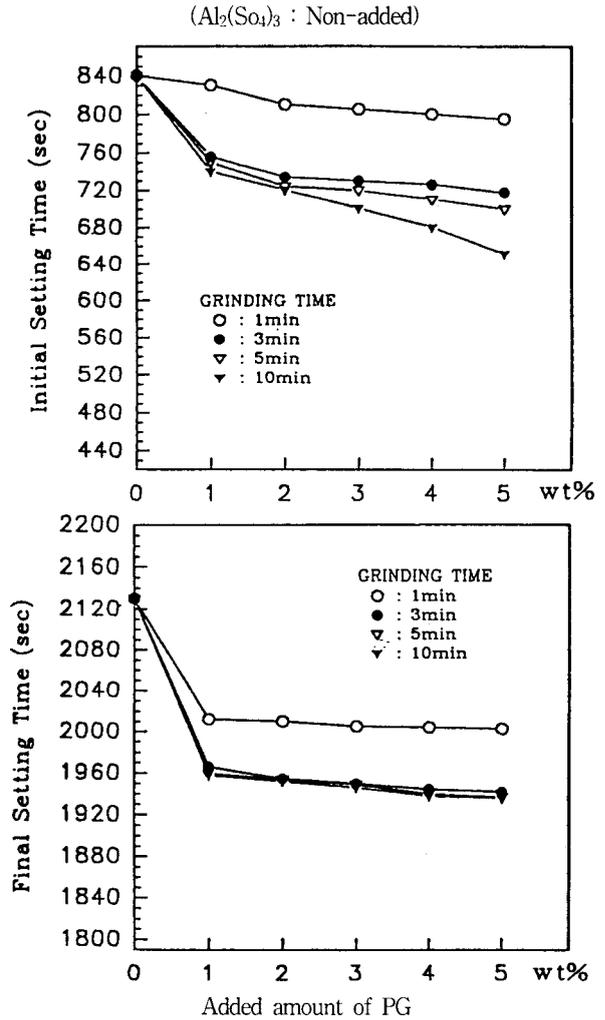


Fig. 4. Variations of setting time of β -hemihydrate gypsum with the increasing of grinding time and added amount of CG in the absence of $Al_2(SO_4)_3$.

가 있으며 10분 이후에는 거의 없다고 보고한 결과와 거의 일치하였다.

그러나 마쇄인산 이수석고의 첨가량 1 wt% 이상에서는 초결 촉진현상이 다소 둔화되는 경향을 보여 3 wt% 이상에서는 분쇄시간의 영향이외에 첨가량에 따른 응결 촉진현상은 거의 확인되지 않았다. 즉, 이수석고의 첨가량 3 wt% 이상에서는 첨가량 증가에 따른 효과보다는 분쇄시간의 증가에 따른 영향이 지배적인 것으로 나타났다. 종결의 경우에도 1 wt% 첨가시 응결촉진이 현저하였으며 특히, 이수석고의 분쇄시간 3, 5분에서 약 25~35% 정도 종결이 크게 촉진되었다.

한편 마쇄화학 이수석고를 첨가된 β -반수석고의 수화응결 촉진효과는 Fig. 4와 같이 동일한 조건에서 마쇄인산 이수석고를 첨가한 것보다 현저히 저하하는 결과를 보여주었다. 즉, 초결의 경우 분쇄시간의 차이에 따른 효과에서는 분쇄시간 3분에서 응결촉진이 확인될뿐 3분 이후에서는 응결촉진이 거의 없었으며 첨가량의 계속적인 증가에도 마쇄인산 이수석고에 비해 현저히 낮은 약 10% 미만의 응결촉진 효과를 보였다. 이

러한 경향은 종결에서 더욱 두드러졌으며 첨가량 1 wt% 이상에서 응결촉진 현상은 거의 확인되지 않았으며 분쇄시간의 증가에 따른 영향도 거의 없었다. 즉, 마쇄화학 이수석고 첨가시 분쇄시간 및 첨가량 증가에 따라 약간의 촉진효과는 나타나고 있으나 이수석고의 첨가량 1 wt% 이상, 분쇄시간 3분 이상에서는 두드러진 응결촉진효과가 없는 것으로 나타났다.

