

재활용 소재를 활용한 숯보드용 표면처리재 개발에 관한 연구

A Research about charcoal board surface processing material development that utilize recycling site

이 태 구* 문 종 욱**
Lee, Tae Goo Moon, Jong Wook

Abstract

If move in in the new apartment usually, do that hundreds hazardous substance among air floats and is broken-down. In the case of the floor, organic compound turns in adhesives that is bitter when attach the reinforcement floor and material lumber and hazardous substance is exhausted much wallpaper and concrete. Therefore, to reveal maximum this research to apply on interior of building to live function of charcoal, at non combustible material two faces that can promise safety from fire, strong and satisfy light performance, and it is thing about development of sheathing that use recycling material for barren land of multi-function and surface treatment of charcoal board as well as can keep healthy indoor environment.

Keywords : charcoal board, recycling material, healthy indoor

1. 서 론

1. 연구의 배경

최근 친환경 건축물에 대한 재료, 시스템, 공법 등의 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 실내공기 오염 저감을 위한 법안제정이 정부 및 민간차원에서 추진되고 있는 실정이다.

일반적으로 신축 아파트는 실내 마감재에 의하여 수많은 오염물질이 방출되어 거주자의 건강을 위협하고 있다. 바닥의 경우 강화마루와 원목을 붙일 때 쓰는 접착제에서 유기화합물이 나오고 벽지와 콘크리트에서도 유해물질이 많이 배출된다. 특히, 환경부의 조사에 의하면, 지은 지 1년이 안 된 아파트의 절반 가까이에서 '새집 증후군'의 주된 원인인 포름알데히드가 기준치를 넘긴 것으로 밝혀졌다. 포름알데히드는 실내 거주자에게 눈과 코의 자극과 아토피성 피부염, 천식 등 질환을 일으키는 새집증후군의 주요 유발물질로 알려져 있으며, 단열재나 합판, 섬유, 가구 등의 접착제로 건축자재에 널리 쓰이고 있다. 현재 지하상가, 보육시설, 의료기간 등 다중이용시

설의 유지기준(120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)은 있으나 아파트는 설정돼 있지 않는 실정이다. 따라서 친환경적인 아파트 실내 마감재의 개발이 시급한 실정이며 본 연구에서 자연소재인 황토와 숯보드의 표면처리를 위한 재료를 개발하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 현재 실내 건축벽면에 적용하고 있는 석고보드를 대체할 수 있는 황토 및 숯보드의 효능¹⁾을 최대한 발현하도록 숯의 기능을 살려 건축물의 내부에 적용하기 위해, 화재로부터의 안전을 기할 수 있는 불연재료이면서, 견고하고 가벼운 성능을 만족시키고, 건강한 실내환경을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 다기능의 황토 및 숯보드의 표면처리를 위해 재활용소재를 이용한 피복재료의 개발에 관한 것이다.

상기한 효능을 만족시키기 위해 피복재료를 재활용소재인 고로슬래그(분말도 4,000g/cm³ 이상), 플라이애쉬와 기포제(미세 불연속 기포 형성 0.1mm 이하) 및 착색제를 첨가하여 가스나 공기에 의해 표층이 형성되는 다공성의

* 세명대학교 건축공학과 조교수
** 진주국제대학교 건축공학과 부교수

1) 황토 및 숯의 효과: ① 음이온의 방출 ② 원적외선 방사 ③ 전자파 차단 및 공기정화 ④ 정수·정화 탈취 작용 ⑤ 항균 및 해독 ⑥ 조습 효과 ⑦ 집먼지, 진드기 제거 ⑧ 피부병 치료 효과 등

피복재료를 도포하여 완성하도록 한다.

II. 재활용 피복재료 제조방법

본 연구는 여러번의 예비실험을 통해 적정 배합량을 찾고 제조과정의 피드백 시스템을 통해 최소공정과 최소비용의 원칙에 합당하게 적용하여 최적의 제조공정을 선정하도록 하였다.

제조공정의 순서는 ① 이미 가압성형하여 만들어진 황토 및 숯보드를 향온항습기에서 양생 1일이 경과할때까지 반건조 상태로 유지한 후, ② 보드 표면에 피복재료와의 부착성을 높이기 위한 방청 처리된 망(#3~5mm)을 1차 도포하고 ③ 제조한 재활용 소재로 혼합물을 1단계 피복과 2단계 피복으로 나누어 분사·도포하여 양생 28일까지 향온항습(80±10℃, 절대습도 50%±5)기에 보양한 다음, 결과검증을 위해 포름알데히드 측정을 통해, 피복전과 피복후의 보드 효능이 그대로 유지되는 것을 확인하였다.

