

## 폐석 및 석분 슬러지를 활용한 인조석판재의 제조

손정수 · 김병규 · 김치권

한국자원연구소, 자원활용소재연구부

### Manufacture of Artificial stone using Waste Stone and Stone Powder Sludge

Jeong-Soo Sohn, Byoung-Gyu Kim, Chi-Kwon Kim

Resources Utilization and Materials Division, KIGAM

#### 요 약

국내 각 채석장 및 석재 가공공정에서 발생하는 폐석과 석분 슬러지를 활용하여 장식재, 바닥재 및 내외장재 등에 쓰이는 인조 석판재 제조기술을 개발하고자 하였다. 인조석재는 폐석과 결합제 및 경화제 등을 혼합하여 제조하였으며 성형압력, 폐석 및 석분 슬러지의 결합비 그리고 결합제의 양 등의 변화에 따른 인조석재 각각의 특성을 비교하였다. 천연석재와 인조석재와의 물성을 비교하기 위하여 ① 비중, ② 흡수율, ③ 탄성파속도, ④ 압축강도, ⑤ 인장강도, ⑥ 반발경도, ⑦ 탄성계수 및 ⑧ 포아송비를 측정하였으며 ⑨ 내열성도 함께 조사하였는데 석재의 물성은 원료의 혼합정도, 성형압력 및 결합제의 양에 의해 좌우됨을 알 수 있었다. 본 인조석재의 제조에는 석분에 비해 고가인 결합제의 사용을 가능한한 최소로 하여 폐기물로 배출되는 폐석 및 석분슬러지를 최대한 활용할 수 있도록 하였으며 성형압력 200kg/cm<sup>2</sup>, 결합제의 양 12~15wt.%의 제조조건에서 원하는 물성을 갖는 인조석재를 제조할 수 있었다.

#### ABSTRACT

The amounts of waste stone and stone powder sludge that occurred in the quarry and processing plant of stone plates, have been increased with the development of stone industry. The manufacturing process of artificial stone was studied to reduce the outlet of these wastes and utilize them as raw materials for architecture, interior decoration and art work. In order to compare the properties of artificial stone with those of natural building-stone, the physical properties of artificial stone such as specific gravity, absorption ratio, elastic wave velocity, compressive strength, tensile strength, shore hardness, elasticity and Poission's ratio were measured. From the mesaured data of physical properties, it was found that physical properties of artificial stone were controlled by homogeneous mixing ratio of constituents, molding pressure, and amount of binder. Also, from the thermo-gravimetric analysis, it was found that artificial stone manufactured had a good thermal stability up to 300°C. It was concluded that the optimum conditions for manufacturing process of artificial stone were 200kg/cm<sup>2</sup> of molding pressure, 12~15 weight % of binder amounts.

#### 1. 서 론

토목, 건축 및 조각품의 재료로 사용되는 모든 종류의 암석을 석재라고 정의하는데 최근 수요증가 및 용도의 다양화로 인하여 석재산업이 국내외적으로 활성화되고 있다. 이에 따라 국내 채석장 및 석재가공장에서 발생하는 폐석 및 석분 슬러지의 양은 연간 190만톤에 달하고 있으며 이들을 일반폐기물로 위탁처리하는 경우

톤당 4만원의 비용이 소요되어 대부분의 경우 폐석 및 석분 슬러지를 자체 사업장안에 그대로 방치하고 있는 상태이다<sup>1-3)</sup>.

현재 석분 슬러지의 재활용은 여러 관점에서 검토되고 있으며 이중 타일의 제조 및 인조석판재의 제조가 실현 가능성이 높은 것으로 판단되어 다각적으로 연구되고 있다. 타일의 제조는 제조방법의 난이성과 낮은 부가가치로 인하여 상용화가 이루어지지 못하고 있으며

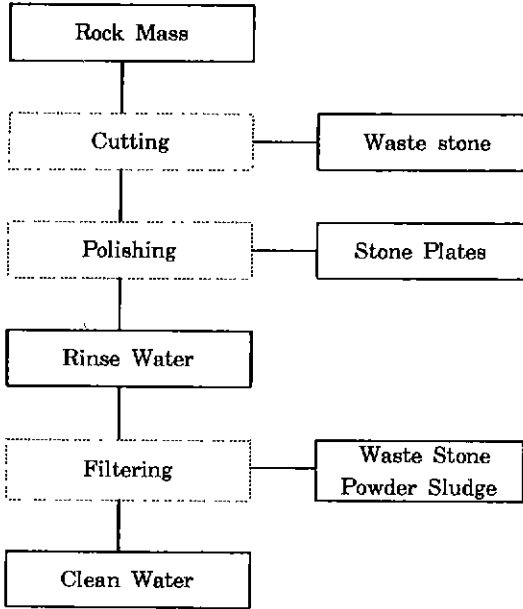


Fig. 1. Flowsheet of the occurrence of waste stone and stone powder sludge.