이와 같이 마쇄 이수석고 첨가시 인산 이수석고가 화학 이수석고보다 실험결과 β -반수석고의 응결 촉진효과가 크게 나타나고 있는데 이는 동일한 분쇄시간에서 인산 이수석고의 입도가 미세한 결과 반응가능한 비표면적이 증가하여 β -반수석고와의 수화에 따른 수화생성물 및 결합수량의 증가등 수화촉진 반응성이 향상된 결과로 판단된다[4, 9]. 또한 인산이수석고 내에 미량 함유되어 있는 P_2O_5 가 석고의 수화응결속도에 큰 영향을 미칠 수 있으며 또한 불순물로 존재하는 SiO_2 , Fe_2O_3 등은 석고의 응결시간을 빨라지게 하는 성분으로 작용할 수 있기에 이들 불순물의 영향에 의해 β -반수석고의 수화응결이 촉진될 수 있다고 사료된다[10].

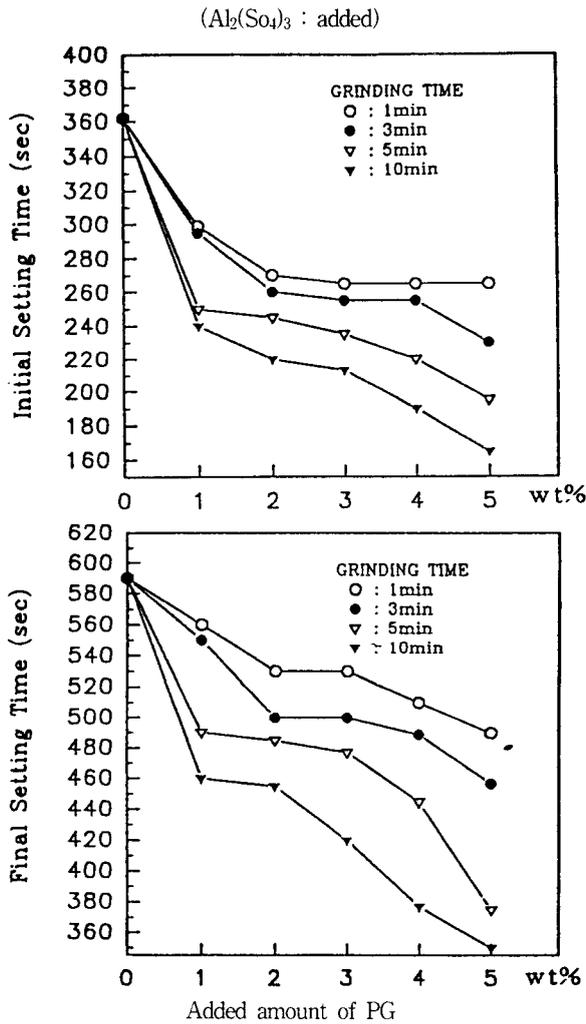


Fig. 5. Variations of setting time of β -hemihydrate gypsum with the increasing of grinding time and added amount of PG in the presence of $Al_2(SO_4)_3$.

한편, 경화촉진제로 $Al_2(SO_4)_3$ 를 15 wt%(석고무게대비) 첨가하에서 마쇄인산 이수석고 및 화학 이수석고를 각각 첨가한 β -반수석고의 초·종결을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 5와 6에 나타내었다. 경화촉진제의 첨가에 의해 초·종결 모두 무첨가의 경우보다 크게 촉진되었다. 또한 이수석고의 분쇄시간에 비례하여 β -반수석고의 응결이 촉진되는 경향을 보였으며 이러한 경향은 화학 이수석고보다는 인산 이수석고 첨가시 더욱 두드러지게 나타났다. 또한 마쇄인산 이수석고의 경우 첨가량 2 wt% 이상에서 경화촉진제 무첨가시와는 달리 첨가량 증가와 함께 응결시간이 촉진되는 결과를 보였다.

그러나 화학 이수석고 첨가시 분쇄시간 3분까지는 β -반수석고의 초결이 촉진되었으나 5분 이상에서는 두드러진 촉진은 보이지 않았으며 다만 첨가량 증가와 함께 응결이 약간씩 촉진되었다. 한편 경화촉진제 무첨가시 확인되지 않았던 분쇄시간 10분에서의 현저한 종결촉진은 분쇄시간의 증가에 따른 화학 이수석고의 입도 감소 및 경화촉진제 첨가에 따른 복합적인 상승작용에 의한 영향으로 판단된다.