본 발명에서 이용한 피복재료는 황토, 폐석고에 고로슬래그 미분말(분말도 4,000cm²/g 이상)을 혼합하여 1차 양생을 거친후, 반건조 상태에서 플라이애쉬+기포제에다 물과 혼합하여 다량의 기포를 도입함으로써 작고 미세한 기포(0.1~1mm)를 형성시켜 경화시킨 다공질의 재료로서, 수요자의 요구에 따라 착색제의 색깔을 달리하여 선택적으로 적용할 수 있도록 했다. 이렇게 만들어진 피복재료를 황토보드 또는 숯보드 표면에 분사하여 최종도포를 완성함으로써 동일한 용적대비 경량성과 내구성, 내화성 등을 증대시킬 수 있는 소재개발이 가능하였다.

1. 1단계 제조과정

황토(40~45 Wt%), 폐석고(5~8 Wt%), 고로슬래그 미분말(50~60 Wt%)의 분체량이 350, 400kg/m³이 되도록 하여 제조기에 주입하고 내부에 일정한 기포를 발생하기 위해 믹서기에서 5분 이상 회전하여 혼합물을 생성시켜 향온항습기에 12시간 반건조상태로 양생하는데, 이때 투입한 고로슬래그는 분말도가 매우 높아 포졸란반응을 통한 피복재료의 강도증진에 도움을 주며, 반건조 상태로 제조되어야 다음단계 기포형성물과 접착성이 좋아진다.

2. 2단계 제조과정

이렇게 액상상태로 제조된 혼합물을 동물성 기포제(기포제와 물의 희석비 2.5~3%내외)와 플라이애쉬를 적절한 비율(투입율 0, 20, 40, 60%)로 섞고 여기에 기포 희석액을 압축공기를 통해 기포기로 통과시켜 생성된 기포를 분사하여 도포한다.

3. 양생과정

이미 만들어진 황토보드나 숯보드 표면위에 1, 2단계에서 제조한 피복재료를 입혀 향온항습기(80±10℃, 절대습도 50%±5)에 28일 동안 양생시키는 과정을 통하여 경화시킨다.

4. 제품 평가 과정

제령 28일이 경과된 보드를 피복전 제품과 비교분석하고 최종 성능을 평가하여 개발한 제품의 사용설명서를 작성한다.

