

압출성형을 이용한 시멘트계 전자재 제조에 관한 기초적 연구

이재한*, 서형남, 김창률, 민경소
<RH시멘트(주) 기술연구소>

1. 서론

지금까지 시멘트계 전자재를 제조하는 방법으로는 형틀에 슬러리 상태로 충전하여 경화후 형틀에서 제품으로하는 전형적인 Batch생산 방법이였다. 이러한 방법으로는 주로 압착법, 진동가압법, 주물법, 원심분리법 등 많은 제조방법이 보급되고 있다. 최근에는 연속생산 방식에 의한 압출성형 방법이 도입되고 있는데, 이 방법은 공장에서 생산의 자동화·성력화가 실현 가능 할 뿐만 아니라 깨어짐에 약하다는 전통적인 성질의 시멘트계 제품을 적절한 재료조합에 의하여 개선시킬 수 있고 또한 가볍고 내구성이 우수한 제품을 만들 수 있는 장점이 있어 시멘트계 전자재의 생산방식으로서 새로운 위치를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

하지만, 국내의 경우 압출성형 제조방식에 대한 연구 결과는 거의 없는 실정이므로 본 연구에서는 압출성형 방식에 의한 전자재 개발을 목적으로 압출성형의 가능성의 여부, 밀도, 함수율, 흡수율, 투수 시험, 휨강도 시험 등을 통하여 압출성형된 시료의 물성을 고찰하였으며, 향후 압출성형을 통하여 시멘트계 전자재의 제조에 기초적인 자료로서 활용하고자 한다.

2. 압출성형기의 구조

압출성형기에서의 재료의 흐름과 압력 분포를 그림 1에 나타내었다. 먼저, 혼합기에서 혼

합한 재료는 성형기의 원료투입구로 투입되어 성형기 상단의 Pug Mill부로 이송되며 진공탈기실을 통과할 때 혼합물중의 공기가 빠져 나온다. 그 다음으로 Screw에 의해 운송되고 마지막으로 압착되면서 출구를 통하여 소성 가공되고 필요한 단면형상의 제품으로써 연속적으로 제조된다. 또 압출성형에 의해 얻어진 제품은 출구 통과와 동시에 대기 중에 방출되므로 이때의 혼합물에 걸린 압력의 변화 및 제품에 걸린 중력의 작용에 의해 제품이 파괴·변형하지 않게 고안되지 않으면 안된다. 본 실험에 사용한 압출성형기를 그림 2에 나타내었다.

