

## 송이 타일 제작시 원료 배합비에 따른 제품 특성 연구

이민규\*, 윤경일\*\*, 이두성\*\*\*, 김주봉\*\*

### Characteristics of Products on Mixing Ratio of Raw Materials for Scoria Tile Manufacturing

Min-Gyu Lee\*, Kyung-Il Yoon\*\*, Du-Sung Lee\*\*\* and Ju-Bong Kim\*\*

#### ABSTRACT

This study is to investigate the characteristics of products on mixing ratio of raw materials for scoria tile manufacturing. The water absorption of scoria tile decreased as scoria particle size decreased and a ratio of scoria/sand increased. And also the water absorption of tile decreased as an amount of cement decreased. Smaller scoria particle size, smaller ratio of scoria and sand, and larger amount of cement enhanced strength and thermal conductivity of scoria tile. The surface pattern of scoria tile became various figures as a ratio of scoria and sand increased. Well mixing of large and small particles made surface pattern of tile diverse.

#### 서 론

제주도는 지질학적 특성때문에 건축재료를 자급 자족할 수 있는 여건이 되지 못하여 과거부터 건축의 반입이 계속되어 왔으며, 그 증가 추세는 점점 더 심각해지고 있는 실정이다. 특히, 현대 건축의 원가분석에 의하면 재료비가 60-70%로 가장 높고, 인건비, 동력비 순으로 알려져

있다(홍, 1980). 이러한 점에서 건축자재의 일부 골재를 자급하고 경량화 시킴으로서 원가를 절감시키는 동시에 부족 천연자원을 개발 활용함으로써 자원절약에 대처해 나가야 할 것이다.

제주도에는 화산 분출물로서의 천연 경량 골재 자원인 화산회(calcanic ash), 화산암쇄(송이, scoria) 및 다공질 용암(valcanic rocks) 등이 광범위하게 분포되어 있다.

\* 공과대학 화학공학과

\*\* 제주지방공업기술원

\*\*\* 재신개발(주)

제주도 화산쇄의 일종인 송이는 화산이 폭발하였을 때 분출된 여러물질 가운데서 다공질의 화산쇄, 화산사, 기타 화산회등이 융합하여 이루어진 화산성토로 알려져 있다.

특히 송이는 제주도 기생화산 전역에 걸쳐 산출되며, 지역에 따라 조금씩 차이가 있으나 입자가 수 cm 정도의 조립질인 scoria가 주를 이루며, 기공이 많고 매우 가벼우며 색깔은 적갈색, 황갈색, 흑색 및 암회색을 띤다.

제주도 전역에 걸쳐 산재하고 있는 원추형의 기생화산은 약 200여개에 달하고 있으며, 이곳에 퇴적되어 있는 채굴가능한 송이의 추정량은 약 100-200억㎥에 달한다. 따라서 학술적으로나 경관적으로 보존 가치가 있는 기생화산체를 제외하더라도 그 양은 무한정에 가깝다 할 수 있다 (윤 등, 1991).

이러한 송이가 부존 천연자원의 활용이라는 측면에서 연구 이용되고 있으며 (Loudon, 1966; Teychenne, 1967; 岡村一臣, 1982), 제주지방에서도 그의 극히 일부가 도로포장용으로 개발되고 있다.

홍(1976)은 제주도 화산 분출물과 화산재 및 분석(scoria, 송석) 등의 활용방에 대한 연구에서 concrete용 골재, cast stone의 종석, asphalt 포장용골재(단열재), 경량블럭의 골재, 부석경량골재등으로 활용할 수 있을 것이라고 보고하였다. 부 등(1980)은 경량골재인 제주도 화산암쇄등을 사용하여 경량구조용 골재로서의 적합여부, 단열 및 방음재료로서의 이용 가능성에

대한 연구의 일환으로서 송이를 사용한 벽돌을 제작시 송이를 사용한 몰타르의 압축강도가 구조용 벽돌 제작에 충분하다고 하였다. 그러나 대부분의 연구들이 지질학적, 또는 토목공학적 내용에 한정되어 있으며, 권과 허(1989)가 송이의 보온단열성에 관한 연구를 발표하였으나 실제 상업용 제품에 대한 제품특성에 대한 자료는 극히 드물다.

제주도 전역에 걸친 기생화산에서 여러 형태로 산출되는 송이를 이용하여 타일을 제조시 송이타일은 일반 타일제품에 비하여 가볍고 색상(무늬형태)이 수려한 장점을 지니고 있다. 그러나 송이타일은 송이, 모래 및 세멘트의 배합 비율에 따라 제품의 흡수성, 강도, 보온특성 및 색상(무늬형태)이 크게 변하지만, 현재까지 이에 대한 연구자료가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 송이를 이용한 타일 제품생산시 송이의 입도, 모래 및 세멘트의 배합비에 따른 제품의 특성변화를 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 사용재료

#### 1.1. Cement

본 실험에 사용한 cement는 D사의 1급 A종 normal portland cement를 사용하였으며, 물리적 성질 및 화학적 성질은 Table 1, 2와 같다.