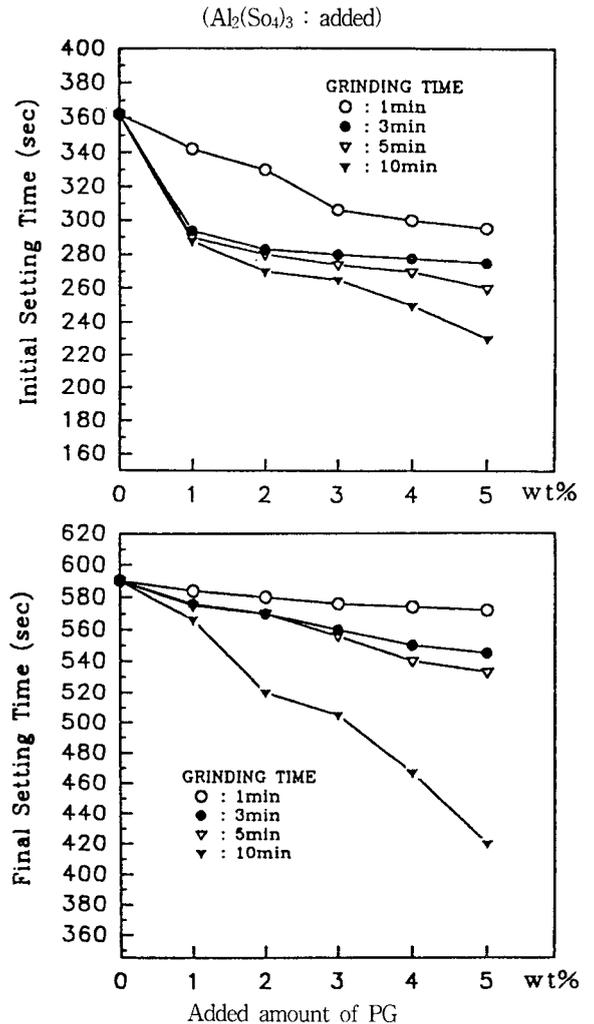


Fig. 6. Variations of setting time of β -hemihydrate gypsum with the increasing of grinding time and added amount of CG in the presence of $Al_2(SO_4)_3$.

이상의 결과에서 분쇄에 의한 인산 이수석고가 화학 이수석고보다 응결촉진효과가 우수하였으며 인산 이수석고 첨가량 및 분쇄시간의 증가에 의한 평균입경의 감소로 β -반수석고의 초·종결을 크게 단축시킬수 있는 것으로 사료된다.

3.2. β -반수석고의 유동곡선

인산 이수석고와 화학 이수석고를 각각 1, 3, 5 wt%씩 β -반수석고에 첨가하여 300초 동안 전단속도 $0 \sim 150(s^{-1})$ 까지의 전단응력을 측정하여 얻어진 유동곡선을 Fig. 7, 8에 나타내었다.

Fig. 7에서 인산 이수석고의 첨가량 증가가 동일한 전단속도에서 받는 전단응력을 증가시킴을 보이는데 이처럼 이수석고의 첨가량이 증가할수록 유동성이 감소하는 것은 동일한 W/S에 있어서 수화응결이 촉진되는 결과에서 비롯됨을 알 수 있다. 이러한 유동성의 감소는 작업성의 저하를 초래하므로 수화응결시간의 촉진과 함께 분산제를 첨가하여 유동성을 향상시키는 것이 요구된다[11, 12].

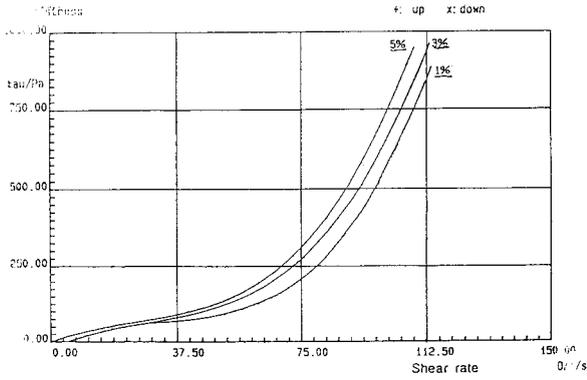


Fig. 7. Flow curve of β -hemihydrate gypsum with the increasing of added amount of PG.

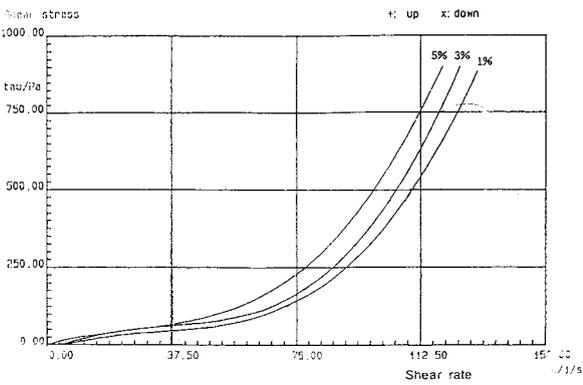


Fig. 8. Flow curve of β -hemihydrate gypsum with the increasing of added amount of CG.