Table 1. Chemical composition of waste stone and stone powder sludge.

chemical composition	waste stone (%)	stone sludge (%)
SiO <sub>2</sub>	72.21	65.60
TiO <sub>2</sub>	0.43	0.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.45	20.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.81	3.69
K <sub>2</sub> O	3.64	3.41
Na <sub>2</sub> O	3.47	3.54
CaO	1.12	1.63
MgO	0.16	0.24
MnO	0.04	0.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.08

폐석 및 석분 슬러지와 같은 저급 원자재를 사용한 인조석판재는 인조 대리석과 같은 고부가가치 제품의 생산이 어렵고 건축재로 개발할 경우에도 원자재의 특성상 천연석재와 동등한 재료특성 및 물성을 만족시키기 어려운점 때문에 아직까지 실용화되지 못한 상태이다. 한편 이탈리아 일본에서 수입되고 있는 인조석재의 경우 활석, 규사, 마그네슘 화합물 등의 고품위 원료를 사용하여 고부가가치 제품을 생산하고 있으나

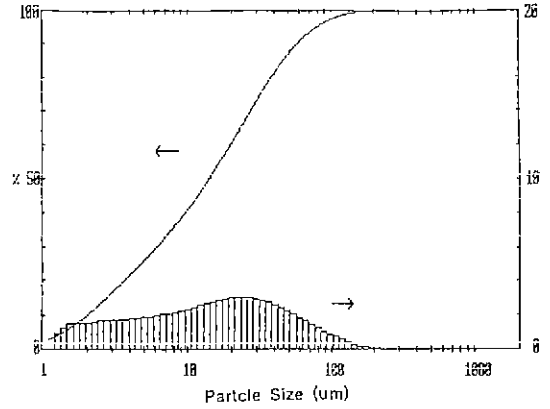


Fig. 2. Particle size distribution of stone powder sludge.

폐석 및 석분 슬러지와 같은 저급 원자재를 사용한 것이 아니고 또한 결합제, 경화제 등 첨가제로 사용되는 고가의 재료들이 30% 이상 포함되어 있으므로 엄밀히 말하면 폐기물의 재활용이 아닌 복합재료로 구분할 수 있다<sup>4-5)</sup>.

따라서 환경오염의 방지 및 천연 석재자원의 보전 차원에서 연간 수 백만톤씩 폐기물로 배출되어 환경오염을 유발하고 있는 폐석 및 석분 슬러지를 효율적으로 활용하는 처리기술의 개발이 요구되고 있다. 이에따라 본 연구에서는 인조석판재의 경제성 있는 제조기술의 개발을 통한 인조석판재의 물성개선과 고부가가치화를 도모하였으며 특히 종래에 국내외에서 제조, 판매되던 인조석과는 달리 충전제, 결합제, 경화제 등 첨가제의 양을 가능한 줄이고 폐기물로 배출되는 폐석 및 석분 슬러지의 사용량을 극대화하여 인조석판재의 경제성을 향상시키고 폐기물의 재활용을 활성화하고자 하였다.

## 2. 원 료

인조석판재 제조에 사용된 원료는 건축재용 석판재를 생산하기 위한 가공공정에서 발생하는 화강암류의 폐석 및 석분으로 특히 석분은 석판재 가공공정중 절단, 연마공정에서 발생되며 다량의 수분이 함유된 슬러지 상태이므로 인조석재 제조 원료로 사용하기 위하여는 폐석 및 석분에 함유된 수분을 제거하여야 한다. Fig. 1은 석재 가공공정에서 발생하는 폐석 및 석분의 발생과정을 나타낸 것으로 이 과정에서 석재의 약 60%가 폐석 및 석분 슬러지로 손실되고 있다. 본 인조석 제조에는 대전에 위치한 정립산업 논산공장에서 배출되는

Table 2. Process conditions of artificial stones.