Table 1. Physical properties of cement

Specific Gravity	Baline Fineness ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	Autoclave Soundness (%)	Time of Settling		Compressive Strength ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )		
			Initial (min)	Final (hrs)	3days	7days	28days
3.15	3,190	0.12	250	6,508	201	284	345

Table 2. Chemical composition of cement

Component	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Ig. loss
Content, %	20.9	6.2	3.3	63.1	3.1	2.4	1.0

1.2. 모래

본 실험에 사용된 모래의 물리적 성질은 Table 3과 같으며, 입도분포는 Fig. 1과 같다.

1.3. 송이

본 실험에 사용된 송이의 물리적 성질 및 화학적 성질은 Table 4, 5와 같으며, 입도분포는 Fig. 2와 같다. 입도분포는 산지로 부터 송이타일을 제조하는 도내 J업체에 운반된 시료를 표

준체를 사용하여 사분법에 따라 각 체를 통과한 시료의 중량을 총중량에 대한 백분율로 계산하였다. 일반적으로 송이의 대부분은 약 44-64%의 연속기공을 지니고 있어 흡수율이 높고 작업성(workability)이 나빠 세멘트 페이스트(paste)의 소요량이 증대되는 천연경량골재 공통의 약점을 지니고 있다.

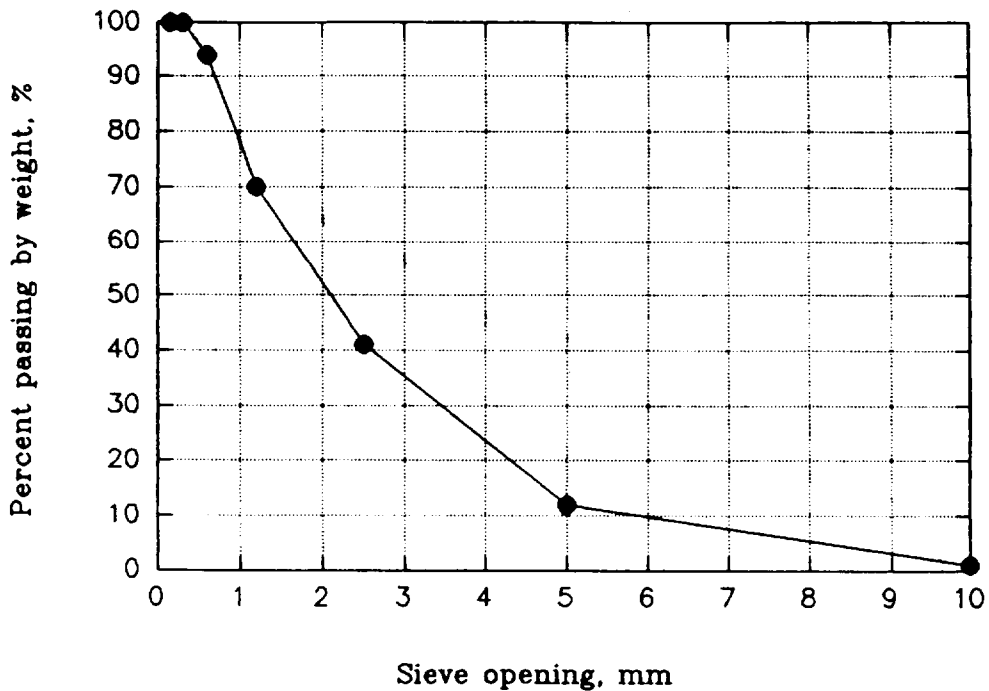


Fig. 1. Grain size accumulation curve of sand.

Table 3. Physical properties of sand

Specific Gravity	Density <i>kg/m<sup>3</sup></i>	Absorption %	Fineness Modulus
2.84	1,510	2.75	2.82

Table 4. Physical properties of scoria

Specific Gravity	Density <i>kg/m<sup>3</sup></i>	Absorption %	Abrasion %	Fineness Modulus
1.71	1,100	23	86.24	3.0

Table 5. Chemical properties of scoria

Component	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	Chloride	Ig. loss
Content, %	40.68	22.68	13.60	10.50	4.13	0.40	0.41	0.48

