

# 무기안료가 시멘트모르타르의 압축강도와 흡수율에 미치는 영향

송 혁 · 이재용<sup>†\*</sup> · 고성석

전남대학교 건축학부 · \*부경대학교 건축학부  
(2004. 2. 25. 접수 / 2004. 4. 8. 채택)

## The Influence of Inorganic Pigments on the Compressive Strength and Absorption of Cement Mortars

Hyuk Song · Jae-Yong Lee<sup>†\*</sup> · Seong-Seok Go

Division of Architecture, Chonnam National University

\*Division of Architecture, Pukyong National University

(Received February 25, 2004 / Accepted April 8, 2004)

**Abstract :** The aim of this study was to investigate the influence of inorganic pigments on the physical properties of cement mortar. For this purpose, the compressive strength and absorption test were carried out on cement mortar mixed with inorganic pigments by changing the proportion of cement mortar, water-cement ratio, and ratio of pigment. The result of this study can be summarized as follows: The compressive strength of colored mortar rapidly increased in red and yellow mortar, as the mix ratio of pigment increased. In case of green and black mortar, however, the compressive strength decreased as the mix ratio increased. In case of red and yellow mortar, the absorption of colored mortar increased as the mixing ratio increased, if the mean particle diameter of the pigment is small. In case of green and black mortar, the absorption ratio decreased as the mix ratio increased. After investigating the overall physical properties of colored mortar, it was confirmed that the proper mix ratio of pigment securing the properties of colored mortar was below 6% of the weight of the cement to be used.

**Key Words :** inorganic pigment, colored mortar, compressive strength, absorption

### 1. 서 론

착색시멘트복합체의 생산업체는 고품질의 합성 무기질 안료(顔料)보다 미정제된 저품질의 안료를 제조원가 절감을 위해 사용하고 있으며, 저품질의 안료 사용에 의한 제품 품질저하의 문제점을 인식하지도 못한 채 무분별하게 무기안료를 사용하고 있다.

외국의 경우 ACI<sup>1)</sup>와 ASTM<sup>2)</sup>에서는 무기안료(無機顔料)의 적정 혼입량을 시멘트의 10% 이하로 규정하여 착색시멘트복합체의 사용기준을 제시하고 있으며, 이에 따른 품질확보방안 등 다각적인 연구가 진행되고 있다.

시멘트복합체에 사용되는 무기안료는 입자가 매

우 작고 물에 녹지 않아 시멘트복합체내부에서 균질하게 분포하여 착색효과를 나타내며<sup>3,4)</sup>, 색상에 따라 성분 및 입형이 다르며, No. 200체를 통과한 미분말을 다량 포함하고 있어, 시멘트복합체의 강도, 건조수축 및 내구성 등에 많은 영향을 미치는 것<sup>5)</sup>으로 알려져 있다.

이에 본 연구에서는 국내에서 시멘트복합체에 혼입·사용되는 무기안료를 대상으로 압축강도, 흡수율 실험을 진행하여 무기안료의 성분과 입형이 시멘트모르타르의 물성에 미치는 영향을 파악하고 착색시멘트복합체를 효과적이고 안전하게 사용하기 위한 무기안료의 적정사용기준을 제시하고자 한다.

### 2. 착색시멘트모르타르의 물성 실험

#### 2.1. 실험계획

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
jylee@pknu.ac.kr

Table 1. Test factors and scope

Item	Scope	
Mixture proportion (cement:sand)	1:1, 1:2, 1:3	
Target flow	210, 230, 240mm	
Water cement ratio (W/C)	35, 47.5, 50, 52.5, 67.5%	
Type of pigment	Korean product (A)	Red(RA), Yellow(YA), Green(GA), Black(BA)
	German product (Z)	Red(RZ), Yellow(YZ), Green(GZ), Black(BZ)
Pigment cement ratio (P/C)	0, 3, 6, 9, 12%	

무기안료를 시멘트모르타르에 혼입하였을 경우 유동성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 Table 1과 같은 실험인자 및 수준을 설정하였다.

사용안료는 적색, 황색, 녹색, 흑색 등 4가지 종류에 대해 국내 관련업체에서 사용중인 안료를 조사한 후에 가장 많이 사용되는 제품인 국내의 A사에서 제조된 안료(이하 국산안료, A)와 독일 Z사에서 제조·수입한 안료(이하 외산안료, Z)를 각각 선정하였다. 사용 시멘트량에 대한 안료의 혼입률(P/C)은 국내 콘크리트전동제품 생산업체에서 일반적으로 사용하는 것과 ACI에서 규정하고 있는 10% 이하의 제한사용기준을 검토하기 위해 0, 3, 6, 9, 12%로 설정하였다.

## 2.2. 사용 재료

### 2.2.1. 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내에서 제조된 U사의 KS L 5204에 합격한 백색 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 그 물리적 성질은 Table 2와 같다.