sample number	particle size	weight (g)	binder (g)	pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	hardening temp. (°C)	hardening time (min)
1	10~5mm -16mesh	1250 1250	300	200	80	120
2	10~5mm -16mesh	1250 1250	300	100	80	120
3	10~5mm -16mesh	1250 1250	300	50	80	120
4	10~5mm -16mesh	1250 1250	300	300	80	120
5	10~5mm -48mesh	1250 1250	300	200	80	120
6	-16mesh	2500	300	300	80	120
7	3mm~16mesh -16mesh	1250 1250	300	300	80	120
8	3mm~16mesh -16mesh	1500 1000	300	300	80	120
9	3mm~16mesh -16mesh	1000 1500	300	300	80	120
10	5~3mm -16mesh	1250 1250	300	300	80	120
11	5~3mm -16mesh	1500 1000	300	300	80	120
12	5~3mm -16mesh	1000 1500	300	300	80	120
13	10~5mm -16mesh	1500 1000	300	300	80	120
14	10~5mm -16mesh	1000 1500	300	300	80	120
15	10~5mm -16mesh	1250 1250	330	300	80	120
16	10~5mm -16mesh	1250 1250	400	300	80	120
17	10~5mm -16mesh	1250 1250	250	300	80	120

폐석 및 석분을 채취하여 원료로 사용하였으며 이들의 화학분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 폐석에 대한 화학분석을 하기 위하여 파쇄 및 분쇄를 행한후 -200 mesh이하의 산물을 채취하여 화학분석 시료로 사용하였다. 인조석 원료로 사용한 폐석을 현미경으로 관찰한 결과 화강암으로 장석류와 석영이 비슷한 비율로 분포되어 있으며 폐석의 표면이 풍화에 의하여 변질

되었음을 확인하였으며 Fig. 2에서와 같이 석분의 입도분석을 행한 결과 석분의 평균 입도는 14 $\mu$ m로 매우 미세함을 알 수 있다. 인조석재의 제조에 사용된 폐석은 Table 2에서와 같이 10mm~16mesh(1mm)의 범위에 속하는 입자만을 분리하여 사용하였으며 석분은 연마 과정에서 발생하는 석분슬러지 이외에 파쇄과정에서 발생하는 16mesh 이하의 석분을 원료로 사용하였다.

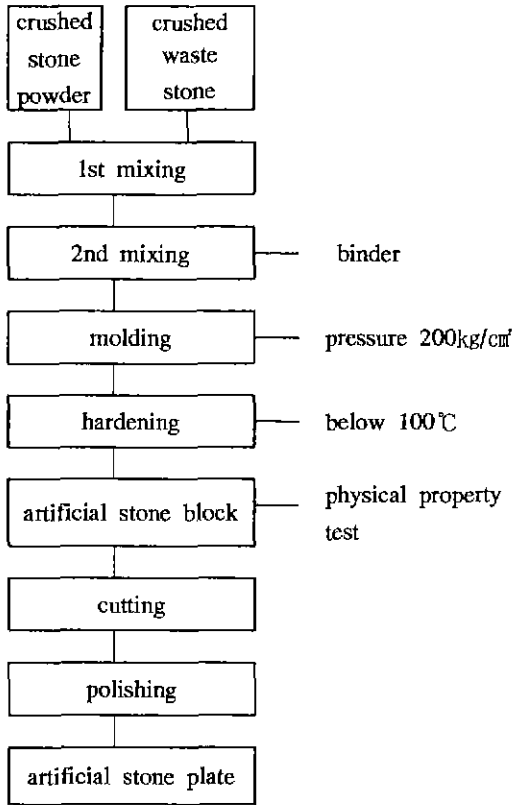


Fig. 3. Flowsheet for the manufacturing process of artificial stone.

인조석 제조시 결합제는 내열성 및 압축강도 등 물성이 우수한 결합제인 불포화 폴리에스터를 사용하였는데 이는 반투명으로 입체감이 있는 형태의 제품 성형용 수지로 작업성 및 후경화성이 양호하였다. 그리고 불포화 폴리에스터 수지의 경화제는 MEKP(methyl ethyl ketone peroxide)를 주로 사용하였으며 인조석의 착색을 위하여 흑색(carbon-black), 청색(Blue #850), 노란색(Yellow D-541), 녹색(chrome oxide green, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 적색(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, #909) 등의 안료를 결합제에 첨가하였다