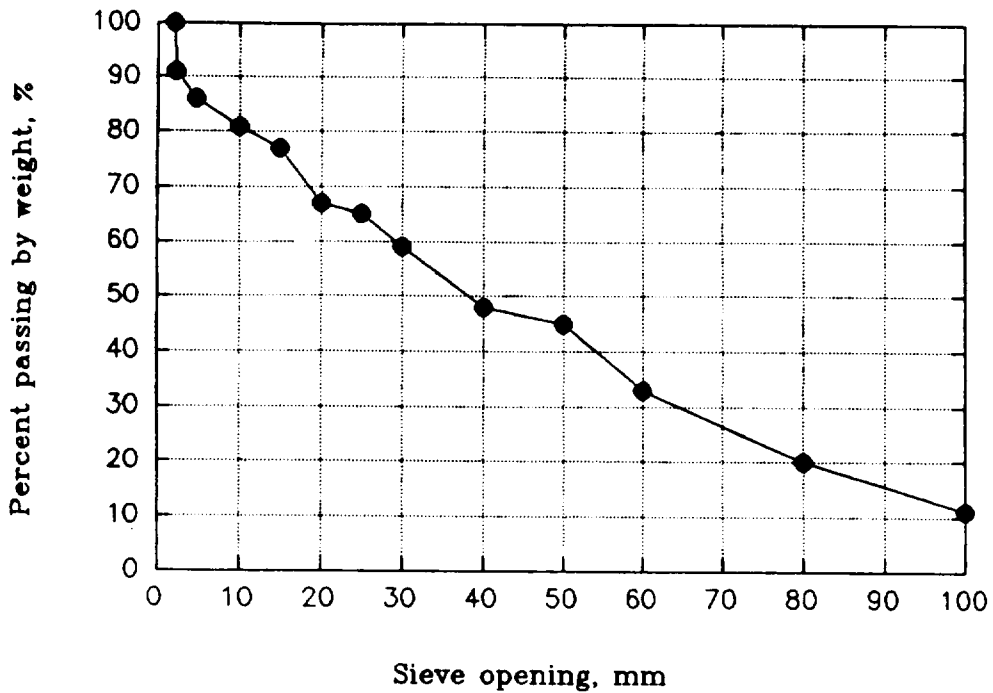


Fig. 2. Grain size accumulation curve of scoria.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 송이의 입도크기와 송이+모래+세멘트의 배합비율에 따른 송이 타일제품의 강도, 흡수성, 열전도율 및 색상(무늬형태) 변화에 대해 연구를 행하였다. 화산재(송이)를 이용하여 송이타일을 제작시 송이+모래+세멘트의 배합비율에 따른 제품특성을 살펴보기 위하여 송이의 입도를 일반적으로 많이 사용되고 있는 크기(20-65 $\mu$ m)로 선별한 다음 일정혼합비로 혼합하고, 모래와 세멘트의 혼합비를 달리하는 실험을 행하였다.

재료의 배합은 송이+모래+세멘트를 Table 6과 같은 비율로 하여 mixer에 30 $l$ 씩 넣고서 5분간 혼합한 다음, 일정 크기의 형틀에 부어 28일간 양생한 후 시료를 제작하였다.

### 실험결과 및 고찰

배합비에 따른 제품의 특성을 살펴보기 위하여 흡수율은 KSF 4004, 강도는 KSF 2413 및

KSF 2519에 의거 각각 굴곡강도와 압축강도를, KSL 9016에 의거 열전도율을 구한 결과를 Table 7에 나타내었다.

#### 1. 배합비에 따른 흡수율 변화

배합비에 따른 제품의 흡수율 변화를 살펴보기 위하여 각 배합조건에 따라 시편을 3개씩 제작하여 흡수율을 측정한 다음, 측정값의 평균값을 Fig. 3-4에 나타내었다. Fig. 3에서 보여지는 바와같이 흡수율은 송이/모래비가 클수록 증가하였으며, 투입 세멘트의 량이 많아질수록 감소하였다. 또한 Fig. 4에서 송이의 입경이 작은 것을 많이 사용할수록 흡수율은 작아짐을 알 수 있다. 이는 송이의 입경이 클수록 세멘트량이 작을수록 입자간의 공극이 커지기 때문으로 생각되었다. 따라서 흡수율을 낮추려면 가능한 송이/모래비를 낮추고, 송이의 입자크기를 낮추고, 세멘트 투입량을 많이하면 될 것으로 보아진다.