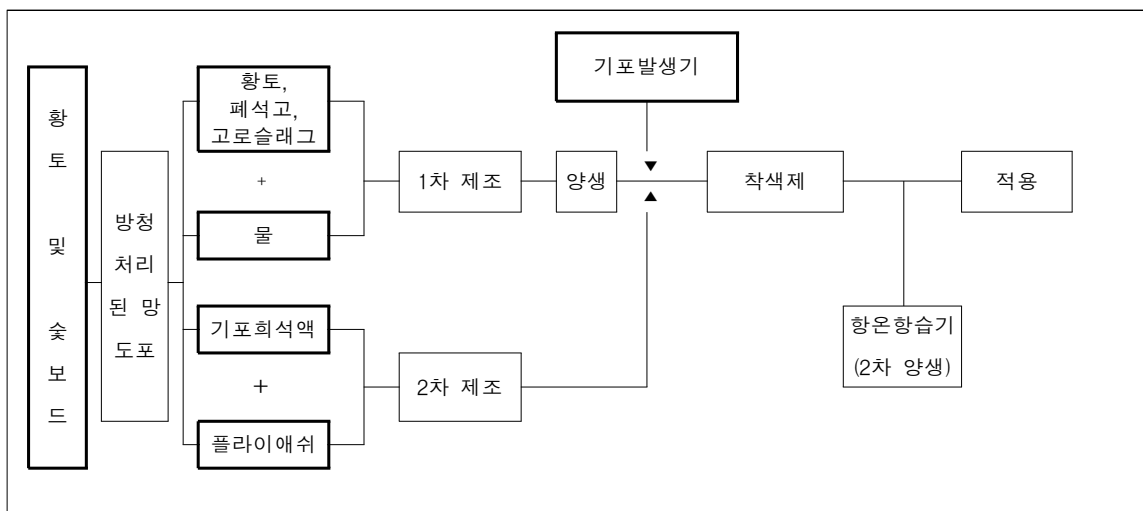


그림 1. 피복재료 제조를 위한 도식화

5. 제품의 사용설명서

- (1) 기포의 양이 많을수록 감소하는 경향이 있고, 기포율이 높으면 플로우값은 낮아지므로 제조자의 철저한 관리가 요구된다.
- (2) 내부에 함유된 기포는 시간의 경과에 따라 기포율이 높아지는 결과를 초래하므로 분사전에 플로우 값을 확인하여 보는 것이 필요하며, 제작된 기포 혼합제는 되도록 빠른 시간내에 타설하는 것이 매우 중요하다.
- (3) 표층으로 사용되는 기포발생용 피복재료 자체의 높은 독립기공으로 이질 재료 부착시 균열현상의 한 원인이 될 수 있으므로 제품 표면에 다른 재료를 부착하지 말아야 한다.
- (4) 피복재의 강도는 공극(공기에 의한 공극+잉여수의 증발로 인하여 생길 수 있는 공극)의 함수로 나타낼 수 있으므로 기포형성시 공극에 대한 규정사항을 준수하여 품질관리에 유의하여야 한다.
- (5) 기포의 소포로 인해 체적감소의 주 원인이 되므로 경화시에 기포자체의 포막이 불안정하거나 시공시 재료의 불균일한 투입과 과도한 물결합제비 등의 세부 규정에 반드시 준수해야 한다.
- (6) 따라서 시공 품질에 대한 신뢰감을 증대시킬 수 있도록 현장 시공시 정밀한 시험배합을 거쳐 확인 후 시공하여야 한다.

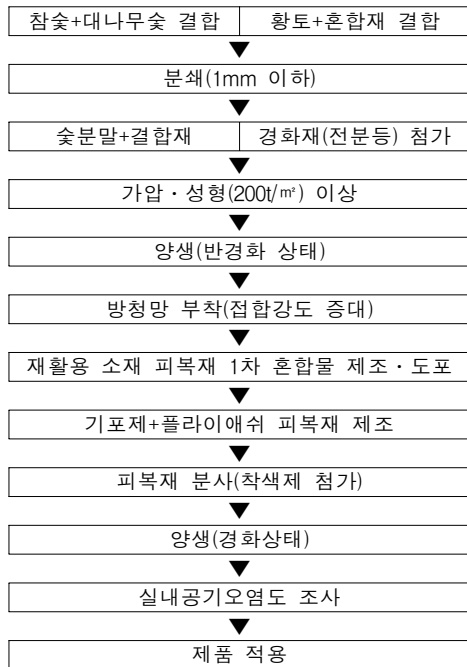


그림 2. 피복재료 제조과정

III. 피복재료의 실험결과

1. 예비실험

(1) 분체량의 재료혼입율은 황토(40~45 Wt%), 폐석고 한국생태환경건축학회 논문집 Vol. 4, No. 4 2004. 12

- (5~8 Wt%), 고로슬래그 미분말(50~60 Wt%) 범위내에서 시험배합을 통해 결정하였다.
- (2) 기포희석제를 결정하고 플라이애쉬 결합제를 20%씩 증가·투입하여 배합조건을 변화하였으며, 실험데이터는 경화한 기포콘크리트의 품질규정(KS F 4039)에 모두 만족하는 결과를 얻었다.
- (3) 특히, 고로슬래그 미분말의 분말도는 4,500cm²/g 이상이고 플라이애쉬 분말도는 3,500cm²/g 이상으로 표면조직의 밀실화에 매우 영향을 주었으며, 재활용 소재첨가로 인한 제조원가 절감에 매우 효과가 있었음을 확인하였다.
- (4) 한편, 경화한 피복재료의 흡수율 값은 KS에 규정되어 있지 않지만, 본 실험에서 약 30% 전후의 값을 보였기 때문에 건축물의 외장재에서는 사용할 수 없지만 실내내용으로 사용할 경우, 이 수치는 대기 중 절대습도의 포습 범위를 확대시킬 수 있는 검증으로서 보드내부에 있는 황토, 숯의 기능을 더욱더 촉진시켜 줄 수 있었다.

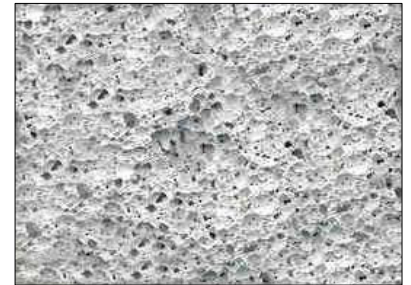


그림 3. 피복재료 표면모습

2. 실험결과

(1) 플로우

본 실험에서의 플로우값은 163~228mm의 범위를 나타내었으며, 플라이애쉬의 대체량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

일반적으로 플라이애쉬를 콘크리트용 혼화제로 적당량을 사용한 경우에는 둥근 모양의 플라이애쉬 입자의 영향으로 유동성을 개선시키는 것으로 알려져 있으나²⁾, 본 실험에서와 같이 표면피복재의 결합제 대체제로 많은 양을 사용할 경우에는 이러한 유동성의 개선의 효과는 기대하기 어려운 것으로 판단된다.