### 3. 실험방법

본 인조석 제조공정은 Fig.3과 같이 혼합공정, 성형공정 및 경화공정으로 대별되며 이밖에도 제조한 인조석의 절단 및 연마공정이 포함되어 있다. 혼합공정에서는 원료인 폐석과 석분을 일차 혼합하고 이어서 결합제를 일정 비율로 첨가하여 이차 혼합함으로써 폐석 및 석분 표면에 결합제가 균일하게 도포되도록

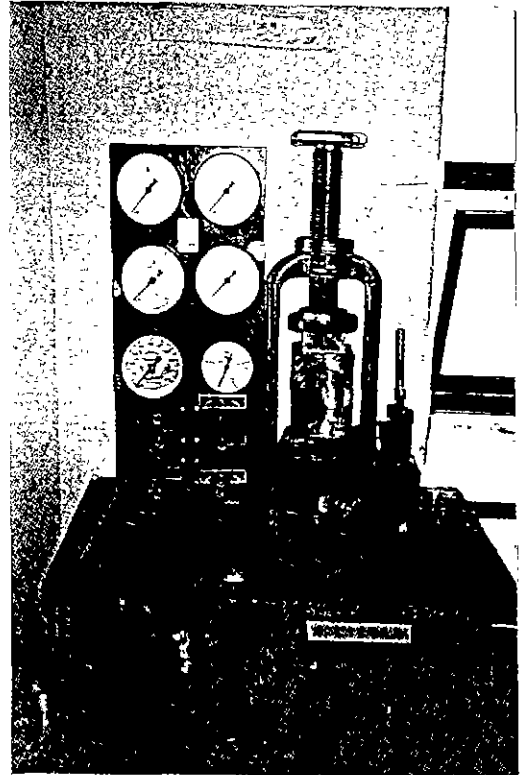


Fig. 4. Apparatus of molding press.

하였으며 성형공정에서는 혼합공정에서 균질하게 섞인 혼합물을 크기가 100×100×150mm이고 재질이 SUS 304인 성형틀에 정량 장입하여 Fig. 4에 나타난 50톤 용량의 성형기를 사용, 일정시간 압축성형하였다. 경화공정에서는 성형이 완료된 성형물을 100°C 이하에서 가열, 경화시켜 인조석 블록과 인조석의 물성측정을 위한 시료를 준비하였으며 절단 및 연마공정에서는 제조한 인조석 블록을 일정 두께로 절단, 판재화하고 이어서 인조석 표면을 연마처리하였다.

물성시험은 비중, 흡수율, 탄성과 속도, 압축강도, 인장강도, 반발경도, 탄성계수 및 포아송비를 측정하여 인조석재의 역학적인 특성을 조사하였으며 시료의 물성 측정시 그 정확성을 기하기 위하여 Fig.5에서 보는 바와 같이 인조석재로부터 시료당 4개씩의 코어를 채취, 물성을 측정하였고 이를 평균하여 해당시료의 대표값으로 취하였다. 또한 인조석재에 사용된 결합제 및 제조된 인조석재의 내열성을 조사하기 위하여 열중량 분석(thermo-gravimetric analysis)시험을 행하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

암석의 물리적 성질은 그 암석을 구성하고 있는 조암 광물의 입도와 조직 및 구성 광물 상호간의 배열 특성 등에 따라 좌우되는데 본 인조석재의 경우 고온, 고압하에서 그 구성 성분들이 화학적으로 변화되어 생성되는 화강암과는 달리 결합제가 단순하게 석분 및

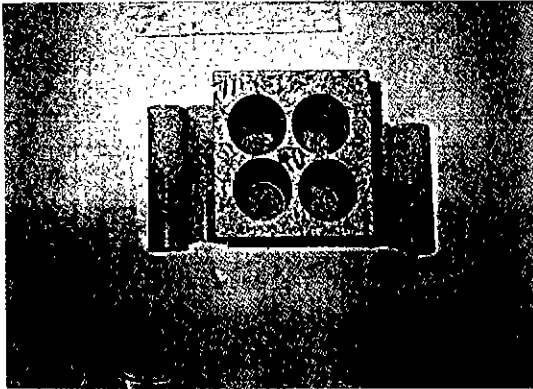


Fig. 5. Artificial stone block and cylindrical specimens for physical property test.