Table 6. Mixing ratio of materials

mesh	Scoria (Vol%)			Scoria/Sand (Vol%)			Cement (kg)		
	①	②	③	A	B	C	I	II	III
20-45 $\mu$ m	30	50	70	50	60	70	9	11	13
45-65 $\mu$ m	70	50	30						

Table 7. Test results of scoria tile products

Run \ Items	Moisture Content, %	Compressive Strength $kg_f/cm^2$	Flexural Strength $kg_f/cm^2$	Thermal Conductivity $Kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$
①-A-I	23.1	161.6	2.176	0.092
①-A-II	21.4	227.8	2.464	0.073
①-A-III	20.2	299.6	2.776	0.070
①-B-I	25.3	140.52	2.152	0.088
①-B-II	24.3	176.56	2.416	0.086
①-B-III	21.1	212.52	2.528	0.084
①-C-I	26.6	154.68	2.148	0.095
①-C-II	23.8	246.28	2.648	0.074
①-C-III	21.8	278.32	2.736	0.072
②-A-I	23.6	162.76	2.476	0.081
②-A-II	22.9	239.4	2.864	0.076
②-A-III	19.4	249.88	3.624	0.070
②-B-I	25.2	148.68	2.14	0.099
②-B-II	23.6	174.28	2.612	0.084
②-B-III	21.5	221	2.768	0.081
②-C-I	26.2	157.08	2.128	0.098
②-C-II	23.5	179.44	2.392	0.081
②-C-III	22.5	238.72	2.608	0.079
③-A-I	23.5	249.12	2.332	0.077
③-A-II	21.7	276.8	2.776	0.074
③-A-III	19.5	284.56	3.248	0.072
③-B-I	23.5	173.4	2.172	0.089
③-B-II	22.9	215.12	2.768	0.088
③-B-III	20.6	255.68	3.012	0.074
③-C-I	23.2	172.84	2.112	0.096
③-C-II	22.3	203.32	2.472	0.078
③-C-III	21.5	268.12	3.164	0.072

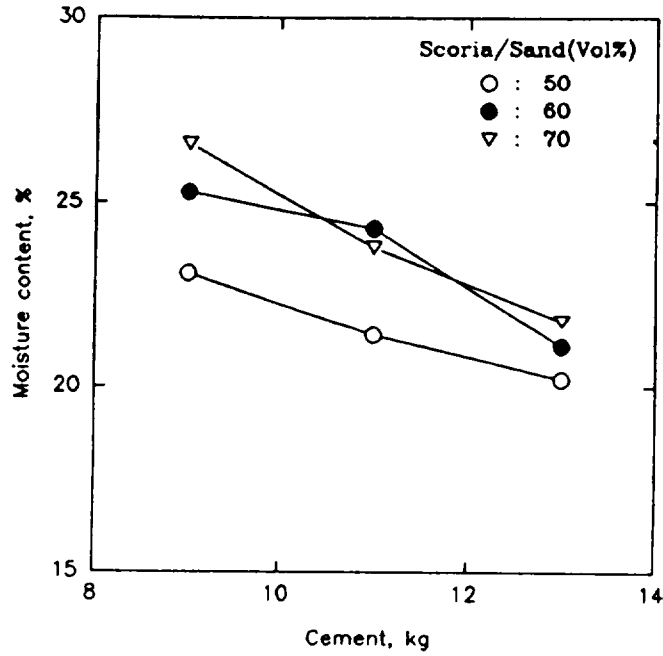


Fig. 3. The effect of amount of cement on moisture content at scoria ① (20-45mesh : 45-65mesh=30 : 70).

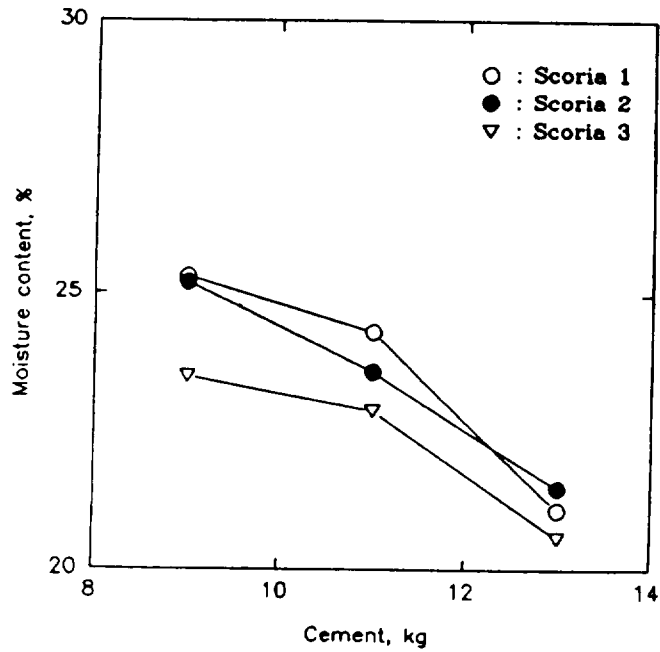


Fig. 4. The effect of cement on moisture content at 60vol% of scoria/sand ratio.