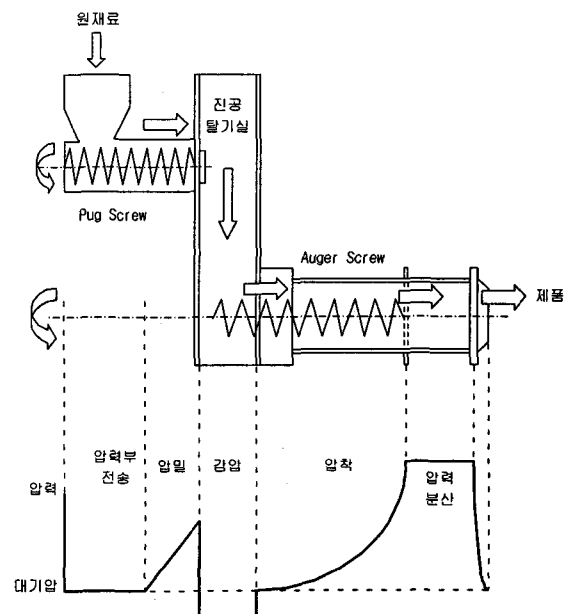


그림 1. 압출성형기의 구조와 재료의 흐름

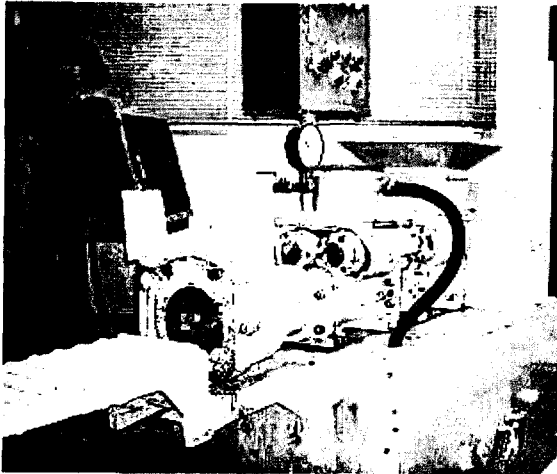


그림 2. 본 실험에 사용한 압출성형기

3. 실험방법

본 실험의 실험흐름도는 그림 3과 같다. 예비성형실험을 통하여 압출성형의 중요한 인자인 성형압력과 성형속도와의 관계를 사전에 파악하였다. 양생은 상압증기양생 방법으로 하였으며, 시간당 15℃의 승온속도로 하여 80℃에서 4시간 유지한 후에 양생기 안에서 자연 냉각하는 방법으로 하였다.

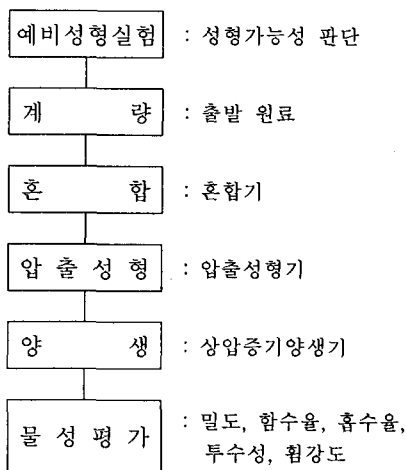


그림 3. 실험 흐름도

3.1 사용 재료

본 실험에 사용된 시멘트는 H社 보통포틀랜드시멘트이며, 세골재는 인조규사(8호사, H社 산업)를 사용하였다. 증점제는 Metolose 90SH (Methylcellulose계)가 사용되었고, 그밖에 perlite, 제지슬러지 등이 사용되었다. 시멘트의 물리적 특성을 표 1에 나타냈다. 제지슬러지는 함수율이 60%이었으며, 섬유길이가 0.23 mm이었다.

표 1. 시멘트의 물리적 특성

Blaine (cm ² /g)	주도 (%)	Flow (mm)	응결 (hr:min)		압축강도 (kgf/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3,200	25.1	195	270	7:30	251	329	380

3.2 예비성형성실험

압출성형방법은 연속생산 방식이지만 실험실적 연구에서는 제조 개시 및 종료시 다수의 노동력을 필요로 하므로 압출성형성의 indicator에 관한 실험을 할 필요가 있다. 즉, 압출성형의 가부 및 조작조건을 확인할 필요가 있다. 이러한 시험에는 일면전단시험, 구 또는 강재의 봉입, 축수에 의한 관능적인 시험 등이 있는데 어느 것도 정성적, 정량적으로 실제의 압출성형 가능성과 이론적인 관계를 규명하기가 어렵다. 그렇지만, 본 연구에서는 성형의 가능성에 대한 실험으로서 축수 및 시각에 의한 시험으로 몰탈용 믹서에서 시험재료를 혼합한 후에 이것을 시멘트용 칼로서 수직으로 cutting했을 때의 파단면을 관찰하고 파단면의 양호한 정도에 따라 실제 압출성형 가능성을 판단하였다.(그림 4 참조) 그 후에 휨강도, 함수율, 흡수율, 밀도, 투수 시험 등을 KS 및 JIS 방법에 의하여 측정하였다.

