

石膏의 排水性에 관한 系統的 研究

金 勇 瑞 譯

<雙龍洋灰컴퓨터室資料處理課長>

<ABSTRACT>

1) 本研究論文은 Zement-Kalk-Gips 1975年度 8月號에 게재된 TH. Chvatal 씨의 「Systematische Versuche zur Hydrophobierung des Gipses」를 번역 발췌한 것으로 요약하면 다음과 같다.

2) 현재 사용 가능한 agent 중에서 가장 效果的인 것을 선택하여 석고에 장기 排水性을 가지게 하는 것이 가능한가의 여부에 대한 실험 結果이다.

3) 원필자의 실험은 28일간 계속되었으며 α 型 및 β 型 半水石膏에 대해 물의 흡수, 강도변화, 체적의 감소 및 表面의 손상 등에 대해 系統的으로 실험하였다.

4) α 型 및 β 型 半水石膏에 대해 어떤 agent도 완전히 排水性을 가지게 할 수는 없었으며 이 두 석고의 물에 대한 抵抗은 거의 大同小異하였다.

I. 서 언

석고를 이용해서 매우 빨리 그리고 簡單하게 정밀한 치수의 建築資材를 製作할 수 있기 때문에 土建事業에 석고의 利用이 날로 增大하여 가고 있다. 比重, 기공도 등의 物理特性이 대단히 有利하며 美術的인 作品 등에서도 석고의 여러 가지 특성이 높히 評價되고 있다. 석고는 싸면서 물을 부어 형틀을 만들 수 있어 사람의 身體 등 複雜한 형상까지도 그 모형을 만들 수 있으며 적당한 첨가물을 배합하여 그 性質을 바꿀 수도

있다.

석고는 水硬性 粘接劑이면서 겔을 形成(Gelbildung)치 않으며 半水石膏의 結晶으로 된다.

β 型 半水石膏(β -CaSO₄·1/2H₂O)는 원료 석고를 加熱하여 製造하며 結晶 구조가 세밀하다.

α 型 半水石膏는 比重이 크고 강도가 높아서 건축재료로서 많이 使用된다. 最近에는 소위 인산 석고(Phosphorgips : 인산製造過程의 副產物)라는 α 型 半水石膏가 가공되면서 原料 획득도 넓게 확대되었으며 品質도 많이 개선되었다.

석고의 短點은 물에, 대해 不安定하다는 點이다. 비록 溶解度(Löslichkeit)는 그렇게 높지 않으나(약 0.3%) 물에 특히 流動的인 물에 장기 저장하면 溶解되어 表面이 헐고 강도가 크게 저하된다. 例로서 물에 장기 저장한 석고는 물에 집어 넣을 당시의 강도(Ausgangs Festigkeit)의 1/4정도 떨어지며 이를 건조시키면 다시 단단해지나 집어 넣을 당시 강도까지는 회복되지 않는다. 그러므로 석고는 건조를 반복시키면 強度는 점점 저하된다.

A. Kloppe 씨는 이러한 強度低下의 原因을 석고는 針狀結晶이 엉클어져서 단단하게 되었기 때문이라고 說明하고 있다. 水和時에 結合되지 못한 과잉의 수분은 건조시 조직내에 조그마한 동공을 형성한다. 물을 붓거나 높은 상대 공기 습도로 인하여 동공 속에서 다시 물분자화가 發生되어 石膏結晶에 흡수된다.

최근에는 針狀石膏結晶을 機械的으로 加壓하여 매끄럽게 할 수 있어 機械的 強度는 점점 경시하게 되었다. 이와 같은 석고의 短點을 감소시키기 위해 우리들은 많은 처리 方法에 대해 研

究하여 왔다. 명반(Alaun), 보락스(Borax), 염화바륨(Bariumchlorid) 등 무기성염 또는 다른 용액 등으로 처리하여 불수용성 침전물을 만들어 내려고 사람들은 실험을 계속해 오고 있는 것이다.