## 2. 배합비에 따른 강도 변화

배합비에 따른 제품의 강도변화를 조사하여 제품으로서의 적합성 여부를 살펴보고자 하였다. KSF 2519에 의거 압축강도를 측정된 결과를 Fig. 5-6에, 굴곡강도는 KSF 2413에 의거 측정된 결과를 Fig. 7-8에 나타내었다. 전반적으로 볼 때 강도는 그림에서 보여지는 바와같이 송이/모래비가 작아질수록, 세멘트의 투입량이 증가함에 따라서는 강도가 증가함을 알 수 있었다. 송이/모래비가 작아질수록 강도가 높아지는 것은

모래량이 많아짐에 따라 송이 입자간의 공극을 모래가 메워주기 때문이며, 또한 송이입자 크기의 배합에서는 작은 입자의 량이 증가할수록 강도는 높아지는 것도 큰 입자들간의 공극을 작은 입자들이 메워주기 때문으로 생각된다. 따라서 강도를 높이기 위해서는 가능한한 송이의 입자를 작은것을 많이 사용하고 모래와 세멘트량을 많이 투입해야 한다. 그러나 강도는 슬럼프(slump)에 크게 영향을 받으므로 이에 대한 연구가 보완되어야 할 것이다.

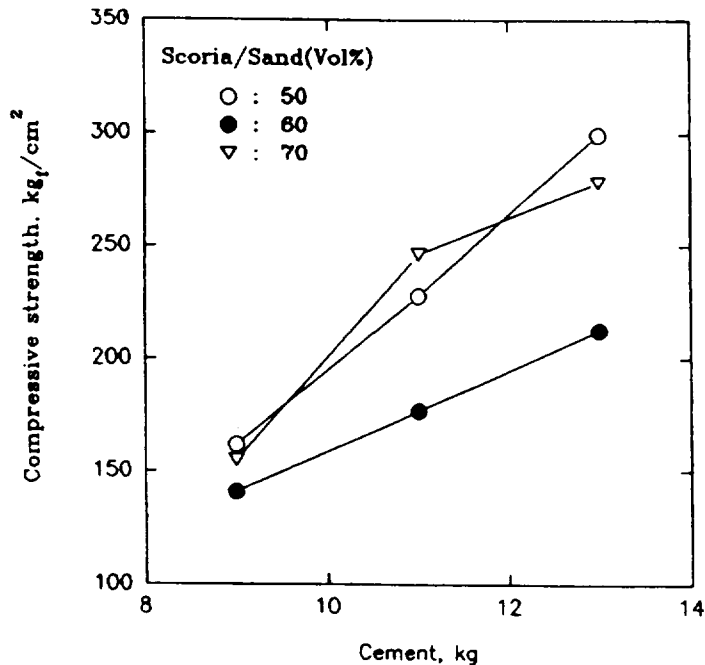


Fig. 5. The effect of amount of cement on compressive strength at scoria ① (20-45mesh : 45-65mesh = 30 : 70).



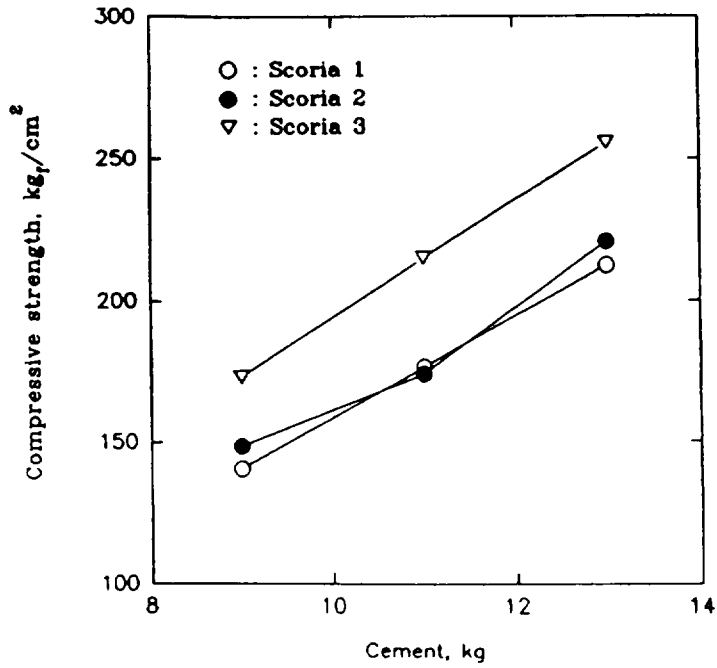


Fig. 6. The effect of cement on compressive strength at 60vol% of scoria/sand ratio.