### 2.2.2. 골재

잔골재는 국내에서 착색시멘트모르타르의 물성에 대한 연구가 거의 없어, 이의 기준을 설정하기 위해 KS L 5100 (시멘트 강도시험용 표준사)에 규정된 비중 2.68, 조립률 1.99, 단위용적 중량 1,537 kgf/m<sup>3</sup>의 주문진산 표준사를 사용하였다.

Table 2. Physical properties of white cement

Specific gravity	Blaine value (cm <sup>2</sup> /g)	Soundness (%)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )			White degree (Hunter type)
			3days	7days	28days	
3.15	3,168	0.04	243	332	421	89.6

Table 3. Physical properties and chemical composition of pigments

Type	Specific gravity	Mean diameter of particle (μ)	Water-soluble residue	Sieve residue on No. 325(%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	
Pigment (A)	Red	4.53	1.76	0.01	7.6	99.8
	Yellow	3.52	0.1×0.74*	0.02	1.7	88.6
	Green	2.77	7.94	0.02	13.2	0.003*
	Black	3.51	4.49	0.06	88.3	82.3
Pigment (Z)	Red	4.99	0.17	0.40	0.06	96.0
	Yellow	3.93	0.1×0.7*	0.50	0.05	86.5
	Green	4.28	0.2	1.00	0.1	93.5*
	Black	4.80	0.3	0.30	0.02	99.3

Notes: Since the particles in the yellow pigment\* are elongated, the diameter of the particle is expressed as width x length. In addition, the main ingredient of the green pigment\*\* is Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### 2.2.3. 무기안료

본 실험에서 사용한 A사의 국산안료(기호 A), Z사의 외산안료(기호 Z)에 대한 KS M 5102 (산화철)의 품질기준과 KS M 5131 (안료시험방법)등에 따라 실험한 물성은 Table 3에 나타난 바와 같다.

적색, 황색, 흑색 안료의 주성분은 산화철(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이고 녹색 안료는 산화크롬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이다. 주사전자현미경(SEM)으로 파악한 적색, 녹색, 흑색안료의 입자형상은 구형(spheroidal particle)이었으나, 황색안료의 입자형상은 구형인 적색, 녹색, 흑색안료와는 상이한 세장형(elongated particle)이라 유동성 감소에 큰 영향을 주는 것<sup>6,7)</sup>으로 나타났다.

입도(粒度)분석기로 측정된 안료의 평균입자직경은 국산안료(A)에 비해 외산안료(Z)가 미세한 것으로 나타났다. 또한, 물용해분과 주성분을 고찰하였을 때 국산안료(A)가 외산안료(Z)에 비해 순도가 떨어지는 것으로 나타났다.

## 2.3. 배합 및 시험방법

본 실험의 배합은 무기안료를 착색제로 사용한 착색시멘트복합체의 물성을 규명하기 위해 Table 1에서 설정된 실험인자 및 수준으로 Table 4와 같이 배합표를 작성하여 각 배합별로 5×5×5cm의 모르타르 공시체를 성형·제조하여 실험을 진행하였다.

모르타르의 압축강도는 KS L 5105 (수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 따라 재령 28일에 대하여 각각 3개씩 최대하중을 구하여 평균압축강도를 계산하였다. 모르타르의 흡수율 시험은 KS F 4419에 나타난 시험방법에 따라 건조기 내에

Table 4. Mixture proportion for cement mortars

Specimen code	Mix ratio (C:S)	W/C (%)	P/C (%)	Mixture content (kg/m <sup>3</sup> )			
				Cement	Sand	Pigment	Water
N1a00	1:1	35.0	0	2396	2396	0	839
N2a00	1:2	47.5	0	1511	3022	0	718
N2b00	1:2	50.0	0	1493	2986	0	747
N2c00	1:2	52.5	0	1476	2952	0	775
N3a00	1:3	67.5	0	1075	3225	0	726
A1a03	1:1	35.0	3	2396	2396	72	839
A1a06			6	2396	2396	144	839
A1a09			9	2396	2396	216	839
A1a12			12	2396	2396	288	839
A2a03	1:2	47.5	3	1511	3022	45	718
A2a06			6	1511	3022	91	718
A2a09			9	1511	3022	136	718
A2a12			12	1511	3022	181	718
A2b03	1:2	50.0	3	1493	2986	45	747
A2b06			6	1493	2986	90	747
A2b09			9	1493	2986	134	747
A2b12			12	1493	2986	179	747
A2c03	1:2	52.5	3	1476	2952	44	775
A2c06			6	1476	2952	89	775
A2c09			9	1476	2952	133	775
A2c12			12	1476	2952	177	775
A3a03	1:3	67.5	3	1075	3225	32	726
A3a06			6	1075	3225	65	726
A3a09			9	1075	3225	97	726
A3a12			12	1075	3225	129	726

Notes: For this experiment, the cases of red, yellow, green and black pigments were marked as R, Y, G, and B, respectively. (Example: RA1a03 represents the case with flow 210 mm at mixture proportion 1:1, mixed with red pigment RA, and flow 230, 240 mm were marked as b and c, respectively.)