F. Graf 씨와 F. Rausch 씨가 이들 방법을 정리하였으며 그 후 E. Hoffmann 씨와 A. Saraes 씨가 인산속에서 calcium hydroxide를 첨가하여 석고의 표면을 化學적으로 處理하는 방법을 소개하였다. 또한 사람들은 구조토, 凝灰岩, 포졸란 혹은 재 등과 같은 반응성이 있는 규산과 組合된 calcium hydroxide, cement, blast furnace cement 등의 새로운 接着材를 만들어 내자고 제의하였다. 이러한 努力의 最終目標은 새로운 接着材, 例로서 50~75%의 半水石膏, 15~20%의 포틀랜드 시멘트 및 10~25% 활동성 규산(포졸란)으로 構成되는 석고포졸란 시멘트(Gips-Zement-Puzzolan) 등을 製造하는 것이라고 W. Wolzhenskü는 기술하고 있다.

계속하여 아스팔트, 역청, 타르, 파라핀, 용해되는 밀(Wax)이나 스테아린, 기름 등 일련의 有機物質을 利用하여 석고의 排水性を 강화하기 위한 研究가 進行되었다. 最近에는 排水劑로서 뿐만 아니라 機械적으로도 단단하여 合成樹脂가 첨가제로서 추천되고 있으며 특히 M. A. Kornienko, A. Aignesberger 와 H.G. Rosenbouer 씨들은 메라민樹脂(Melaminharz)가 적당하다고 주장하고 있다.

근래에 와서 새로이 改善된 排水方法이 개발되고 있으며 석고에 대한 이들의 作用이 比較·檢討되고 있다. 이 방법은 양생이 끝난, 部分的으로 溶화된 석고에 대해 效果의이라는 것이 발견되었다. 이 새로운 排水方法은 아직까지는 相對적으로 高價이다.

석고는 싼 原材料이므로 技術적으로 效果가 좋고 훌륭한 方法이라 할지라도 cost 면에서 利用될 수 없을 경우가 있다.

많은 實驗을 通하여 선정된 몇가지 방법을 지금부터 소개하고자 한다.

II. 實驗實施

이미 기술한 두 가지 石膏種類(α 型和 β 型 半水石膏)에 대한 處理하는 排水方法의 影響에 대해 系統的으로 실험하였다. 두 種類의 석고에 대해 $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ 크기의 標準 프리즘을 만들었으며 α 型 반수석고의 경우는 100 ml 물에 250 g, β 型 반수석고의 경우는 125 g을 부었다.

α 型 半水石膏로서는 Giulini 製品 HFG 250/75 (인산석고)를, β 型 반수석고로서는 모델석고를 각각 利用하였다. 投入量이 다른 이유는 sample의 特性을 상응하게 다르게 하고자 함이다. 따라서 기공도가 α 型 반수석고는 25%, β 型 반수석고는 50~52%이며 비중 역시 1.6 및 1.0g/ml이었다.

排水性 시험을 위해 시편(Probekörper)을 담갔다가 重量이 一定할 때까지 다시 乾燥시킨다. 흡수 能力을 比較 시험하기 위해 때때로 시편마다 피펫으로 물 1 ml씩 供給하고 흡수 시간을 측정하였다. 뿐만 아니라 물속에 잠겨 있는 標準 프리즘의 흡수 能力 역시 첫시간째부터 짧은 시간 간격으로 秤量하여 측정하였다. 방수성 실험을 위해서는 물속의 프리즘의 무게 變動을 체크하였으며 물은 매일 交換해 주었다.

秤量하기 전에 젖은 수건을 使用하여 시편에 부착된 水分을 除去하였다. 다음에는 機械적으로 表面을 부드럽게 하여 멀리 떨어지게 하여 놓았다. 또 한편 流動하는 물속에 저장하면서 溶解가 어떻게 되는가 관찰해 보았다. 모든 시편에 대해 7일, 28일의 bending strength(Biegezugfestigkeit) 및 압축 강도를 測定하였고 계속해서 시편의 外的特性도 관찰하였으며 28日後의 溶解로 인한 단면적의 변화도 測定하였다.