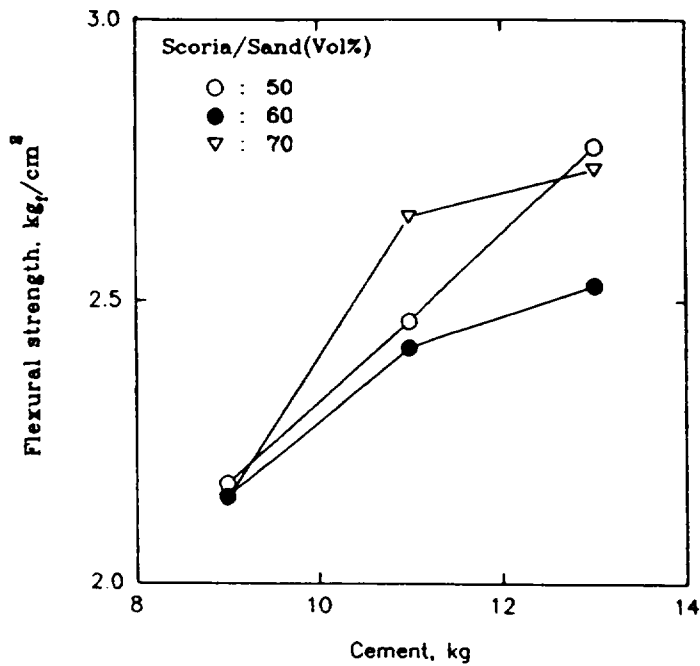


Fig. 7. The effect of amount of cement on flexural strength at scoria ① (20-45mesh : 45-65mesh = 30 : 70).

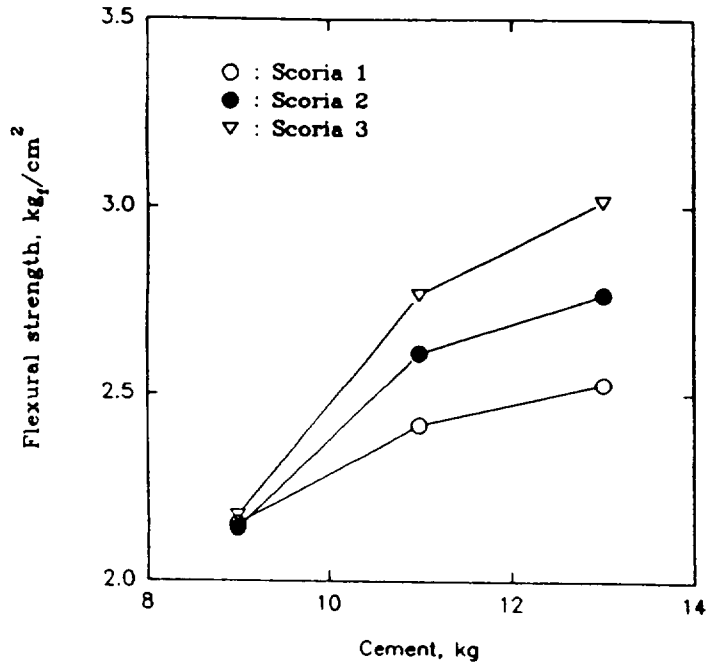


Fig. 8. The effect of cement on flexural strength at 60vol% of scoria/sand ratio.

### 3. 배합비에 따른 열전도도 변화

배합비에 따른 열전도율 변화를 조사하기 위하여 KSF 9016에 의거 열전도율 측정된 결과를 Fig. 9-10에 나타내었다. 그림에서 보여지는 바와같이 열전도율은 세멘트량이 많아질수록, 송이/모래비가 많아질수록 열전도율은 감소하였다. 일반적으로 송이의 열전도율은 모래나 세멘트에 비해 상대적으로 낮기 때문에 송이량이 많아지면 열전도율이 감소하지만, 송이/모래비가 너무 커지면 오히려 열전도율이 증가하게 되는데, 이는 본 실험에 사용된 송이입자가 모래입자에 비해

상대적으로 커서 공극이 커지기 때문으로 보아진다. 또한 송이입자 크기가 작아짐에 따라 열전도율은 감소함을 알 수 있는데, 이는 입자가 작아질수록 입자간의 공극이 적어서 재료내부에 포함된 공기의 대류현상이 활발치 못한 원인으로 생각되어 진다. 따라서 열전도율만을 고려한다고 할때 보온단열효과를 높이기 위해서는 가능한한 송이의 입자를 작은것을 많이 사용하고 세멘트량을 많이 투입하면 되나, 이는 제품의 형상이나 원재료 가격등을 고려하여 판단해야 될 것