그러나 단위분체량 500, 600kg/m³의 경우 물분체 비 60%에서 대체율 20%와 40%의 경우에는 결합제만 사용한 배합에 비하여 플로우값이 높아지는 현상을 나타내었는데, 이것이 앞서 설명한 플라이애쉬의 유동성 개선의 효과인지는 불분명하며, 전체적인 경향으로 판단할 때, 플라이애쉬의 대체량이 증가할수록 플로우는 감소하는 것으로 보는 것이 타당하리라 판단된다.

또한 단위수량이 증가할 경우에는 유동성도 나아지며, 이러한 현상은 분체량이 높을수록 더욱 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

2) 한국콘크리트학회 : 콘크리트 혼화재료, 기문당, 1997, 3.

표 1. 실험 결과표

No	분체량 (kg/m ³)	물분 체비 (%)	F.A (%)	기포슬러리비중	플로우 (mm)	겉보기 비중	흡수율 (%)	압축강도 (kgf/cm ²)	
								7일	28일
A-a-1	300	50	0	0.33	188	0.35	35.0	5.9	9.2
A-a-2			20	0.38	177	0.36	36.1	4.5	8.8
A-a-3			40	0.42	180	0.39	33.6	3.7	7.0
A-a-4			60	0.44	173	0.34	39.8	3.4	7.0
A-b-1		60	0	0.43	194	0.38	33.3	5.9	9.8
A-b-2			20	0.47	191	0.40	32.8	6.1	9.1
A-b-3			40	0.47	184	0.39	35.4	4.8	8.5
A-b-4			60	0.43	185	0.37	36.9	3.6	6.2
B-a-1	400	50	0	0.53	197	0.43	22.2	17.4	20.7
B-a-2			20	0.52	194	0.47	23.9	14.7	18.6
B-a-3			40	0.54	187	0.46	26.7	10.4	16.0
B-a-4			60	0.64	182	0.43	27.2	6.4	11.0
B-b-1		60	0	0.62	215	0.49	25.8	17.3	25.4
B-b-2			20	0.64	206	0.47	28.6	14.5	22.4
B-b-3			40	0.59	186	0.47	27.8	11.9	22.4
B-b-4			60	0.64	210	0.46	29.3	8.1	15.9
C-a-1	500	50	0	0.70	189	0.57	21.2	26.1	32.6
C-a-2			20	0.72	182	0.59	23.0	22.7	32.1
C-a-3			40	0.75	172	0.57	23.2	17.9	26.3
C-a-4			60	0.87	163	0.58	26.7	14.7	25.9
C-b-1		60	0	0.67	215	0.54	24.4	17.9	30.6
C-b-2			20	0.67	250	0.56	25.3	15.5	25.7
C-b-3			40	0.77	224	0.56	26.6	16.0	29.4
C-b-4			60	0.73	203	0.52	25.4	9.3	20.4
D-a-1	600	50	0	0.78	182	0.67	19.9	34.9	43.4
D-a-2			20	0.83	170	0.69	24.3	32.0	39.0
D-a-3			40	0.76	171	0.72	23.3	20.9	31.9
D-a-4			60	0.85	175	0.68	22.0	14.3	30.2
D-b-1		60	0	0.94	218	0.73	22.3	38.2	53.4
D-b-2			20	0.94	226	0.73	23.3	32.0	50.8
D-b-3			40	0.92	223	0.70	23.6	23.6	46.3
D-b-4			60	0.93	212	0.71	23.6	14.9	35.1