3.3. β -반수석고의 압축강도

Fig. 9, 10은 경화촉진제 및 마쇄 이수석고(5분 분쇄)를 첨가 시 β -반수석고 경화체의 압축강도 결과를 나타낸 것으로 마쇄 이수석고를 첨가하지 않았을 때의 압축강도는 재령 3일에서 크게 증가하나 7일까지는 거의 일정한 것으로 확인되었다. 반면 5분 분쇄한 인산 이수석고 및 화학 이수석고를 각각 1, 2 wt% 첨가시 재령 1, 3, 7일의 β -반수석고 압축강도 측정 결과 두 경우 모두 1, 3일 초기 재령에서의 β -반수석고 압축강도를 크게 증진시키는 결과를 보였다. 이는 山田[4]등이 마쇄 이수석고의 강력한 핵발생작용에 의한 미세한 침상결정의 생성으로 반수석고의 강도가 증진된다는 보고와 일치하였다. 그러나 β -반수석고의 압축강도는 인산 이수석고의 첨가에 의해 화학 이수석고를 첨가한 경우보다 약 15~20% 정도 향상되는 것으로 나타났다. 이는 마쇄 이수석고의 첨가로 β -반수석고의 용해도가 증가되어 미세한 이수석고의 결정생성을 촉진시키는 동시에 생성된 이수석고 결정간 interlocking 작용에 의하여 경화체의 강도가 증진[6]될 수 있으며 이러한 경향은 상대적으로 입도가 작은 인산 이수석고에서 더 현저할 것으로 사료된다.

선행된 실험결과로부터 마쇄 이수석고의 첨가로 β -반수석고 경화체의 강도는 증가하지만 수축 및 겔보기 비중도 증가되는 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과는 분쇄물의 첨가에 의해 이수석고의 용해속도가 촉진됨으로써 결정간의 접촉점

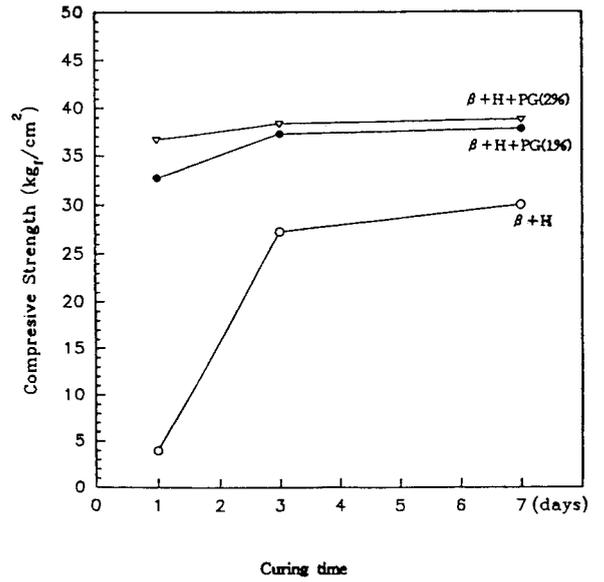


Fig. 9. Effect of PG on the compressive strength of β -hemihydrate gypsum with curing time (β : β -hemihydrate gypsum, H : Water, PG : Ground phospho gypsum).

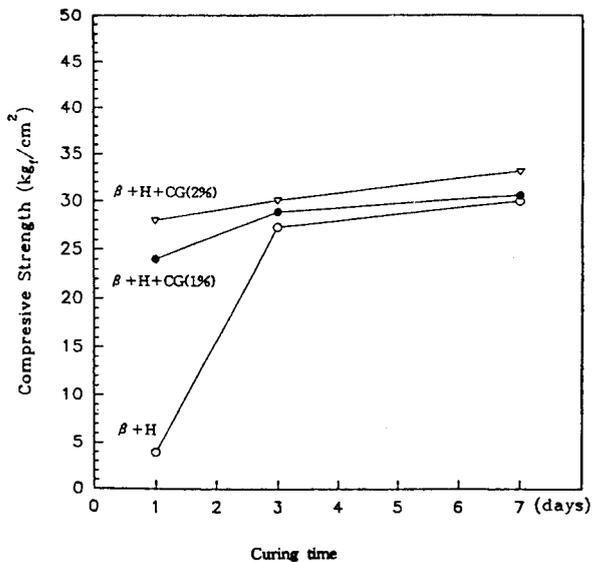


Fig. 10. Effect of CG on the compressive strength of β -hemihydrate gypsum with curing time (β : β -hemihydrate gypsum, H : Water, CG : Ground chemical gypsum).