서 100±5℃로 24시간 건조시킨 후 실온에서 4시간 이상 냉각시켜 무게(건조시의 무게, W<sub>1</sub>)를 측정하였다. 그 후 시료를 25℃의 물에 시료 전체를 24시간 침수시킨 후 꺼내어 결면의 물을 닦고 무게(흡수시의 무게, W<sub>2</sub>)를 측정하여 식 (1)과 같이 흡수율을 계산하였다.

$$\text{흡수율}(\%) = (W_2 - W_1) / (W_1) \times 100 \quad (1)$$

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 적색모르타르의 압축강도

적색안료를 혼입한 경우 혼입률에 따른 재령 28일의 압축강도는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 배합비 1:1, 1:2, 1:3에서 혼입률이 0%인 기준모르타르의 압축강도 711kgf/cm<sup>2</sup>, 472kgf/cm<sup>2</sup>, 269kgf/cm<sup>2</sup>에 비해 적색안료 RA를 혼입한 경우에는 평균 13.6%, 7.2%, -7.8%, 적색안료 RZ를 혼입한 경우에는 평균 11.0%, -1.3%, -8.0%의 강도차이를 나타내었으며, 배합비 1:1의 경우에는 혼입률이 증가할수록 강도가 증가하는 양상을 띠며 배합비 1:2와 1:3에서는 기준모르타르와 비슷한 강도발현을 나타냈다. 혼입률에 대한 압축강도는 적색안료 RA를 12% 혼입한 경우와 적색안료 RZ를 6% 혼입한 경우에 평균 8.0%, 3.7%의 강도증진을 나타내었다.

따라서 적색안료 RA를 혼입하는 경우에는 혼입률이 증가할수록 압축강도가 증가하기는 하나 유동성을 고려하여야 하며, 적색안료 RZ를 혼입한 경우에는 혼입률 6%가 적정한 혼입률인 것으로 판단된다.

한편, 물시멘트비(W/C) 변화에 따른 적색모르타르의 압축강도는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다.

적색안료 RA를 혼입한 경우에 물시멘트비 47.5%에서는 혼입률 3%, 6%, 9%, 12%에서 기준모르타르의 압축강도 472kgf/cm<sup>2</sup>에 비해 각각 39kgf/cm<sup>2</sup>, 48kgf/cm<sup>2</sup>, 28kgf/cm<sup>2</sup>, 21kgf/cm<sup>2</sup>의 강도증가를 나타내어 평균 7.2%의 강도증진율을 보였으며, 물시멘트비 50.0%에서는 기준모르타르의 압축강도 468kgf/cm<sup>2</sup>에 비해 혼입률별로 각각 4kgf/cm<sup>2</sup>, 8kgf/cm<sup>2</sup>, 3kgf/cm<sup>2</sup>, 9kgf/cm<sup>2</sup>의 강도증가를 나타내어 평균 1.3%의 강도증진율을 나타내었으나 물시멘트비 52.5%에서는 단지 0.7%의 강도증진율을 나타내어 안료혼입에 따른 강도변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 적색안료 RZ를 혼입한 경우에는 물시멘트비 47.5%, 50.0%, 52.5%에서 기준모르타르에 비해 -1.3%, -2.5%, 1.2%의 강도변화율을 나타냈다.

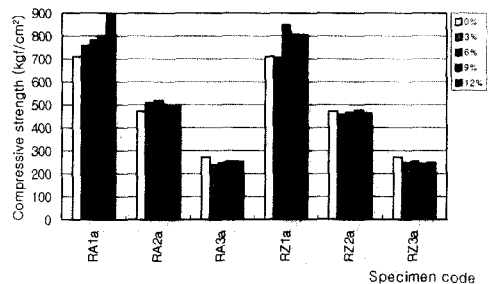


Fig. 1. Compressive strength of red mortars by mixture proportion

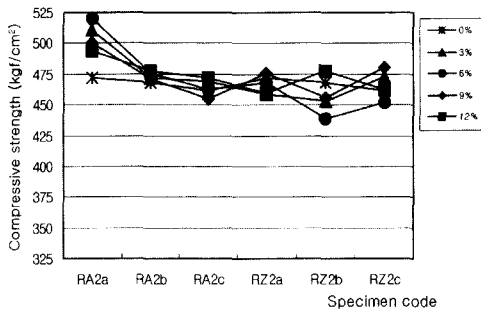


Fig. 2. Compressive strength of red mortars by W/C

따라서 적색모르타르의 경우 물시멘트비의 변화에 대한 강도차이는 적색안료 RA를 혼입한 물시멘트비 47.5%의 혼입률 6%에서 최대강도 520kgf/cm<sup>2</sup>로 기준모르타르의 압축강도 472kgf/cm<sup>2</sup>에 비해 10.2%의 강도증진을 나타내었고, 적색안료 RZ를 혼입한 물시멘트비 50.0%의 혼입률 6%에서 최저강도 453kgf/cm<sup>2</sup>로 -6.3%의 강도감소를 나타내어 배합비 1:2의 경우에는 물시멘트비의 변화에 따른 강도변화 양상은 미미한 것으로 나타나 배합설계시 강도 측면보다 유동성을 우선 고려하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