폐석들을 서로 물리적으로 집착시키는 역할을 하는 것이므로 석분과 결합제의 혼합정도, 가압성형시 발생하는 공극 및 균열의 최소화 및 경화시 석분과 결합제 계면에서의 수축정도 등이 본 인조석재의 물성을 좌우하는 중요한 요소라 할 수 있다.

제조 조건들을 변화시키면서 제조한 인조석재의 물성들을 토대로 성형압력, 석분 및 폐석의 입경 및 구성비 그리고 결합제의 양 등 조건 변화에 따른 영향을 검토하였다. Table 2는 물성측정을 위해 인조석재의 제조조건을 변화시키면서 제조하였을 때 각 조업조건을 열거한 것이고 Table 3은 각 조건에 따라 제조한 인조석재의 물성 측정 결과로 각 제조 조건별로 물리적 성질들을 상호 비교할 수 있도록 정리한 도표이다.

#### 4.1. 성형압력의 영향

인조석재 제조시 성형압력을 50에서 300kg/cm<sup>2</sup>의 범위에서 변화시켰는데 미세한 석분, 폐석과 결합제 상호간에 가능한한 혼합과 채워짐이 잘 되도록 하고 또한 값비싼 결합제의 사용을 최소화하기 위하여 가압성형을 행하였다. 다음 Fig. 6은 성형하중을 변화시

Table 3. Summary of physical property tests on the artificial stone.

sample number	specific gravity, (g/cm <sup>3</sup> )	absorption ratio, (%)	elastic wave velocity (m/sec)		compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	elasticity (10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson's ratio	Shore hardness
			P-wave	S-wave					
1	2.321	0.35	3800	1740	780	120	1.119	0.356	59.6
2	2.297	0.44	3710	1790	760	110	1.150	0.100	60.8
3	2.269	0.69	3040	1490	650	90	0.975	0.226	55.3
4	2.353	0.44	3420	1740	730	90	0.963	0.224	61.4
5	2.248	0.58	3390	1910	780	100	1.242	0.284	60.5
6	2.273	0.90	3080	1910	720	110	0.904	0.295	43.3
7	2.183	0.83	2490	1660	575	80	0.536	0.355	51.0
8	2.197	0.81	2510	1520	580	80	0.540	0.429	50.3
9	2.203	0.67	3030	1870	690	90	0.853	0.377	54.0
10	2.203	0.67	2590	1690	665	80	0.672	0.438	59.3
11	2.307	0.50	3100	1820	690	70	0.866	0.445	59.3
12	2.254	0.96	2450	1530	620	70	0.601	0.415	55.8
13	2.260	0.58	3070	1710	660	80	0.786	0.294	56.0
14	2.259	0.52	3440	1890	760	90	1.177	0.420	57.0
15	2.2894	0.93	2450	1520	580	70	0.594	0.349	57.0
16	2.356	0.53	3490	1890	770	80	1.239	0.358	55.8
17	2.317	0.68	3590	1950	700	80	1.341	0.409	53.0

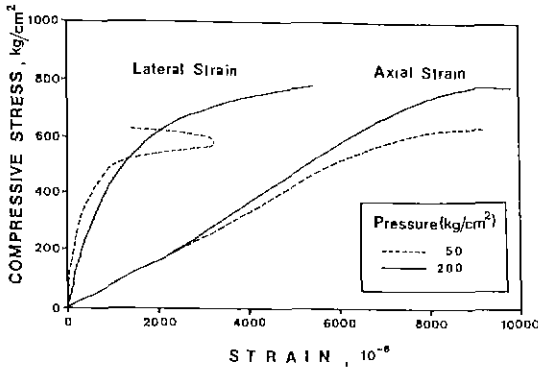


Fig. 6. Stress-strain curve from compression test for artificial stones.

키면서 제조한 인조석재의 일축압축 시험시 응력과 변형율과의 관계를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 인조석재의 압축강도는 500~800kg/cm<sup>2</sup>의 범위를 나타내며 천연 암석과는 달리 파괴후 축방향 변형이 계속 진행되는 연성파괴에 가까운 거동을 보이고 있다. 이는 석분, 폐석 이외에 결합제가 석분 및 폐석들을 둘러싸고 있는 상태이므로 파괴가 일어나도 급격한 변형이 이루어지는 것이 아니라 전체 형태를 유지한 채로 변형이 지속적으로 진행되기 때문이다. 응력과 축방향 변형율의 기울기로부터 탄성율을 구하였으며 파괴가 일어났을때의 축방향 및 직각방향 변형율의 비로부터 포아송비를 계산할 수 있었다.