증가와 가교의 증대때문에 일어나는 결과로 판단된다[6, 13].

3.4. β -반수석고 경화체의 수화상태

Fig. 11은 β -반수석고 경화체의 7일 강도실험이 끝난 후 수화를 정지시킨 경화체의 파편을 항온항습 건조기에 넣은 후 이를 분쇄한 분석시료를 대상으로 XRD를 이용하여 석고 경화체의 수화생성물을 관찰한 결과이다.

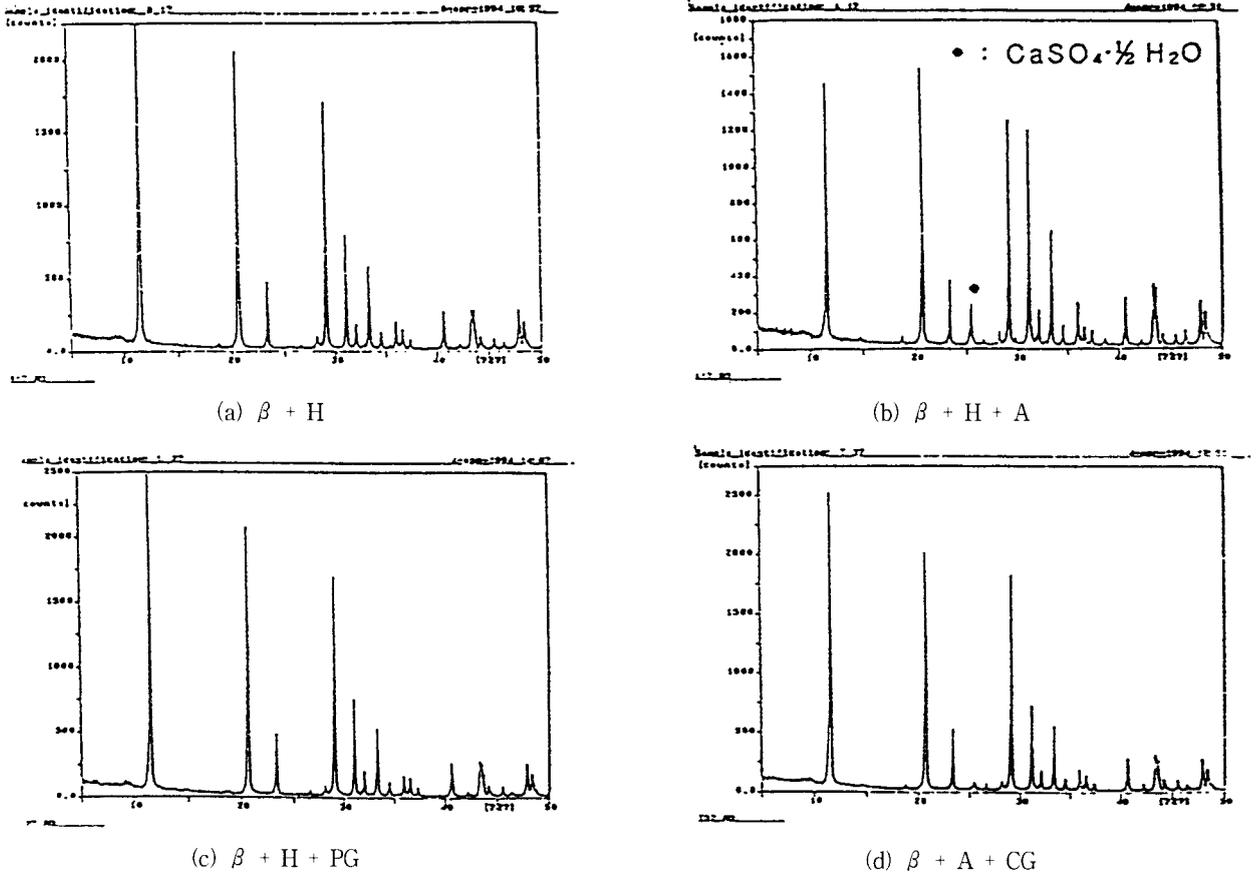


Fig. 11. X-ray diffraction patterns (β : β -hemihydrate gypsum, H : Water, A : $Al_2(SO_4)_3$, PG : Ground phospho gypsum, CG : Ground chemical gypsum).