### 3.2. 황색모르타르의 압축강도

배합비 1:1, 1:2, 1:3에서 기준모르타르의 압축강도에 비해 황색안료 YA를 혼입한 경우에는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 평균 8.6%, 10.6%, 19.1%, 황색안료 YZ를 혼입한 경우에는 평균 9.8%, 4.0%, 12.5%의 강도감소를 나타냈으며 황색안료 YA를 혼입한 배합비 1:1의 경우에만 혼입률이 3%에서 6%로 증가함에 따라 강도가 증가하였을 뿐 대부분의 배합에서 혼입률이 증가할수록 강도가 감소하였다.

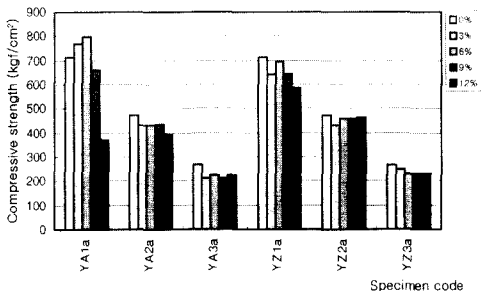


Fig. 3. Compressive strength of yellow mortars by mixture proportion

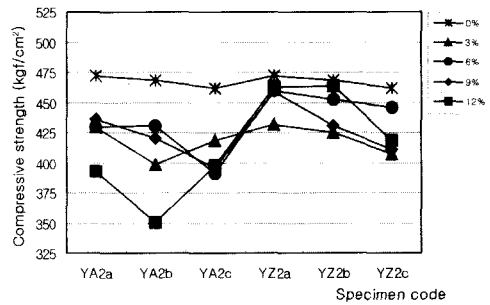


Fig. 4. Compressive strength of red mortars by W/C

이와 같은 현상은 황색안료의 비표면적이 매우 크고 입형이 침상형이어서 배합수를 많이 필요로 하며 워커빌리티를 저하시키는 효과를 가져오기 때문으로 생각된다. 그러므로, 황색안료를 사용한 모르타르의 재령 28일 압축강도는 혼입률 6%, 9%에서 강도감소율이 각각 5.2%, 10.4%로 나타나 황색안료의 적정혼입률은 6% 이하로 사용하는 것이 강도측면에서 유리하다.

한편, 물시멘트비 변화에 따른 황색모르타르의 압축강도는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 황색안료 YA를 혼입한 경우에 물시멘트비 47.5%에서는 혼입률 3%, 6%, 9%, 12%에서 기준모르타르의 압축강도 472kgf/cm<sup>2</sup>에 비해 각각 43kgf/cm<sup>2</sup>, 43kgf/cm<sup>2</sup>, 36kgf/cm<sup>2</sup>, 79kgf/cm<sup>2</sup>의 강도감소를 나타내어 평균 10.6%의 강도감소율을 나타내었다.

물시멘트비 50.0%에서는 혼입률별로 각각 69kgf/cm<sup>2</sup>, 37kgf/cm<sup>2</sup>, 48kgf/cm<sup>2</sup>, 117kgf/cm<sup>2</sup>의 급격한 강도감소가 나타나 평균 14.5%의 강도감소율을 나타내었으며 물시멘트비 52.5%에서는 평균 13.2%의 강도감소율을 나타냈다.

또한 황색안료 YZ를 혼입한 경우에도 물시멘트비 47.5%, 50.0%, 52.5%에서 기준모르타르에 비해 4.0%, 5.3%, 8.9%의 강도감소율을 나타내 황색안료 YA를 혼입한 경우보다 적은 것으로 나타났다.

따라서 황색안료를 혼입하여 사용할 경우에는 황색안료 YA보다 황색안료 YZ가 물시멘트비에 증가에 대한 영향이 작으므로 물시멘트비를 고려할 경우 황색안료 YZ를 사용하는 것이 유리한 것으로 파악되었다.

### 3.3. 녹색모르타르의 압축강도

배합비 1:1, 1:2, 1:3에서 기준모르타르의 압축강도에 비해 녹색안료 GA를 혼입한 녹색모르타

르의 경우에는 평균 12.6%, 11.9%, 26.5%, 녹색 안료 GZ를 혼입한 경우 평균 10.7%, 1.4%, 18.1%의 강도감소를 나타냈으며, 대부분의 배합에서 혼입률이 증가할수록 강도가 감소하는 경향을 나타냈다.