III. 實驗方法

大部分의 有機物質(合成樹脂 역시)은 排水性이 나타났으므로 다른 有機物質을 대표하여 메타놀+톨루엔 5:1의 10% 용액일 때의 Epoxy樹脂를 利用하였다(Epoxyd로 표시). 스테아린산염 group用으로는 알루미늄-스테아린산

염 (Aluminium-Stearat) 인 Bärphob Al-60(O. Barlocher 工場, München)을 使用하였으며 클로로포름 1:9로 묽게 하였다(AI-60으로 표시). 그 외에도,

- Wacker 190; methylphenylpolysiloxan 으로 처리.

- Wacker BS-15; 물로 1:6으로 묽게 한 potassiummethylsiliconat 용액으로 처리.

- Siliconemulsion VP 1300; 工場 Wacker 를 석고 1% 첨가 처리하여 실험하였다.

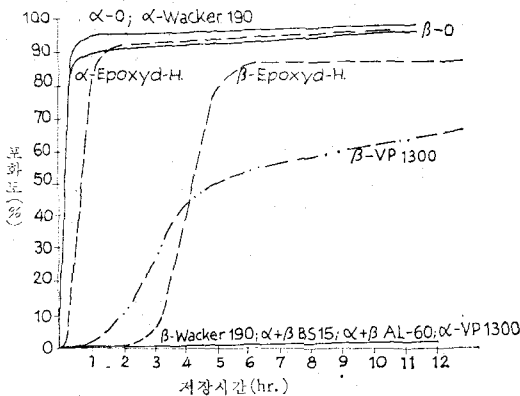
어느 경우나 setting condition 은 변경시키지 않았다(β 型的 경우는 17'에 시작하여 32'에 끝나도록, α 型的 경우는 40' 및 60'로 하였다).

IV. 實驗結果

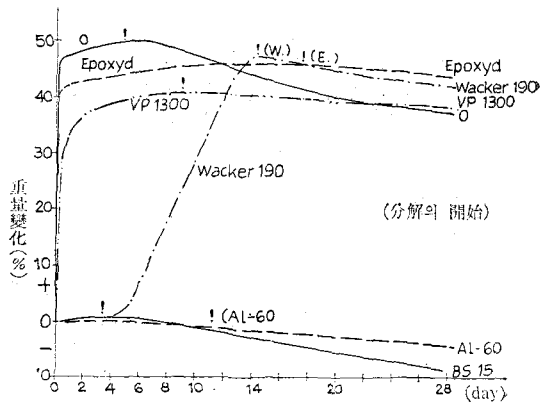
實驗 結果를 <그림-1>, <그림-2> 및 <그림-3>과 <表-1>에 나타내었다. <그림-1>은 단시간 후에 석고 시편의 수분 흡수도를 나타내고 있다. <그림-2> 및 <그림-3>은 28일간의 모든 시편에 대한 重量變化를 나타낸 것이다.

<表-1>은 물의 흡수 및 強度에 관한 實驗結果를 整理한 것이다.

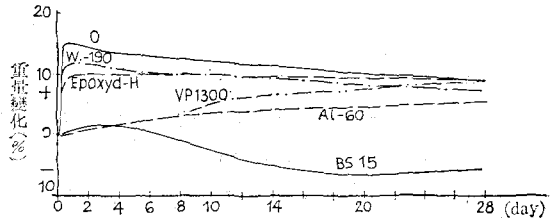
α 型, β 型 各各의 반수석고에 한번은 물방울을 떨어뜨리면서, 한번은 석고를 물에 完全히 담겨서 물의 흡수 속도를 測定하였다. 만약 석고가 排水性이 없으면 물이 대단히 빨리 흡수될 것이다. 處理하지 않은 석고는 물에 담근 후 30분이 되기 前에 90~99%의 물에 포화되었다.