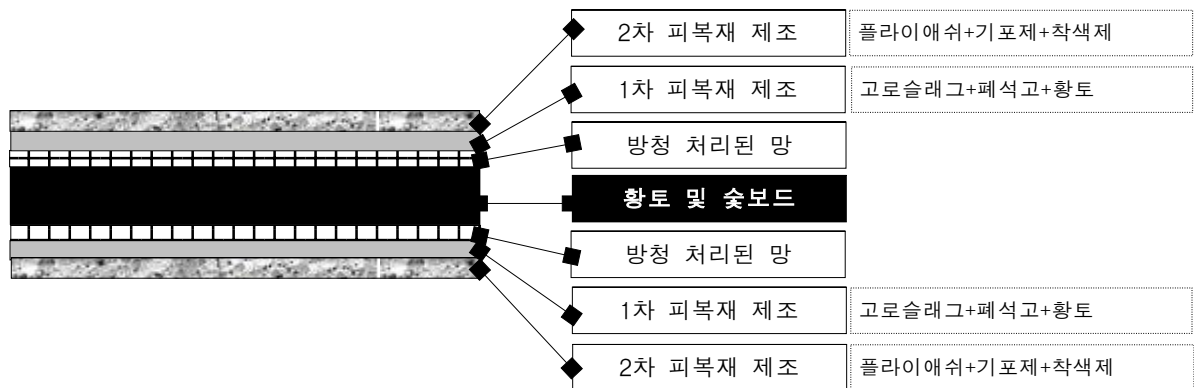


그림 4. 숯 표면재료의 적층별 구조도

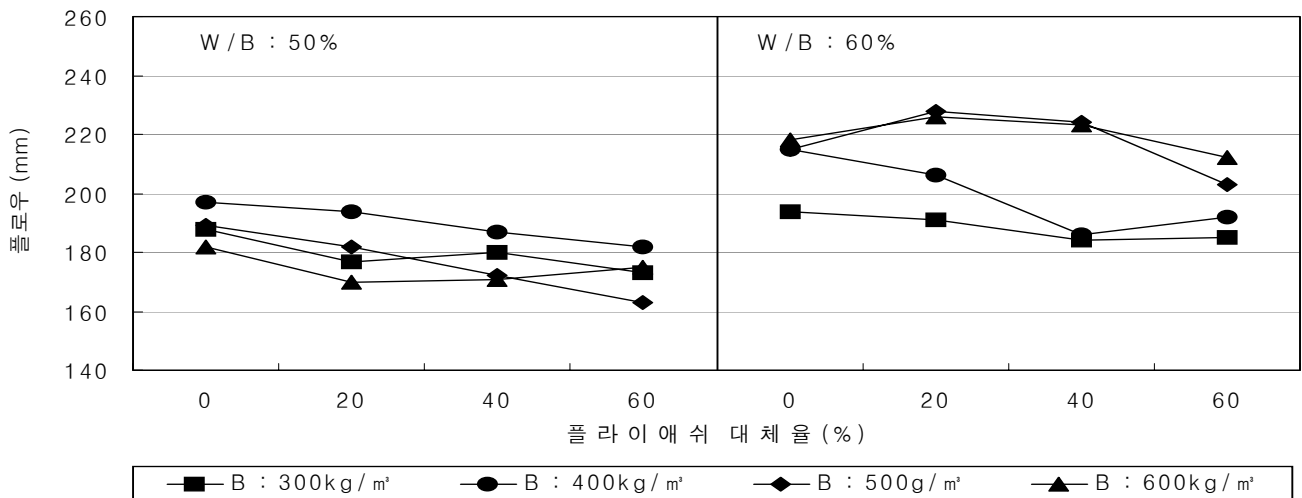


그림 5. 플라이애쉬 대체율에 따른 플로우

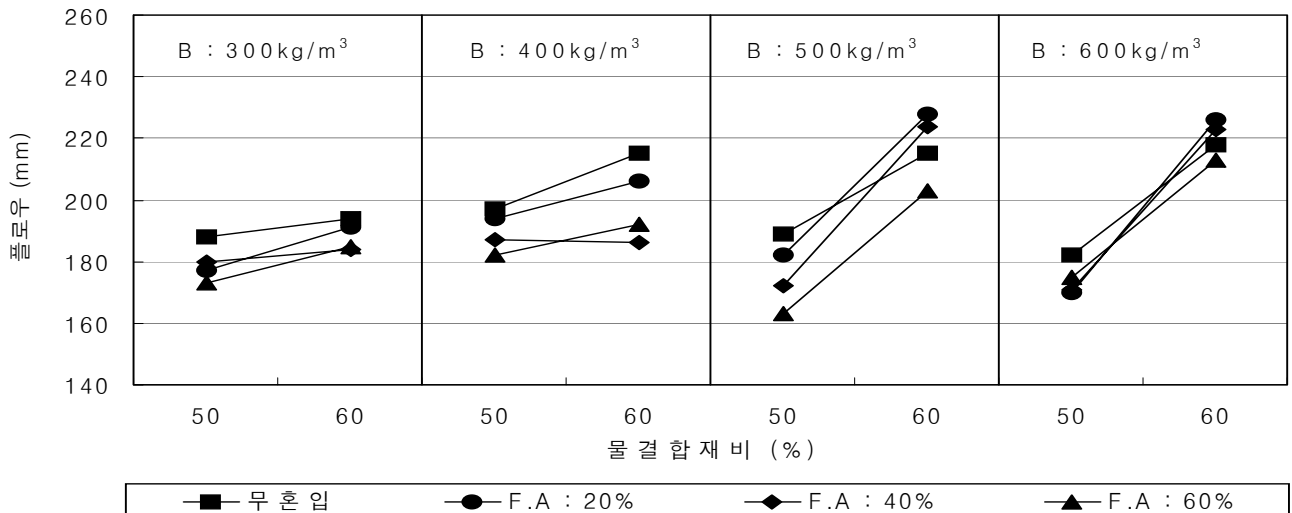


그림 6. 물분체비에 따른 플로우

따라서 이러한 결과를 종합해 볼 때, 플라이애쉬의 대체율이 증가할수록 단위분체량이 증가할수록 단위수량도 증가시키는 것이 양호한 유동성을 확보하는데 적합하다고 할 수 있으며, 이와 같은 실험결과는 현장 작업자들이 품질관리를 해 나가는데 적합한 참고자료가 될 수 있을 것이다.

(2) 겔보기 비중

플라이애쉬를 혼입한 표면피복재의 겔보기 비중은 단위분체량에 따라 0.34~0.73의 범위를 나타내었으며,

플라이애쉬 대체율에 따라서는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

본 실험에서와 같이 결합재에 비하여 비중이 낮은 플라이애쉬의 대체율을 60%까지 높여도 양생후의 겔보기 비중이 감소하지 않는 것은 결합재량에 대하여 중량으로 대체하였으므로 대체율이 