그러나, 녹색안료를 혼입한 모르타르의 압축강도는 혼입률 6%에서 녹색안료 GA와 녹색안료 GZ에서 기준모르타르에 비해 각각 4.2%, 6.2%의 강도감소율로 강도저하가 가장 작아 적정혼입률은 6% 이하인 것으로 판단된다.

한편, 물시멘트비 변화에 따른 녹색모르타르의 압축강도는 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 녹색안료 GA를 혼입한 경우에 물시멘트비 47.5%에서는 혼입률 3%, 6%, 9%, 12%에서 기준모르타르에 비해 각각 13kgf/cm<sup>2</sup>, 64kgf/cm<sup>2</sup>, 85kgf/cm<sup>2</sup>, 63kgf/cm<sup>2</sup>의 강도감소를 나타내어 평균 11.96%의 강도감소율을 보였다. 물시멘트비 50.0%에서는 혼입률별로 각각 56kgf/cm<sup>2</sup>, 71kgf/cm<sup>2</sup>, 92kgf/cm<sup>2</sup>, 99kgf/cm<sup>2</sup>의 급격한 강도감소가 나타나 평균 17.0%의 강도감소율을 나타내었으며 물시멘트비 52.5%에서는 평균 19.2%의 강도감소율을 나타내어 안료혼입에 따라서 급격한 강도감소가 나타났다.

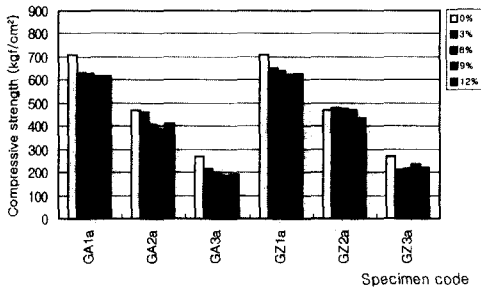


Fig. 5. Compressive strength of green mortars by mixture proportion

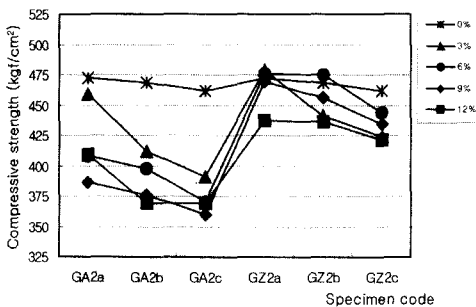


Fig. 6. Compressive strength of green mortars by W/C

그러나 녹색안료 GZ를 혼입한 경우에는 물시멘트비 47.5%, 50.0%, 52.5%에서 기준모르타르에 비해 1.4%, 3.4%, 6.6%의 강도감소율을 나타내어 녹색안료 GA를 혼입한 경우에 비해 강도의 감소가 매우 작게 나타났다.

그러므로 녹색안료를 사용할 경우, 녹색안료 GZ를 혼입한 경우에는 강도저하가 그리 크지 않으나 녹색안료 GA를 사용할 경우에는 주의가 필요한 것으로 판단된다. 또한, 녹색안료는 그 주성분이 산화크롬(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)으로 다른 안료의 주성분인 산화철 계통과 다르게 배합수를 흡수하기보다는 정전기적인 반발력으로 유동성이 감소하지 않으므로 사용할 때 유동성의 측면보다는 혼입률의 증가에 따른 강도저하에 대해 반드시 고려하여야 한다.

### 3.4. 흑색모르타르의 압축강도

흑색안료를 혼입한 모르타르의 압축강도는 Fig. 7과 같이 배합비 1:1, 1:2, 1:3에서 기준모르타르의 압축강도에 비해 흑색안료 BA를 혼입한 경우에는 평균 16.4%, 6.1%, 28.3%의 강도감소를 나타냈다.

흑색안료 BZ를 혼입한 경우에는 배합비 1:1에서 평균 2.8%의 강도증가를 나타냈으며, 배합비 1:2과 1:3에서는 각각 3.2%, 3.0%의 강도감소를 나타냈다. 즉, 흑색안료 BA를 사용한 경우에는 각 배합비별로 혼입률이 증가할수록 강도감소가 크게 나타났으나 흑색안료 BZ의 경우에는 기준모르타르에 비해 압축강도가 -28~72kgf/cm<sup>2</sup>의 변화폭을 나타내어 혼입에 따른 강도변화는 매우 작은 것으로 나타났다.