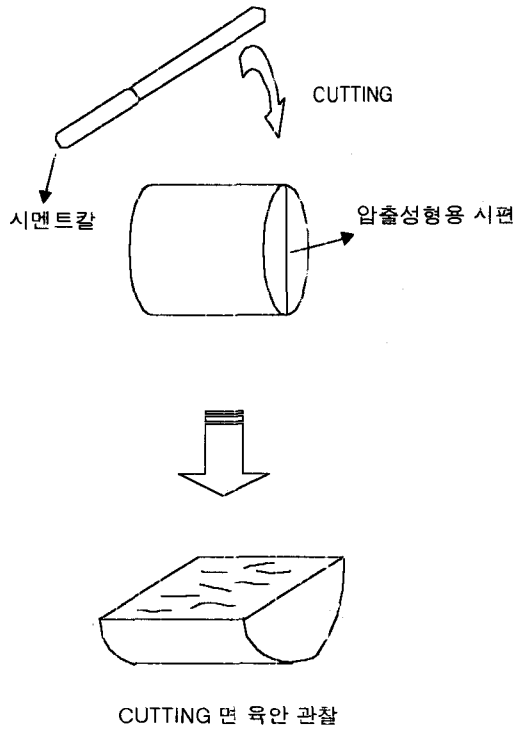


그림 4. 예비성형 실험

3.3 흡수율, 흡수율 시험

시멘트계 재료의 흡수율 및 흡수율을 측정하기 위하여 “KS F 3203 경질 섬유판”의 흡수율 및 흡수율 시험에 의거하여 시험을 실시하였다. 먼저 흡수율 시험은 10×70×70mm의 시험체의 기건중량(W_1)을 측정하고, 이것을 건조기에 넣고 약 105℃로 건조시켜 절건상태의 질량(W_0)을 측정하여 다음의 식에 의하여 흡수율을 측정하였다.

$$\text{흡수율}(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100$$

또한 흡수율 시험은 10×70×70mm 시험체의 기건중량(W_1)을 측정하고, 25±1℃의 수중에 표면으로부터 3cm의 깊이에 평활면을 위로하여 수평하게 놓고 24시간 경과후 꺼내어 이것을 10분간 연직으로 세워놓고 그 표면에 남아있는 수분을 수건으로 닦고, 이때의 표건중량(W_2)을 측정하여 다음의 식에 의하여 흡수율을 구했다.

$$\text{흡수율}(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

3.4 투수 시험

시멘트계 재료의 투수성을 파악하기 위하여 “KS F 3197 석면 시멘트 외장 벽판”의 투수시험에 의거하여 시험을 실시하였다. 먼저 10×70×70mm 시험편의 표면을 위로하여 수평으로 놓고 그 중앙부에 그림 5에 나타난 것과 같이 안지름 35mm, 높이 300mm의 아크릴수지의 관을 세워서 관과 시험편의 접하는 부분을 접착제로 봉하였고, 다음에 관의 밑바닥에서 200mm의 높이까지 물을 넣고 그 상태로 24시간 정지한 후 표면의 젖음, 시편의 투수상태, 보드의 변형상태를 측정하였다.

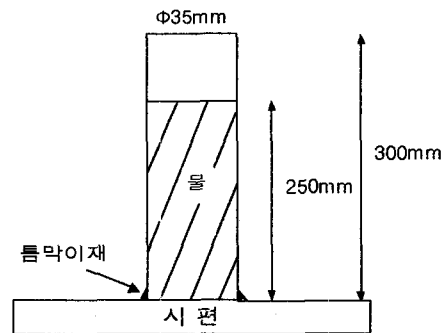


그림 5. 투수 시험 장치

3.5 휨강도 시험

시멘트계 보드의 휨강도 시험은 “KS F 중질 섬유판”의 휨강도 시험에 의거하여 시험을 실시하였다. 먼저 그림 6에서처럼 최대하중(P)을 측정한 후 다음 식에 따라서 시험편의 휨강도를 구했다.

$$\text{휨강도}(\text{kgf/cm}^2) = \frac{3PL}{2bd^2}$$

여기에서 P : 하중

L : 스펠 (cm)

b : 시험편의 나비 (cm)

d : 시험편의 두께 (cm)