<그림-1> 석고 시편의 물 흡수도와 시간 관계(短時間)



<그림-2> β 型 半水石膏에 대한 重量變化와 시간(長時間)



<그림-3> α 型 半水石膏에 대한 重量變化와 시간(長時間)

同一한 석고에 대해서도 排水處理方法에 따라 그 效果는 여러 가지로 다르며 두 α 型, β 型 석고의 質에 따라서도 달랐다. <表-1>에서 알 수 있듯이 BS 15 및 AI-60의 처리 방법이 두 석고에 대해 다같이 排水效果가 좋았다. 석고 형들이 가능한 VP 1300의 처리 방법은 α 型 석고에 대해 排水性이 좋았으나 Wacker 190의 용액으로 처리한 방법은 α 型 석고보다 β 型 석고에 대해 더 排水效果가 좋았다.

Epoxy 樹脂 역시 가공성이 크지만 β 型 반수석고의 排水效果가 다소 양호하였으며 물방울을 떨어뜨리는 경우 β 型 반수석고가 α 型 반수석고보다 훨씬 빨리 水分을 흡수하였다. 석고를 물에 담가 놓으면 β 型 석고가 8분까지는 빨리 흡수하나 그 후는 양상이 다소 달라져 1시간 후이면 α 型 석고가 완전히 물로 포화되며 β 型 반수석고는 약 8시간 후에 포화되었다.

장기에 걸친 물 흡수에 대한 實驗結果 β 型 반수석고의 경우 Epoxy 樹脂로 처리하면 수일간은 물의 흡수를 방해할 수 있었으나 그 후는 순

<表-1>

석 고 의 排 水 性

半 水 石 膏	처 리 방 법											
	0		Epoxyd-Harz		Wacker 190		VP 1300		BS 15		Al-60	
	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α
Aufgenommenes Mittel (%).....	0	0	4.0	1.6	2.7	1.1	1.0	1.6	0.8	0.3	2.3	0.8
Hydrophobierungskosten(Pf./lGips)	0	0	70	30	200	80	15	24	35	15	40	16
1 ml Wasser eingesaugt nach.....	4''	90''	160'	70'	8 h	14'	50'	4 h	8 h	8 h	8 h	8 h
Festigkeit nach 7 Tagen(trocken)..												
Biegezug-(kp/cm ²).....	34	64	76	84	38	63	37	62	36	60	35	63
Druck- (kp/cm ²).....	83	230	135	340	88	230	87	226	92	220	83	234
Festigkeit nach 7 Tagen im Wasser..												
Biegezug-(kp/cm ²).....	13	30	25	37	23	28	14	34	16	31	26	48
Druck- (kp/cm ²).....	26	100	35	124	31	92	25	110	23	115	39	151
Festigkeit nach 28 Tagen im Wasser												
Biegezug-(kp/cm ²).....	12	21	24	35	16	22	14	23	15	26	17	33
Druck- (kp/cm ²).....	23	70	39	120	27	72	25	73	23	75	28	108
Abbau (% linear).....	5.0	4.0	2.0	0.8	2.2	2.5	2.3	1.2	6.2	5.0	2.3	0.5

간적으로 排水效果가 붕괴되어 물로 포화되어 버린다.

Epoxy 樹脂로 처리한 α 型 반수석고는 수시간 후에 벌써 물을 흡수하기 시작하여 약 2日 후에는 완전히 물로 포화된다. VP 1300으로 처리한 β 型 반수석고는 하루 후에 이미 물의 흡수를 시작하였으나 흡수 속도는 比較的 완만하여 28日 후에도 아직 완전 포화되지는 않았다.

α 型 반수석고의 경우는 VP 1300으로 처리하였을 때가 더 물의 흡수를 막을 수 있었다.

Wacker 190 처리 방법에 의한 β 型 반수석고는 첫 4日間은 충분한 排水效果가 있었으나 그 후 곧 파괴되어 약 12日 후에는 시편이 물로 완전 포화되었다. Wacker 190에 의한 α 型的 시편을 처리하지 않은 것과 마찬가지로 물을 급방 흡수하여 버렸다.

Al-60 및 BS 15로 처리한 경우 두 석고는 다 같이 물을 흡수하지 않았으며 시편과 절단면의 단면적이 거의 변하지 않았다.

다음과 같은 관찰 결과는 대단히 흥미로웠다.