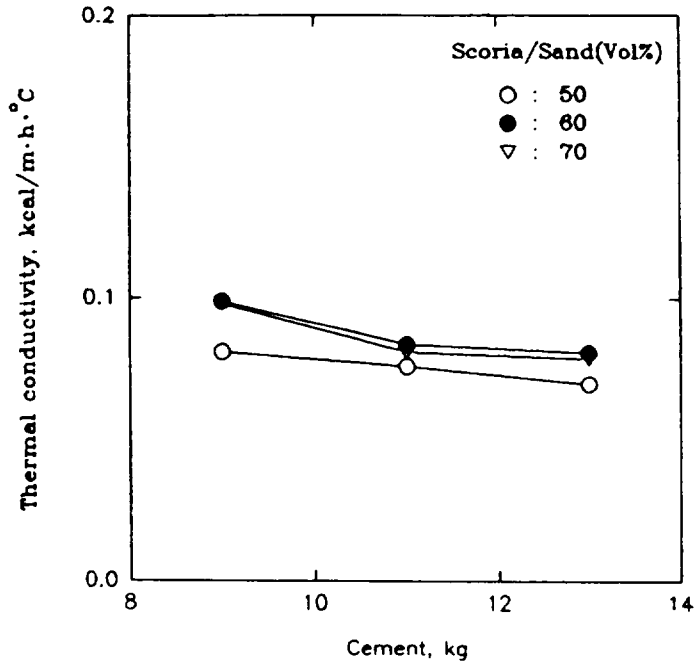


Fig. 9. The effect of cement of thermal conductivity at scoria ② (20-45mesh : 45-65mesh = 50 : 50).

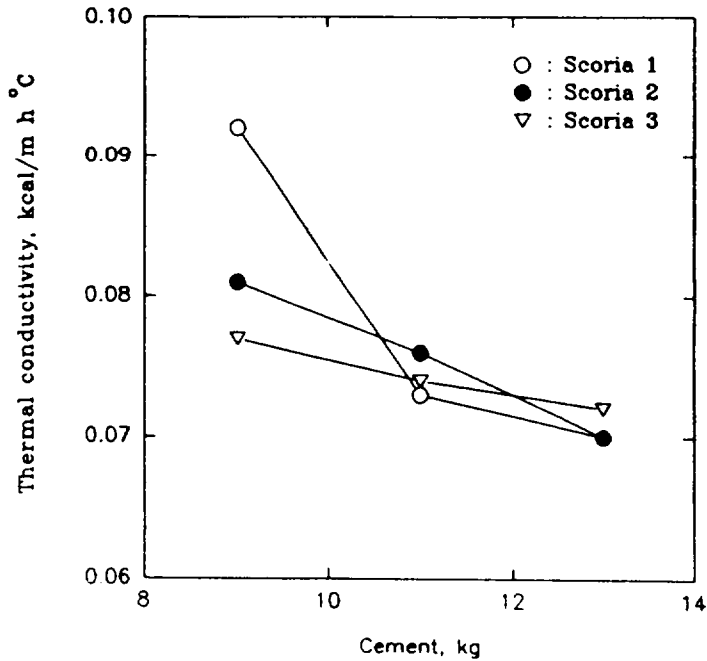


Fig. 10. The effect of amount of cement on thermal conductivity at 50vol% of scoria/sand ratio.

이다.

#### 4. 배합비에 따른 색상(무늬형태) 변화

배합비에 따른 색상(무늬형태)의 변화는 세멘트량에는 무관하였으며, 송이/모래비와 송이 입자크기의 배합에 따라서만 변화를 보였으며, Fig. 11에 나타내었다. 무늬형태는 시편의 절단 부위에 따라 달라질 수도 있으며, 또한 무늬에

대한 취향은 사용자에게 따라 달라질 수도 있다. 제품의 무늬형태는 그림에서 보여지는 바와 같이 대체로 송이/모래비가 클수록 다양한 형상을 보여주고 있으며, 송이 입자는 작은 입자만을 사용하거나 큰 입자만을 사용하는 것보다는 큰 입자와 작은 입자를 고루 섞어주는 것이 좋을 것으로 보아졌다.