높아질수록 단위분체의 체적은 증가하나 증가한 용적만큼 기포의 체적은 감소하기 때문이며 결과적으로 플라이애쉬의 대체율은 표면피복재의 겔보기 비중에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

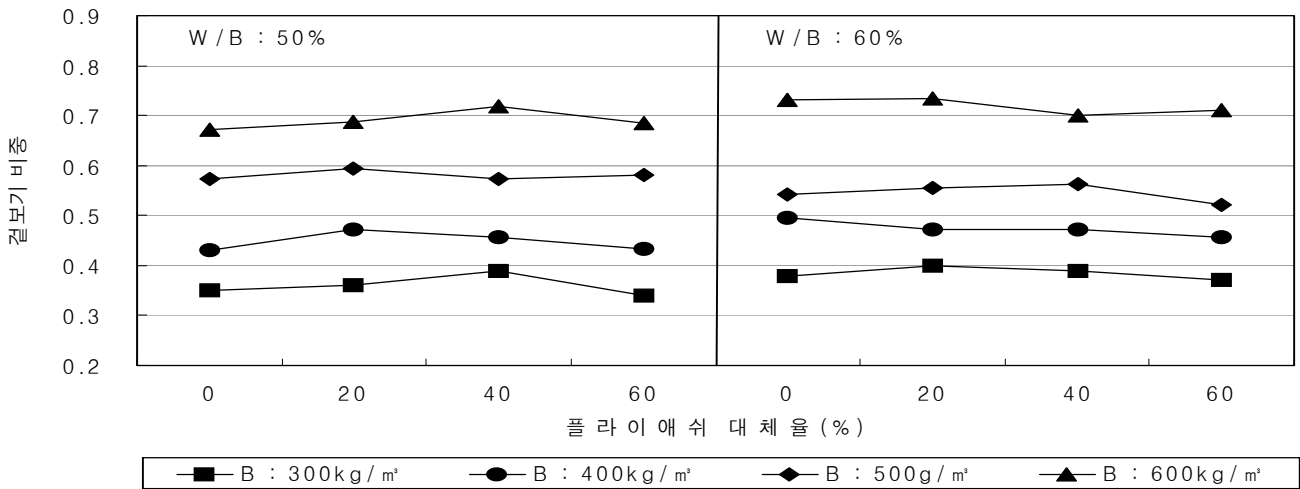


그림 7. 플라이애쉬 대체율에 따른 겉보기 비중

(3) 흡수율

플라이애쉬를 혼입한 표면피복재의 흡수율은 단위분체량 및 대체율에 따라 19.9~39.8%의 범위를 나타내었으며, 주로 단위분체량에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다.

플라이애쉬 대체율에 따른 흡수율의 경우 대체량이 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내었으나

배합 조건에 따라 일관된 경향을 나타내지는 않아 그 영향이 미미한 것으로 판단된다.

따라서 이와 같은 실험결과로 볼 때, 표면피복재의 결합재 대체제로 플라이애쉬를 사용할 경우 흡수율 개선의 효과는 기대할 수 없으나, 결합재만 사용한 표면피복재에 비하여 성능이 현저하게 저하한다고 할 수도 없다.