有機溶液으로 처리한 석고 시편은 장시간 경과하였음에도 공기중에서 건조시키면 有機溶液의 代表的인 냄새가 났으며 그 냄새는 무게가 일정하게 될 때까지 오랫동안 계속되었다. 물에 담

그는 시험을 장기간에 걸쳐 개시하기 전에 건조한 시편을 무게가 일정하게 될 때까지 20°C 포화 공기 양생실에 보관하였다가 무게의 增加 여부를 시험해 보았다. 이러한 條件下에서 물의 흡수는 처리한 시편이나 처리하지 않은 시편이나 차이가 경미하여 0.2~0.4% 정도였다.

이와 같은 外部特性에 대한 規則的인 實驗은 매우 有益하였다. 排水 처리한 수일 후 물 탱크에 시편을 넣어 表面에 물을 적시기 시작하였다. 이에 따라 석고가 응해되어 시편의 무게가 감소하기 시작하였다. 28日 후 농도의 變化를 測定하였다.

Epoxy 樹脂로 처리한 시편이 물에 저장하는 사이에 表面에 가장 좋은 特性을 나타내었으며 부피의 감소도 가장 적었다.

Al-60으로 처리한 시편 역시 만족할 만한 實績을 나타내었다. 일련의 시편으로부터 몇개의 시편을 카리움시리코나이트 알카리 용액에 적신 후 건조시켰더니 이들 시편들은 크게 팽화되었으며 이것은 K₂CO₃나 K₂SO₄에 기인하는 것으로 추측된다.

비록 물의 흡수는 없지만 이는 外部로부터 강렬한 분해가 일어남을 의미하며 큰 重量 손실이 수반되고 表面이 크게 거칠어진다. 이의 原因은

強알카리로 인하여 석고의 용해도가 증가하기 때문이다.

물과의 접촉으로 因한 석고의 分解強度特性 변화도 잘 證明된다. <表-1>에 그 結果를 나타내고 있다.

Epoxy 樹脂로 처리한 시편은 7日 강도가 확실히 좋아졌다. 더우기 흥미로운 것은 비교적 強알카리 카리움시리케이트는 강도를 약화시키지 않고 다소 호전시켰다. 시리코에멀전 (Silicoemulsion) VP-1300 역시 악영향이 없었으며 오히려 강도를 경미하게나마 增加시켰다.

물속에서 7日간 저장한 모든 시편은 강도가 크게 저하되었다. 처리하지 않은 석고의 강도는 1/3까지 떨어졌다. BS 15 (Kaliumsiliconat)로 처리한 시편의 강도 역시 상기와 같은 정도이며 Wacker 190으로 처리한 시편은 경미한 강도 저하를 나타내었으나 Aluminum 염으로 처리한 것만 거의 같은 정도이다.

처리하지 않은 석고의 강도 저하는 α 型 반수석고보다 β 型 반수석고가 더욱 심하다. Epoxy 樹脂의 경우 그 실적은 유사하며 Wacker 190에 의한 것은 7일 강도가 β 型 반수석고나 α 型 반수석고가 대동소이하었다. VP 1300에 의한 것은 불명확하나 α 型 반수석고가 우수하였고 BS 15에 의한 시편은 7日 후의 강도 저하가 처리하지 않은 시편의 강도 저하와 거의 비슷하다.

Al-60으로 처리한 시편은 兩石膏에 다 같은 좋은 결과가 나왔다. 여기서 보면 강도 저하가 가장 적고 7日 강도가 가장 큰 시편은 Epoxy 樹脂로 처리한 것이었다. 그로부터 3주일 후의 강도는 다시 저하한다. 강도 저하가 가장 적은 것은 역시 Epoxy 樹脂로 처리한 시편이다. VP 1300으로 처리한 시편은 다른 것과 同一하였으며 Al-60으로 처리한 시편은 상기의 다른 시편들보다 다소 호전된 것 같았다.