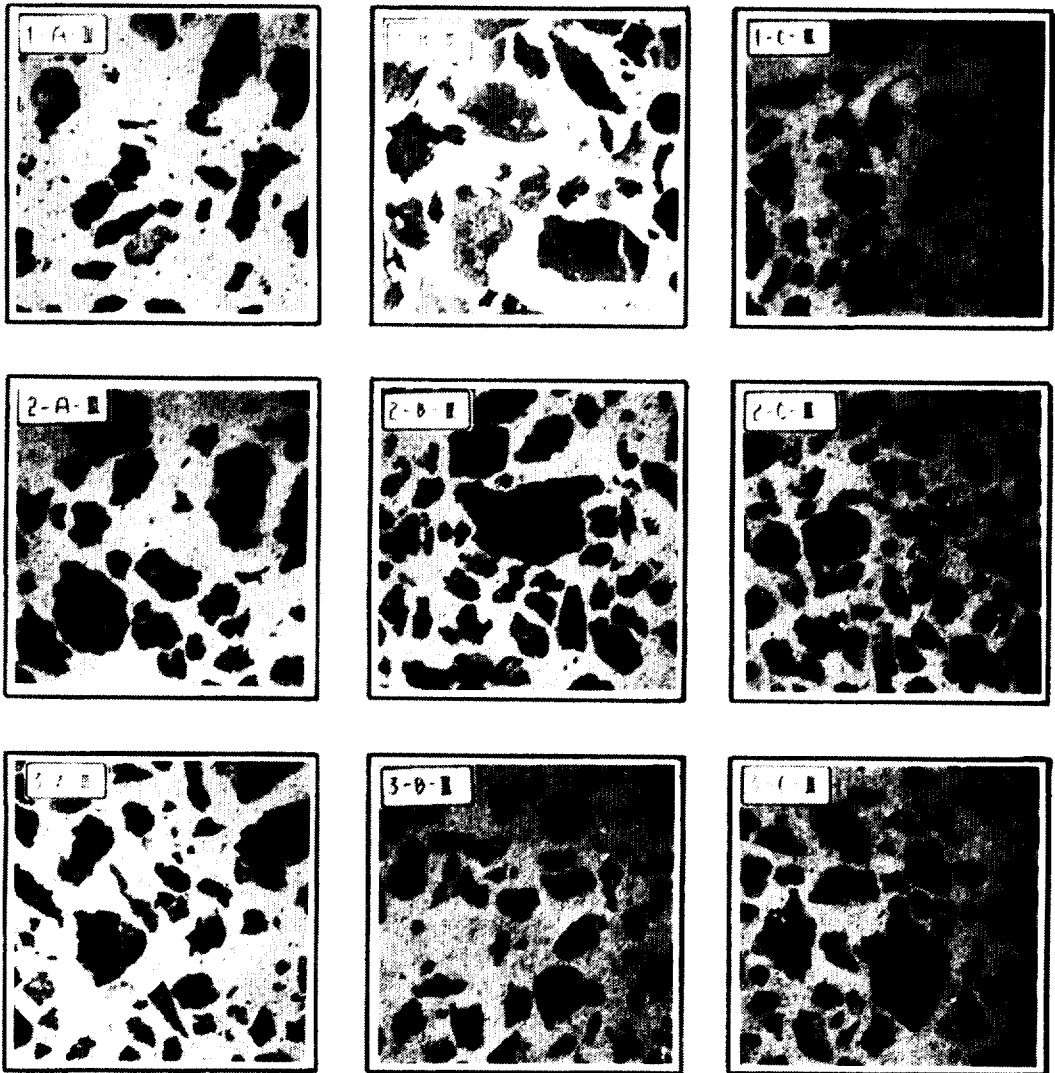


Fig. 11. The change of surface patterns on mixing conditions.

## 결 론

송이타일제작시 원료배합비에 따른 제품특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 송이입자가 작을수록, 송이/모래비와 세멘트 투입량이 증가할수록 흡수율은 감소하였다.
2. 송이입자와 송이/모래비가 작을수록, 또한 세멘트 투입량이 증가할수록 강도와 열전도율은 증가하였다.
3. 제품의 무늬형태는 송이/모래비가 클수록 다양한 형태를 보여주며, 송이입자 크기는 큰입자와 작은입자를 고루 섞어주는 것이 바람직한 것으로 사료되었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 岡村一臣, 1982, "細骨材率をていくした輕量コンクリトに關する基礎的 研究", 日本建築化學會大會學術講演梗概集(北陸), 163-164.
- 2) 권기린·허종철, 1989, "스커리어재의 보온 단열성능에 관한 실험적 연구", 제주대학교 논문집, Vol. 28, 127-135.
- 3) 부척량·김선우, 1980. "제주산 송이의 활용

에 관한 연구", 공업연구지, Vol. 17, 99-105.

- 4) Loudon, A. G. and E. F. Stacy. 1966, "The Thermal and Acoustic Properties of Light Weight Concrete", Structural Concrete, Vol. 3, 58-76.
- 5) 윤정수, 1991, "북제주군지역 기생화산(오름)에 관한 학술조사 보고서", 북제주군, 1-84.
- 6) Teychenne, D. C. 1967, "Structural Concrete Made with Light Weight Aggregates", Concrete, Vol. 1, 1-22.
- 7) 홍사천, 1976, "한국산 토석의 건재화 방안에 관한 연구" 대한건설학회지, Vol. 20 (71), 9-12.
- 8) 홍사천, 1980, "자원과 건축", 건축사 협회지, Vol. 139, 8.

## 감 사

본 연구는 공업진흥청의 1992년도 기술지도 사업과제의 일환으로 수행되었으며, 연구의 수행에 적극 협조해 준 제주지방공업기술원과 제신개발 측에 감사드립니다.