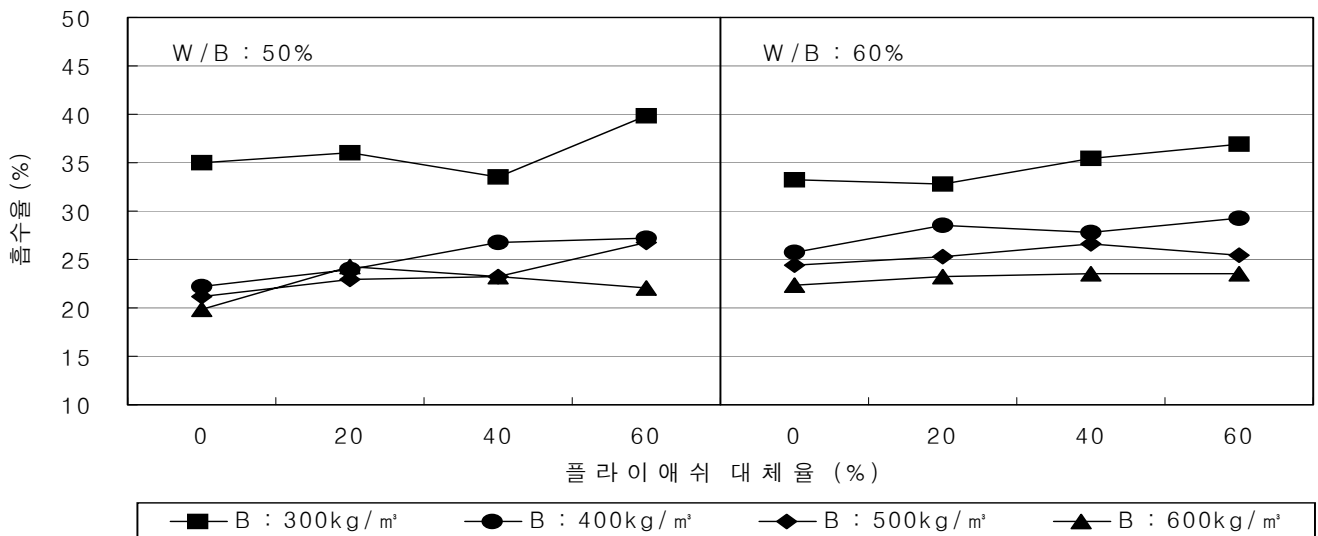


그림 8. 플라이애쉬 대체율에 따른 흡수율

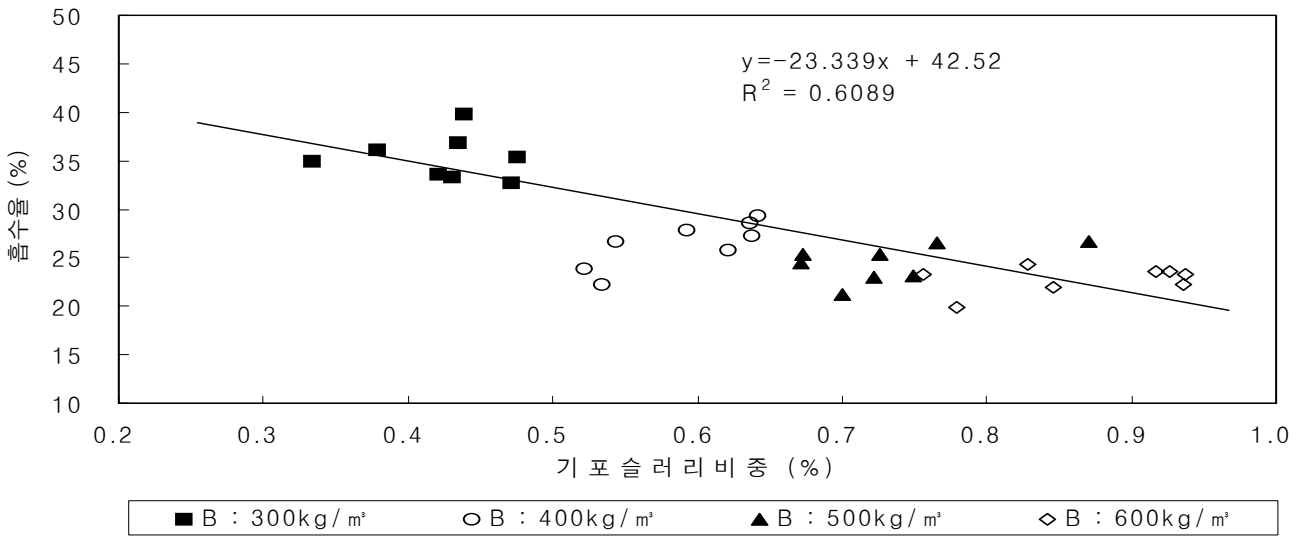


그림 9. 기포슬러리비중과 흡수율의 관계

표 2. 경화한 기포콘크리트의 품질규정 (KS F 4039)