Table 3에서와 같이 하중을 50kg/cm<sup>2</sup>로 가한 경우 다른 조건에서보다 흡수율은 높고 비중 및 탄성과 속도가 낮게 나타나는데 이는 인조석재 제조시 공극이 많이 남아 있다는 것을 의미하며 따라서 공극의 존재로 인하여 압축강도도 낮게 나타난다는 것을 알 수 있다. 또한 성형하중의 증가에 따라, 제조된 인조석재의 물성이 개선되는 것을 알 수 있으나 하중을 300kg/cm<sup>2</sup>로 가한 경우 압축강도는 낮은 값을 보이고 있다. 이로부터 필요 이상의 하중을 가할 경우 인조석재의 제조조건이 악화될 수 있다는 것을 예상할 수 있다.

실제 인조석재의 제조시 300kg/cm<sup>2</sup>의 하중을 가한 경우 200kg/cm<sup>2</sup>의 하중을 가했을 때보다 인조석재의 높이가 약 10cm 줄어들었는데 이는 인조석재내 공극을 채워주는 결합제가 지나친 하중을 받게되어 이들의 상당량이 몰드 틈 사이로 빠져나가는 상황이 일어났으며 하중이 더욱 증가하게 되면 지나친 부피감소로 인하여 폐석 입자간에 하중이 작용하여 입자가 큰 폐석의 파쇄도 발생할 수 있는 것이다.

#### 4.2. 폐석 및 석분의 조건변화

인조석재의 제조시 입경이 큰 폐석만을 원료로 사용하는 경우 폐석사이의 공극이 크게 발생하고 이를 채우기 위한 결합제의 양이 많이 필요하며 인조석재 전체의 강도도 낮아지게 된다. 한편 이와는 반대로 입경이 작은 석분만을 사용하는 경우 결합제와 미세 석분의 혼합공정이 복잡해지고 또한 석분 입자가 작을수록 표면적이 넓어지므로 결합에 필요한 결합제의 양이 증가하게 된다.

따라서 입자가 큰 폐석과 입자가 미세한 석분을 어느 비율로 혼합했을때가 가장 효율적이고 또한 폐석의 경우 석분과의 크기 차이가 어느정도 일때가 가장 석재의 물성이 좋은가를 조사하였는데 폐석과 석분의 비를 3:2, 1:1, 2:3으로 변화시켰을때 그에 따른 인조석재의 물성에는 별다른 차이를 보이지 않았다. 이는 위의 세 경우 모두 압력을 가한 상황이므로 폐석과 석분의 비에 관계없이 상호간의 채워짐이 잘 이루어졌음을 알 수 있다. 그러나 폐석의 크기변화에서는 폐석의 크기가 클수록 흡수율도 낮게 나타났고 압축강도도 큰 값을 보이는데 폐석과 석분의 크기 차이가 10배 이상되는 것이 효율적이라는 것을 알 수 있다.

#### 4.3. 결합제의 양

천연암석 중 퇴적암의 경우에는 광물입자 간에 교결물질이 채워져 있는 경우가 있는데 석영, 장석의 함유율 및 교결물질의 종류와 압축강도와 관계를 보면 압축강도는 석영, 장석의 함유율보다 교결물질에 크게 좌우된다. 만일 강고한 물질인 석영이나 장석의 함유율이 많아도 교결물질이 점토질인 사암인 경우 압축강도가 작다. 인조석재의 경우 강도가 크게 나타나려면 결합제가 미세 석분입자를 모두 독립적으로 감싸고 있어야 하므로 이들 석분 각각을 감쌀 수 있는 최소한의 결합제가 필요하다. 본 실험에서는 결합제의 양을 250g, 300g, 400g으로 변화시켜 그 영향을 살펴 보았는데 성형하중을 300kg/cm<sup>2</sup>로 했을때의 결과이므로 결합제의 양에 관계없이 가압성형시 대부분이 빠져나가 이에대한 영향은 크게 나타나지 않았다. 결합제가 250g 정도일때 혼합과정에서 폐석 및 석분 전체를 충분히 적실수 있었으나 인조석재의 제조시에는 석분들이 채워질때 발생하는 공극을 결합제가 보충해야 하므로 이보다는 더 많은 양 즉 폐석 중량의 약 12~15% 정도의 결합제를 사용하는 것이 바람직하다.