(a)는 β -반수석고의 수화경화체 (b)는 $Al_2(SO_4)_3$ 를 β -반수석고에 첨가한 수화경화체, (c)는 마쇄인산 이수석고를 β -반수석고에 첨가한 수화경화체이며 (d)는 마쇄 화학석고를 β -반수석고에 첨가한 수화경화체이다. $Al_2(SO_4)_3$ 를 첨가하였을 때 $2\theta = 25.8$ 에서 β -반수석고의 특성피크가 나타나고 있는데, 이는 경화촉진제를 첨가하였을 때 미반응 β -반수석고의 존재에 기인하는 피크인 것으로 판단되며 다른 피크는 결정피크에 있어서 약간의 강도차이가 보이나 모두 이수석고 수화물의 특성 피크로 확인되었다[13].

4. 결 론

경화촉진제 및 마쇄 이수석고를 첨가한 β -반수석고의 수화응결시간 및 유동성, 압축강도, 수화상태등을 측정하여 얻은 결론은 아래와 같다.

1) 경화촉진제로서 $Al_2(SO_4)_3$ 를 7%로 희석하여 15 wt% 첨가한 β -반수석고의 수화응결시간을 측정한 결과 경화촉진제 무첨가시보다 β -반수석고의 초결이 약 65%, 종결이 약 74%정도 촉진되는 것으로 확인되었다.

2) 마쇄 이수석고 첨가에 의한 β -반수석고의 수화응결 특성에서 마쇄인산 이수석고의 분쇄시간 및 첨가량 증가에 따라 β -반수석고의 초결 및 종결이 각각 20~30%, 25~35%씩 크

게 촉진되었다. 즉, 마쇄화학 이수석고에 비해 마쇄인산 이수석고의 첨가로 β -반수석고의 수화응결이 더욱 촉진되는 것으로 나타났다.

3) 마쇄인산 이수석고와 화학 이수석고를 첨가한 β -반수석고의 압축강도는 모두 증가하였으며 1, 3일의 초기 재령에서 압축강도가 크게 상승되었다. 특히 마쇄인산 이수석고의 첨가는 화학 이수석고의 첨가에 비하여 β -반수석고 경화체의 초기 압축강도를 15~20% 증진시켰다.

감 사

본 연구는 1996년도 동의대학교 학술연구 조성비(자유공모)의 지원으로 수행되었으므로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김세원, "인산부생석고의 제조", 제1회 석고석회심포지움, 31~36(1987).
2. 노재성의 2인, "Cement Sludge 폐기물의 재활용 방안", 한국 폐기물학회, 10, 83~91(1993).
3. 홍길희, 박민선, 한상현, "인산석고에 대한 염류의 영향", 요업재료의 과학과 기술, 8, 13~18(1981).

4. 山田保外 3人, “摩碎二水セッコウの結合水の性質と半水セッコウの水和への影響”, Gypsum & Lime, No. 184, 16~21 (1983).
5. 安江任外 2人, “リン酸セッコウ排脱セッコウを原料とする二水セッコウ硬化體の試製”, Gypsum & Lime, No. 186, 17~22(1983).
6. 渡邊誠, 山田保, “無水セッコウの水和と吸濕に對する摩碎二水セッコウの促進作用”, Gypsum & Lime, No. 193, 21~26 (1984).
7. 中村歩外 2人, “セッコウ硬化體の強度とSEM觀察”, Gypsum & Lime, No. 226, 47~53(1990).
8. 大石新一郎, “セッコウボード廢材再生利用の檢討”, Inorganic Materials, 1, 62~67(1994).
9. 山田保, “半水セッコウ水和に對する二水セッコウ摩碎物の促進作用”, Gypsum & Lime, No. 174, 13~18(1981).
10. 김세원, “인산부생석고 제조”, 제1회 석고석회심포지움, 32 (1987).
11. 加藏義徳外 1人, “セッコウスラリーの流動性および硬化體強度および減水劑の影響”, Gypsum & Lime, No. 206, 51~56 (1987).
12. Yoshinori K., Masakazu M., Kaoru U., “Rheological Studies for the Gypsum Suspension at the Early Setting Stage”, Gypsum & Lime, No. 170, 47~53(1990).
13. 高橋 聰, 瀬戸山克己, “セッコウの結晶系制御と結晶形態制御”, Inorganic Material, 2, 498~505(1995).