물시멘트비 변화에 따른 흑색모르타르의 압축강도는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 흑색안료 BA를 혼입한 경우에 물시멘트비 47.5%에서는 혼입률 3%에서 기준모르타르보다 21kgf/cm<sup>2</sup>의 강도증가를 나타냈으나, 혼입률이 6%, 9%, 12%에서는 기준모르타르

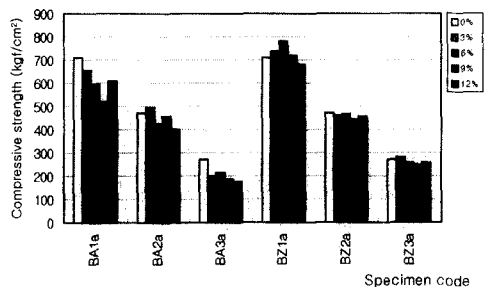


Fig. 7. Compressive strength of black mortars by mixture proportion

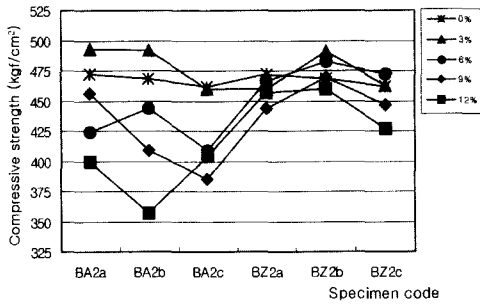


Fig. 8. Compressive strength of black mortars by W/C

에 비해 각각 48kgf/cm<sup>2</sup>, 16kgf/cm<sup>2</sup>, 72kgf/cm<sup>2</sup>의 강도감소로 평균 6.1%의 강도감소율을 보였다.

물시멘트비 50.0%에서도 혼입률 3%에서는 압축강도가 기준모르타르보다 24kgf/cm<sup>2</sup>정도 증가하였으나 혼입률의 증가에 따라 감소하여 평균 9.0%의 강도감소율을 나타내었고 물시멘트비 52.5%에서는 평균 10.1%의 강도감소율을 나타내어 안료 혼입률에 따른 강도변화의 추이는 일정한 양상을 나타내지 않았다. 이는 흑색안료 BA의 경우 흑색의 착색도를 높이기 위해 카본블랙(carbon black)을 일부 혼입하여 사용하였기 때문으로 판단된다. 흑색안료 BZ를 혼입한 흑색모르타르의 경우에는 기준모르타르에 비해 물시멘트비 47.5%, 52.5%에서 각각 3.2%, 2.0%의 미미한 강도감소율을 나타내었고, 물시멘트비 50.0%에서는 1.6%의 강도증진을 나타내어 혼입사용에 따른 강도저하현상은 미미하였다.

그러므로 흑색모르타르의 경우, 흑색안료 BZ를 혼입한 경우에는 강도저하가 그리 크지 않아 별다른 주의가 필요하지 않으나 흑색안료 BA를 혼입한 경우에는 흑색도를 높이기 위해 시멘트복합체에 사용이 부적합한 카본블랙을 혼입하여 강도가 6.1~28.3% 감소되므로 가급적 카본블랙을 흑색안료에 혼입하여 사용하지 않아야 한다.

### 3.5. 착색모르타르의 흡수율

안료를 혼입한 모르타르의 재령 28일의 흡수율 실험 결과는 Fig. 9~Fig. 12에 나타난 바와 같다.

적색모르타르의 경우에는 Fig. 9에 나타난 바와 같이 적색안료 RA를 혼입한 경우 혼입률이 증가할수록 약간 흡수율이 증가하였으나 입자가 미세한 적색안료 RZ의 경우에는 배합비 1:1과 1:2에서 혼입률이 증가할수록 흡수율은 감소하였다.

즉, 적색안료 RA를 혼입한 경우 배합비 1:1에서

는 혼입률이 3%에서 9%로 증가함에 따라 기준모르타르에 비해 흡수율이 0.4%, 0.2%, 0.1%정도 감소하였으며, 배합비 1:2와 1:3에서 각각 0.0~0.3%, 0.2~0.4% 정도 기준모르타르에 비해 흡수율이 감소하는 것으로 나타났다.

Fig. 10의 황색모르타르의 경우, 배합비 1:1의 안료 혼입률 6%에서 황색안료 YA를 혼입한 경우에 2.2%, 황색안료 YZ는 2.1%정도 기준모르타르에 비해 흡수율이 감소하는 것으로 나타났으며 황색안료 YA를 혼입한 배합비 1:2와 1:3의 모르타르에서는 안료 혼입률이 증가할수록 흡수율은 증가하였다.

그러나 녹색모르타르의 경우에는 Fig. 11에 나타난 바와 같이 안료 혼입률이 증가할수록 흡수율이 큰 폭으로 감소하였으며, 흑색모르타르의 경우에도 배합비 1:1과 1:2에서는 이와 같은 추이를 나타냈다.