#### 4.4. 인조석재의 내열성

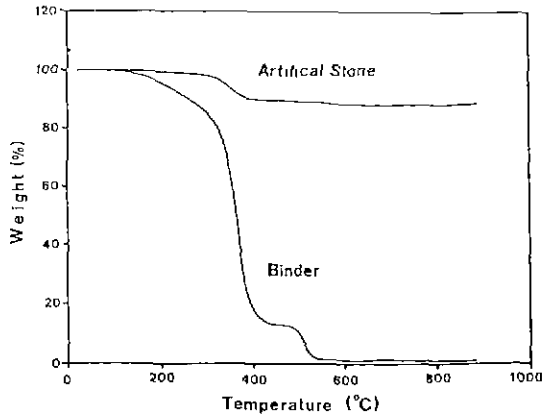
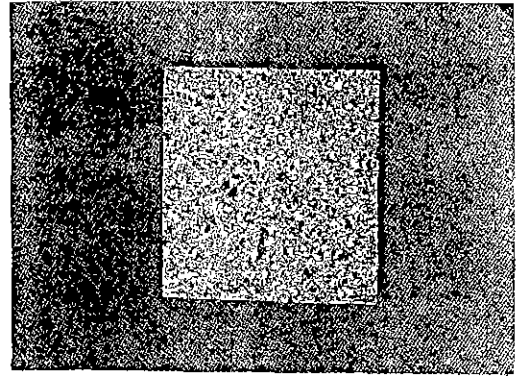


Fig. 7. Thermo-gravimetric analyses of binder and artificial stones.

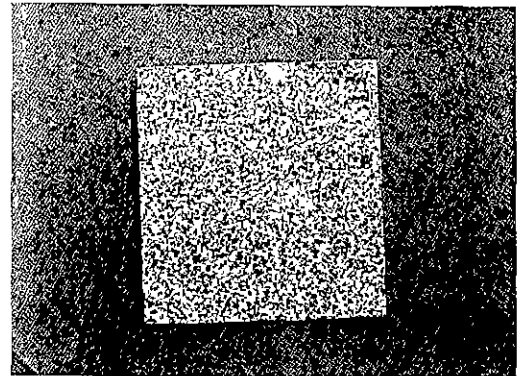
제조된 인조석재의 내열성을 조사하기 위하여 열중량 분석(thermo-gravimetric analysis) 시험을 행하였다. 다음 Fig. 7은 TGA 분석결과를 나타낸 것으로 결합제만을 실험한 경우 200~400°C 사이에서 급격한 중량감소가 나타났는데 이는 결합제의 열분해로 인한 것으로 생각되며 500°C 이상에서는 완전연소로 인하여 결합제가 모두 제거된다고 생각된다. 인조석재의 경우에는 약 300~400°C의 온도에서 약 10%의 중량감소가 진행되었는데 인조석재 제조시 석분 및 폐석을 약 90%, 결합제 등 유기물을 10% 사용하므로 TGA 분석결과가 정상적으로 이루어졌음을 알 수 있으며 본 실험에서 제조한 인조석재의 경우 300°C 정도의 온도에서도 내열성이 우수함을 알 수 있었다. 따라서 본 인조석재를 바닥재 및 내장재로 사용하는 경우 화재 발생시와 같은 고온 분위기에서도 다른 재질에 비해 뛰어난 내열성을 갖고 있음을 알 수 있다.

#### 4.5. 인조 석재의 색상

석재제조시 다양한 문양을 얻기 위하여 화강암 폐석 및 석분 슬러지 이외에 석회석, 운모, 명반석 등을 대량원료로 사용하였으며 각 용도에 맞는 색상을 갖게 하기 위하여 제조과정에서 색소를 첨가하였다. 인조석재의 색상은 색소 이외에도 사용되는 폐석의 색상 및 석분의 크기에도 영향을 받는데 본 연구에서는 이 세 가지 요소를 적절히 조절하여 원하는 문양 및 색상을 얻을 수 있었다. Fig. 8은 폐석 및 석분 원료를 변화시키고 적, 흑, 녹색, 청색 등의 색소를 첨가하여 제작한 인조 석판재 중 일부를 나타낸 것인데 그림에서 보는 바와 같이 폐석의 문양을 그대로 간직하면서도 첨가



(a) artificial stone plate manufactured with red dyes.



(b) artificial stone plate manufactured with yellow and green dyes.

Fig. 8. Photographs of artificial stone plates with various patterns and colors.