V. Kaliumsiliconat 와의 特別實驗

cost 面에서 볼때 BS 15로 처리하는 실험이 가장 경제적이다. 대부분 副產物로 生産되는 Kaliumsiliconat 의 값은 거의 무시할 정도이고 우리

들과 항상 접촉하고 있는 편이며 고가의 유기 용액과는 접촉이 드문 편이다. 이것으로 바람직하지 못한 풍화와 Alkalisiliconat 로 처리한 후의 表面 오손을 제거하는 실험이 실시되고 있다.

상기 시편을 BS 15로 처리하여 물속에 저장하면서 관찰하였다. 여러번 쳐서 큰 석고판을 만들어 BS 15 용액 (1:6)에 적신다. 그후 BS 15 용액과 겨재로 반죽을 만들어 板을 만든다. 이것을 건조시키면 K_2CO_3 와 $CaCO_3$ 가 반응하여 겨재 반죽판에 K_2SO_4 가 발생하고 더 건조시키면 기계적으로 사라진다.

양면의 表面特性은 매우 다르다. 일주일 후 재의 반죽은 명확하게 달라져 있으며 表面을 반죽으로 처리하지 않은 것은 크게 분해되어 있었다.

VI. 結 論

排水方法에 관한 이와 같은 일련의 實驗은 물이나 습도에 대한 석고의 완전한 용해방지가 불가능함을 시사하고 있다. 더우기 Epoxy 樹脂 용액 및 Benzol Al-60을 용해한 용액으로 처리하면 排水性을 가지게 하는데 어느 정도 效果가 있다고 하나 석고의 물에 대한 안정성을 好轉시키기 위한 결정적 방법은 발견치 못했다.

이와 같이 조합 처리한 석고 시편중 Al-60 단독으로 처리했을 때가 물을 제일 적게 흡수하였으며 同時에 미처리한 β 型 반수석고가 表面 특성이 좋았으며 물속에서 28日間 저장한 후의 강도는 처리, 미처리 다 같이 비슷하였다.

Epoxy 樹脂 용액으로 석고를 처리해본 결과 분명히 表面 특성이 양호해졌으며 물속에 장기 저장한 후의 강도도 높았다. 그러나 모든 경우 Epoxy 樹脂로 석고를 처리하면 흰 석고가 노랗게 된다는 사실을 알아야 하며 이 염색된 석고는 여러 가지 면에서 이로운 것만은 아닐 것이다.

α 型 반수석고의 물에 대한 安定性은 이 α 型 반수석고가 비중이 크고 실제 물의 흡수가 적다고 하더라도 가볍고 기공성이 β 型 반수석고보다 양호하지 못하다. 이 確證은 주목할 만한 가치가 있다.

[REFERENCES]

- 1) Kloppe, A.: Wasserfestmachung von Gips. Silikattechnik 13 (1962), 446.
- 2) Graf, F. und Rausch, F.: Gipshilfsprodukte, ihre Anwendung und Wirkung. Zement-Kalk-Gips 4 (1951), 117.
- 3) Hoffmann, E. und Saracz, A.: Oberflächenbehandlung von gegossenem Gips zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegen Wasser. Zement-Kalk-Gips 16 (1963), 93.
- 4) Gladki, J.: Hydraulisierung von Baugips unter Zumischung von Flugasche und Portlandzement. Baustoffindustrie (1965), 12.
- 5) Wegner, W.D.: Zusätze für die Wetterfestmachung von Gips. Baustoffindustrie (1968), 158.
- 6) Wolzhenskii, A.W. u. a.: Gipszementpuzzolan-Bindemittel. Betone und Baukörper, Moskau (1971).
- 7) Kornienko, M.A.: Polymergips auf der Basis von Melamin-Formaldehydharz. Izv. VUZ, Strojit. i Architekt (1967), 62.
- 8) Aignesberger, A. und Rosenbauer, H.G.: Hydrophobierung von Zement- und Gipsmörtel. Tonid.-Ztg. 96 (1972), 29.
- 9) Reuther, H. und Reichel, G.: Versuche zur wasserabweisenden Imprägnierung von Gips. Plaste u. Kautschuk 12 (1965), 691.
- 10) Reuther, H. u. a.: Methylpentafluorsilicate als Hydrophobierungsmittel. Plaste u. Kautschuk 15 (1968), 505.