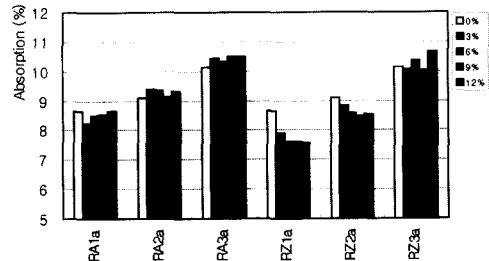


Fig. 9. Absorption of red mortars

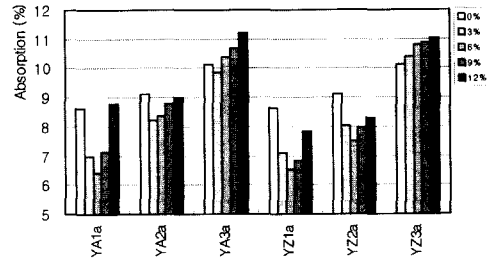


Fig. 10. Absorption of yellow mortars

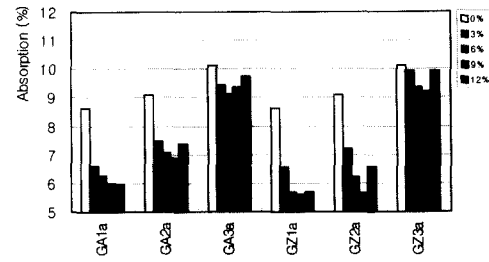


Fig. 11. Absorption of green mortars

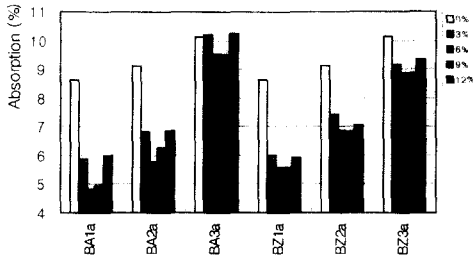


Fig. 12. Absorption of black mortars

이상과 같이 착색모르타르의 흡수율을 고찰한 결과, 적색모르타르의 안료혼입에 따른 흡수율 측면은 고려할 필요가 없는 것으로 판단되나 황색모르타르의 경우에는 안료혼입률이 9%를 초과할 경우에 급격히 흡수율이 증가하므로 안료혼입률을 6%이하로 하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 또한 녹색모르타르와 흑색모르타르의 경우에는 안료를 혼입한 경우에 기준모르타르에 비해 흡수율이 급격히 감소하므로 안료의 혼입에 따른 흡수율 영향은 고려할 필요가 없는 것으로 판단된다.

3.6. 착색모르타르의 압축강도와 흡수율

적색모르타르와 황색모르타르의 압축강도와 흡수율의 관계는 Fig. 13과 Fig. 14와 같다.

적색모르타르의 경우 Fig. 13에서와 같이 압축강도와 흡수율과의 관련성을 나타내는 상관계수는 적색모르타르의 경우 적색안료 RA와 적색안료 RZ를 혼입한 모르타르에서 각각 0.76, 0.78을 나타내었다.

황색모르타르의 경우는 상관계수가 각각 0.89, 0.90으로 상당히 높게 나타났으며, 녹색모르타르는 각각 0.81, 0.79로 나타났고 흑색모르타르에서는 0.83, 0.90으로 나타났다.

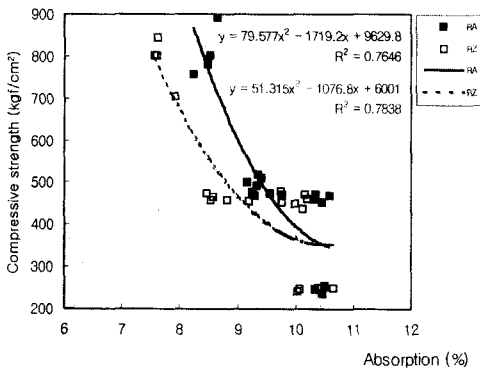


Fig. 13. Correlation between absorption and compressive strength of red mortars

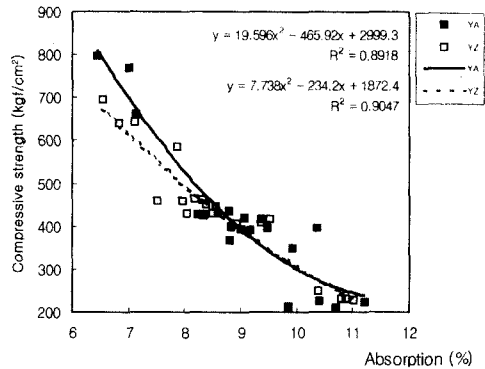


Fig. 14. Correlation between absorption and compressive strength of yellow mortars

이와 같이 착색시멘트모르타르의 흡수율과 압축강도가 매우 높은 관련성을 나타내어 시멘트복합체의 내부조직측면에서 압축강도가 높으면 흡수율이 작게 된다는 Ghafouri의 연구<sup>8,9)</sup>와 일치하였다.