한 색소에 따라 의도한 색상을 얻을 수 있었으며 연마과정에서 수분과 접촉하여도 탈색되거나 변색되지 않는 것을 확인하였다.

#### 4.6. 국내 화강암과 인조석재의 물성 비교

Table 4는 국내 화강암 석재와 본 연구에서 제조한 인조석재의 물성을 비교한 것으로 압축강도 면에서는 천연석재에 비해 다소 낮은 값을 보이지만 인장강도나 흡수율은 비슷한 범위에 있음을 알 수 있었으며 반발경도 값 또한 대리석과 비슷한 수준을 보이고 있고 비중은 천연석재 비중의 0.85 배에 불과하였다. 또 앞서 설명한 바와같이 문양 및 색상등의 조절이 용이하므로 이들 특성을 고려한 용도개발이 가능함을 알 수 있다.

### 5. 결 론

**Table 4.** Comparison of physical properties for artificial stone and natural granites.

source of granite	Kanghwa	Hwangdeung	Jecheon	Yeosu	Macheon	Jungsun	Sanju	sample #1
P-wave(m/sec)	4600	3230	3650	3470	3370	4620	3770	3800
Shore hardness	101	98	97	92	86	48	83	59
porosity (%)	1.29	0.78	0.82	1.02	0.65	0.33	0.38	-
specific gravity	2.60	2.65	2.69	2.80	2.80	2.60	2.70	2.32
absorption ratio(%)	0.49	0.30	0.30	0.37	0.23	0.13	0.14	0.35
compressive strength(kg/cm <sup>2</sup> )	1612	1275	1448	1652	1030	959	1744	780
tensile strength(kg/cm <sup>2</sup> )	79	62	90	113	71	59	156	120
Young's modulus(10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	4.886	4.070	6.042	6.844	4.784	5.314	8.517	1.119
abrasion(%)	16.31	41.74	27.80	13.11	32.00	25.06	12.21	-

(1) 인조석재의 제조시 물리적 특성을 좌우하는 것은 석재의 원료로 쓰인 석분, 폐석 및 결합제 자체의 강도보다는 이들 상호간의 균일한 혼합을 통하여 결합제가 석분 및 폐석 상호간을 충분히 접착시키는 것이며 또한 가압 성형시 발생하는 공극을 최소화하는 것인데 이를 위해서는 성형압력, 결합제의 양, 석분 및 폐석의 구성비 그리고 경화시간 등을 조절해야 한다.

(2) 열중량 분석시험을 통한 인조석재의 내열성 조사결과 300~400℃의 고온에 이르러 급격한 중량감소가 나타났으며 이로부터 본 인조석재의 경우 300℃ 내의 까지도 내열성이 우수함을 알 수 있었다.

(3) 폐석의 종류, 폐석과 석분의 혼합비 및 색소에 따라 다양한 문양 및 색상을 갖는 인조석판재의 제조가 가능하였으며 석판재의 절단 및 연마과정 후에도 석재의 물성 및 색상의 변화가 없음을 확인하였다.

(4) 천연석재와 인조석재의 물성 비교결과 압축강도는 천연석재에 비해 다소 낮고 인장강도는 유사한 값을 보이며 비중은 천연석재의 0.85배로 가벼운 특성 등을 보이는데 이러한 인조석재 고유의 특성과 다양

한 문양 및 색상 등 인조석재 만이 갖는 장점을 활용할다면 내장재 및 바닥재 등 건축용 자재로서의 활용 가능성이 매우 높음을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. 宋完, 韓國巨大石材會社便覽, 石材界社 (1992).
2. 한국석재신문, (1993.2.1)
3. 한국자원연구소, 석분을 이용한 타일제조기술 개발연구, (1992).
4. 竹田美稻, 三島憲仁, “人造大理石製品の製造方法”, J04255311 (1992).
5. 菊地明雄, 田中力, “人工大理石の製法”, J0550444 (1993).
6. 선우춘, 유창하, 이경운, 채석기술연구, KR-90-2C-2, 한국동력자원연구소, (1990).
7. 선우춘 외, 채석기술연구, KR-91-2C-2, 한국자원연구소, (1991).
8. 한국자원연구소, 한국석재도감, 제일문화사, (1993).
9. 임길재, 민경원, 김재동, “국내산 석재류의 내구성에 관한 연구”, 한국자원공학회지, 31, pp. 435-443, (1994).