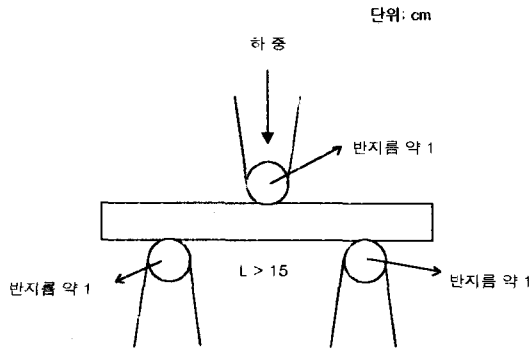


그림 6. 휨 강도 시험

4. 결과 및 고찰

4.1 예비 성형

압출성형의 가부조건을 결정하기 위하여 여러 가지의 배합에서 그림 5의 방법으로 예비 성형 실험을 하였다. 본 고에서는 여러 가지의 배합중 J series의 일부분을 소개하였다. 배합비를 표 2에 나타냈다. perlite는 제품의 경량화를 목적으로 사용하였으며, 제지슬러지는 휨강도 증진과 산업폐기물을 재활용한다는 목적으로 사용하였다.

표 2. 예비성형성 실험 배합비

조합	단위량				MC (C×wt%)	W (wt%)
	C	S	P	PMS		
J-4	63	37	-	-	-	30
J-5	62	35	-	3	0.5	20
J-6	60	35	5	-	1	26
J-7	60	25	15	-	1	28

주) C:시멘트, S:세골재, P:perlite,

PMS:제지슬러지, MC:중점제, W:배합수

표 2에서의 배합으로 예비성형실험을 한 결과, J-4는 일반적인 몰탈의 성장이므로 블리딩수가 약간 발생하였다. 따라서 압출성형하기에 무리가 있는 배합임을 알 수 있었다. J-5는 성

형성, 보형성, 활성이 양호하게 나타났다. 즉, 압출성형하기에 적당하다고 판단되었다. J-7은 cutting면이 불량한 것으로 보아 압출성형하기에 곤란한 재료조성으로 판단되며 이것은 perlite의 첨가량이 많은 것에 의한 것으로 판단된다. J-6의 경우 notch상이 약간 존재하였지만 압출성형하기에 불가능할 정도는 아니라 판단된다. 이러한 결과를 그림 7에 나타냈다. 이들을 종합적으로 판단해보면 perlite의 양이 너무 많으면 시멘트 몰탈과의 내부마찰계수가 증가하여 압출성형하기에 불리할 것으로 판단된다.

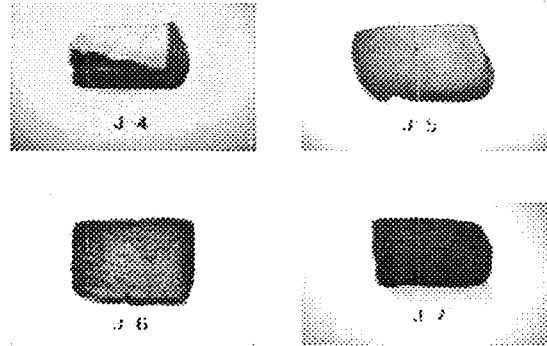


그림 7. 예비성형실험 결과

4.2 압출 성형

4.1의 예비성형실험 결과에 따라 J-5와 J-6의 배합으로 하여 압출성형실험을 하였다. 실험 결과를 표 3에 나타냈다.