4. 결론

본 연구에서는 무기안료가 시멘트모르타르의 물리적 특성에 미치는 영향을 파악하여 착색시멘트복합체의 품질확보를 위한 무기안료의 적정사용기준을 제시하고자 무기안료를 혼입한 착색시멘트모르타르의 배합비, 물시멘트비, 안료혼입률을 변화시켜 압축강도, 흡수율 실험을 진행하여 그 결과를 고찰하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 적색안료 RA를 혼입한 경우 배합비 1:1 모르타르에서는 혼입률이 증가할수록 압축강도가 증가하였고 배합비 1:3 모르타르에서는 혼입률 6%이상에서는 유사한 압축강도를 나타내었다. 적색안료 RZ를 혼입한 경우에는 배합비 1:1의 혼입률 6% 모르타르에서 최대압축강도 845kgf/cm<sup>2</sup>를 나타내었으나 배합비 1:2와 1:3의 모르타르에서는 안료혼입률에 관계없이 유사한 강도발현을 나타내었다.

2) 황색모르타르의 압축강도는 대부분의 배합에서 혼입률이 증가할수록 강도가 감소하는 경향을 나타내었으며, 안료혼입률 6%, 9%에서 강도감소율이 각각 5.2%, 10.4%로 나타나 황색안료를 6%이하로 혼입하여 사용하는 것이 강도측면에서 유리한 것으로 판단된다.

3) 녹색모르타르의 압축강도는 배합비 1:1, 1:2, 1:3에서 기준모르타르에 비해 녹색안료 GA를 혼입

한 경우에는 평균 12.6%, 11.9%, 26.5%, 녹색안료 GZ의 경우 평균 10.7%, 1.4%, 18.1%의 강도감소를 나타냈으며, 대부분의 배합에서 혼입률이 증가할수록 강도가 감소하는 경향을 나타냈다.

4) 흑색모르타르의 압축강도는 흑색안료 BA를 혼입한 경우 기준모르타르에 비해 압축강도가 6.1~28.3% 감소하는 것으로 나타났으며, 혼입률 9% 이상에서 강도가 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 흑색안료 BZ를 혼입한 경우에도 혼입률이 6%를 초과할 경우에 강도감소가 컸으므로 압축강도를 고려한 흑색안료의 적정혼입률은 6%이하가 적정하다.

5) 적색안료의 안료혼입에 따른 흡수율 변화는 고려할 필요가 없으며, 황색모르타르의 경우에는 안료혼입률이 9%를 초과할 경우에 급격히 흡수율이 증가하므로 안료혼입률을 6%이하로 하여야 한다. 또한 녹색모르타르와 흑색모르타르는 안료를 혼입하면 흡수율이 급격히 감소하므로 안료의 혼입에 따른 흡수율 영향은 고려할 필요가 없다.

6) 착색모르타르의 압축강도와 흡수율과의 상관 계수를 분석한 결과, 적색모르타르에서는 국산안료와 외산안료를 혼입한 경우에 각각 0.76, 0.78로 나타났으며, 황색모르타르의 경우는 각각 0.89, 0.90으로 상당히 높게 나타났다. 또한 녹색모르타르는 각각 0.81, 0.79, 흑색모르타르에서는 0.83, 0.90으로 나타나 착색모르타르의 흡수율과 압축강도는 높은 관련성이 있는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과로 볼 때 착색시멘트모르타르의

물성을 확보하기 위한 무기안료의 적정한 사용량은 사용시멘트량의 6% 이하가 적절한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 1) ACI Committee 212, "Chemical Admixtures for Concrete", ACI Materials Journal, pp. 297~327, 1989.
- 2) ASTM Committee, "Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete", ASTM C 979, ASTM, 1999.
- 3) Kurz E. Gabriele and Jungk E. Axel, "The use of coloured concrete in creative design", 3rd Int. Conf. on the Concrete Block Paving, pp. 37~40, 1988.
- 4) Bartos Peter, "Fresh Concrete Properties and Test", Elsevier, pp. 187~218, 1992.
- 5) 김영근 외 2인, "산화철을 이용한 칼라콘크리트의 성능 평가", 한국건자재시험연구원, 1998.
- 6) Baxbaum Gunter, "Industrial Inorganic Pigment", VCH Publishers, Inc., 1993.
- 7) Lewis A. Peter, "Pigments Handbook", John Wiley & Son, 1988.
- 8) Ghafoori N. and Mathis R., "Prediction of freezing and thawing durability of concrete paving blocks", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 10, No. 1, pp. 45~51, 1998.
- 9) Ghafoori N. and Smith R. David, "Splitting tensile and compressive strength relationship of concrete paving blocks", The Masonry Society Journal, Vol. 11, No. 1, pp. 37~46, 1992.