구분	겉보기 비중	플로우 (mm)	압축강도 [N/mm ² (kgf/cm ²)]		열전도율 [W/mk (kcal/mh°C)]	길이변화율 (%)
			7일	28일		
0.4 폼	0.3~0.4	180 이상	0.5(5.10)이상	0.8(8.15)이상	0.130 (0.112) 이하	0.5 이하
0.5 폼	0.4~0.5		0.9(9.18)이상	1.4(14.28)이상	0.160 (0.138) 이하	0.4 이하
0.6 폼	0.5~0.7		1.5(15.30)이상	2.0(20.39)이상	0.190 (0.163) 이하	0.3 이하

IV. 결론

국내 주택의 주거환경 문제는 학회차원의 다양한 연구 노력에도 불구하고 기업의 이윤에 부합되지 못하는 관심 밖의 문제로 치부되어 왔다. 그러나 최근에 숯장판, 숯벽지, 옥침대 등 실생활에서 직접적인 개발상품이 출시되면서 새 정부에서는 많은 관심을 기울이고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 기존의 석고보드 대체용으로 숯보드를 개발하고 표면이 검고 묻어나오는 문제점을 보완·개선하기 위해 표면 피복재료를 덮어 일체화된 실내용 바이오보드를 개발하기 위한 제조방법을 규명하고자 하였으며, 아래와 같은 조건을 만족시켰다.

1. 표면피복재의 필수적인 조건은 내장된 심재의 기능을 그대로 표출시킬 수 있는 공극구조를 가져야 하며, 더욱이 실내공간에 적용하기 위해서는 화재시 내화규준에 만족하는 불연재료이어야 한다.

2. 표면피복재료는 심재와의 접착성이 우수하여 재료 분리 현상이 없어야 하며, 제품의 수축변화, 열전도율, 표면재의 압축강도, 비중 등이 KS에서 규정한 품질규정에 만족시켜야 한다.

3. 재료의 가격 경쟁력과 재활용 육성정책에 부합되는 원재료 생산원가를 절감시키기 위해서는 버려지는 소재를 활용하여, 서민 주거부터 활용이 가능토록 하는 고품질의 저가생산이 바람직하다 하겠다.

이러한 제반 조건을 만족시키는 표면 피복재료의 개발은 숯보드 뿐만 아니라 황토보드 및 바닥재, 천장재 등 폭넓은 범위에 적용되리라 판단되며, Mock-up Test를 통해 실제 건축물 적용을 위한 사양서를 제안하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 리신호, 오무영, 1995, 흙집의 온습도 변화가 주거환경에 미치는 영향 연구, 충북대학교 지역개발연구, 제 6집, pp173-189
2. 박기창, 1992, 농촌주택과 에너지 절약, 농촌주택과 농촌마을 계획건설에 관한 세미나, 대한건축학회, pp70-81.
3. 산림청, 1996, 목재가 인체 및 주거생활에 미치는 영향
4. 이석화, 1995, 건축법규해설, 청운문화사
5. 이재우, 1986, 農家住宅, 건우사.
6. 이회만, 최예환, 1974, 농촌주택 개량을 위한 난방효율시험, 한국농공학회지, 16(2) : 35-49.
7. 일본전열협회 원적외선위원회, 1995, 원적외선가열의 이론과 실제, 한충수, 박완서 역, 한국원적외선 응용연구소
8. 飯塚五郎藏, 1992, 건축물의 외벽연구, 김태우 역, 도서출판국제
9. 日本建築學會, 高爐 スラブ微粉末用いたコンクリートの技術の現象, 1992, 6.
10. 野澤美樹, 浮選による石炭灰からの未燃炭素粉の除去に關する基礎的研究, 資源と素材, Vol. 112, pp. 9-105, 1996.
11. A.Bilodeau, V.M.Malhotra : Properties of High-Volume Fly Ash Concrete Made with High-Early Strength ASTM Type III Cement, Canada Centre for Energy Technology, November, 1994.
12. A. Bilodeau, V. Sivasundaram, K. E. Painter, V. M. Malhotra : Durability of Concrete Incorporating High Volume of Fly Ash from Sources in the U.S., ACI Materials Journal, January-February, 1994.