표 3. 압출성형 실험 결과

조합	밀도 (ρ , g/cc)	함수율 (%)	흡수율 (%)	투수성	휨강도 (kgf/cm ²)
J-5	2.60	6.25	3.14	양호	81.0
J-6	2.49	8.15	3.85	양호	72.8

J-5는 밀도가 2.60인데 비하여 J-6은 2.49이었다. 이것은 perlite의 사용에 의한 것으로 사료된다. 따라서, porous한 perlite에 의하여 함수율과 흡수율은 J-6이 더 커지고 휨강도는 약간

감소하는 것을 알 수 있으며, 투수성 시험은 모두가 양호한 특성을 나타냈다. 이 압출성형 시험으로 제조된 시편의 사진을 그림 8에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 J-5의 경우가 더욱 표면이 매끄러운 것을 알 수 있다. 또한, 다양한 금구 즉, 요철 형태와 판 형태의 형틀을 사용해서 여러 가지의 단면형상을 갖는 시편을 제조할 수가 있었다.

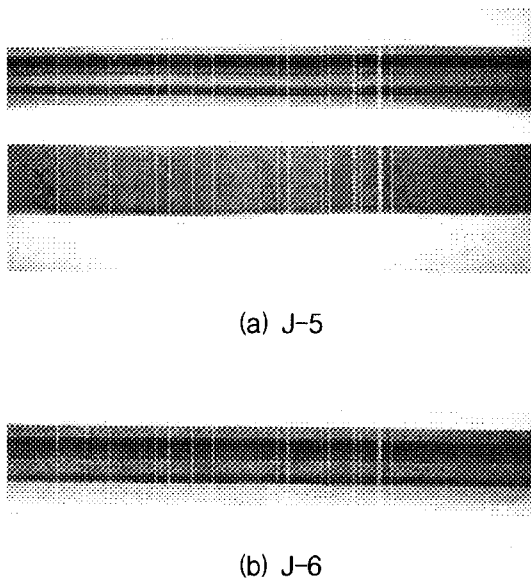


그림 8. 압출성형으로 제조된 시편

5. 결론

본 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 다양한 금구에 의하여 여러가지 단면형상을 가진 시멘트계 전자재의 제조가 가능하였다.
- 2) 산업폐기물 활용측면에서 제지슬러지를 사용한 경우에도 양호한 결과를 얻을 수 있었다.
- 3) 최적 재료 조합에 의하여 제조된 압출성형체의 물리적 특성으로는 밀도 2.60g/cc, 휨강도 81kgf/cm², 함수율 6.25%, 흡수율 3.14% 등으로 나타났으며, 투수특성 또한 양호하게 나타났다.

따라서, 본 실험을 통하여 압출성형으로 시멘트계 건축용 전자재 제조 가능성을 확인할 수 있었으며, 향후 여러 가지의 장점을 가진 압출성형으로 시멘트계 재료를 제조하는데 기초적인 자료로서 활용이 가능하리라 사료된다.

參 考 文 獻

- 1) 守 明子, 馬場明生, “押出成形はセメント系材料を変える(製造技術について)”, *セメント・コンクリート*, 598, 9-20(1996)
- 2) 三枝 一仁, “押出し成形板工事”, *建築の技術施工*, 10, 132-137(1997)
- 3) 平河 喜美男外, “押出成形技術の現況”, *セメント・コンクリート* 582, 44-47(1995)
- 4) JIS A 5430 “纖維強化セメント板”
- 5) 田邊 進吉, “セッコウパルプボード”, *Inorganic Materials*, 252, 357-363(1994)
- 6) 三田 利彦, “セラミックス建材の開発”, *MM CC 研究報告*, 2, 100-104(1989)
- 7) David A. Pease, “Panels(Products, Applications and Production Trends)”, *Wood Technology*(1994)
- 8) Takashi Ninomiya, “各種單纖維補強セメント系複合材料の耐久性評價に関する研究”, *セメント・コンクリート論文集*, 47, 99(1993)
- 9) Shiho Nakajyo, “押出成形性に對する纖維混入モルタルの特性”, *セメント・コンクリート論文集*, 50, 51(1996)
- 10) 山田 實次, “押出成形によるセメント系材料の細孔の變化に関する實驗的検討”, *セメント・コンクリート論文集*, 49, 137(1995)