無機顔料가 시멘트모르터의 流動性에 미치는 影響

Effect of Inorganic Pigments on the Workability of Cement Mortars

이 재 용* · 고 성 석** · 이 현 수***
Lee, Jae-Yong · Go, Seong-Seok · Lee, Hyun-Soo

요 약

시멘트복합체에 사용되는 혼화재료중 무기안료는 그 착색효과로 인해 건축구조물의 미적 가치를 한층 높일 수 있는 효과가 있으므로 최근들어 도시미관을 중요시하는 추세와 더불어 그 사용량이 더욱 늘어날 것으로 전망된다. 본 연구는 무기안료가 시멘트모르터의 유동성에 미치는 영향을 파악하여 착색시멘트모르터의 건축적인 활용을 위한 기초적 자료로 활용하고자 무기안료를 혼입한 시멘트모르터의 배합비, 물시멘트비, 안료혼입률 등을 변화시켜 유동성 실험을 진행하여 다음과 같은 결과를 도출하였다. 적색모르터와 황색모르터의 경우 안료혼입률이 증가할수록 유동성이 급격히 감소하므로 적절한 유동성을 확보하기 위해서는 혼합수의 증가 또는 유동화제의 사용이 필요하다. 그러나 녹색모르터의 경우에는 -2.4~6.9%의 플로변화율로 유동성의 변화가 거의 없었으며, 흑색모르터의 경우에도 유동성을 고려할 필요가 없는 것으로 판단되었다.

키워드 : 무기안료, 모르터, 유동성, 플로

1. 서 론

최근, 시멘트복합체의 사용이 다양화됨에 따라 시멘트복합체의 착색화에 대한 연구의 필요성이 크게 대두되고 있다. 시멘트복합체의 착색화를 위해서는 기본적으로 사용재료, 배합, 시공성 등의 측면에서 여러 가지 방안이 검토될 수 있으며, 사용재료 중 안료에 대한 물성검토가 필수적이다.

시멘트복합체에 사용되는 무기안료는 입자가 매우 작고 물에 녹지 않아 시멘트복합체내부에서 균질하게 분포하여 착색효과를 나타내며[1),2)], 색상에 따라 성분 및 입형이 다르며, No. 200체를 통과한 미분말을 다량 포함하고 있어, 시멘트복합체의 강도, 건조수축 및 내구성 등에 많은 영향을 미치는 것[3)]으로 알려져 있다.

한편, 시멘트모르터는 작업성을 위해 적정한 유동성의 확보가 중요하다. 기존 연구[4)]에 의하면 착색재 즉, 무기안료를 혼입하면 이의 비표면적이 시멘트의 10배정도 되어 시멘트모르터의 유동성이 감소하는 것으로 알려졌다. 즉 무기안료의 입형과 잔입자는 시멘트복합체의 유동성을 저하시키는 원인이 되는 것으로 보고되고 있으나, 국내의 경우 이에 대한 검토가 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 사용되는 무기안료를 대상으로, 이들 무기안료의 성분 및 입형이 시멘트모르터의 유동성에 미치는 영향을 파악하여 착색시멘트복합체를 효과적으로 사용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

* 일반회원, 서울대 공학연구소 특별연구원, 공학박사
** 일반회원, 부경대 산업안전시스템공학부 교수, 공학박사
*** 일반회원, 서울대 건축학과 교수, 공학박사
본 연구는 두뇌한국 21 사업의 연구비 지원으로 이루어짐

2. 착색모르터의 유동성 실험

2.1 실험계획

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

표 1. 실험인자 및 수준

인 자	수 준	
배합비	1:1, 1:2, 1:3	
목표플로	210, 230, 240mm	
물시멘트비	35, 47.5, 50, 52.5, 67.5%	
안료종류	국산	적색(RA), 황색(YA), 녹색(GA), 흑색(BA)
	외산	적색(RZ), 황색(YZ), 녹색(GZ), 흑색(BZ)
안료 혼입률	0, 3, 6, 9, 12%	

즉, 시멘트:잔골재의 중량배합비는 KS L 5105 (수경성 시멘트 모르터의 압축강도 시험방법)에서 1:2.45로 시멘트의 압축강도를 측정하기 위한 모르터의 배합을 규정하고 있으나 일본, 미국, 독일에서는 각각 1:2, 1:2.75, 1:3으로 규정하고 있다. 본 실험의 배합비는 시멘트의 압축강도를 분석하기 위한 KS의 배합비 규정보다는 실제 현장에서 주로 사용되는 배합비인 1:2와 1:3으로 설정하였으며, 배합비 1:1은 고강도 모르터의 제조가능성을 검토하기 위해 추가로 설정하였다. 또한 목표플로(flow)는 현장 작업성을 고려하여 가장 적합한 유동성이라 생각되는 210mm를 각 배합비별로 설정하였으며, 배합비 1:2에 대해서는 플로와 물시멘트비에 따른 착색시멘트복합체의 물성파악을 위해 230mm(W/C=50.0%)와 240mm(W/C=52.5%)를 목표플로값에 추가하여 설정하였다.

사용안료는 적색, 황색, 녹색, 흑색 등 4가지 종류에 대해 국내 관련업계에서 사용중인 안료를 조사한 후에 가장 많이 사용되는 제품을 선정하여 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 국내업계에서 일반적으로 사용하는 3~6%와 ACI에서 규정하고 있는 10%이하와의 적합성을 검토하기 위해 9%와 12%를 추가해 0, 3, 6, 9, 12%로 설정하였다.

2.2 사용 재료

본 실험에 사용된 재료는 각 재료의 표준 규격에 적합한 재료를 사용하였으며, 그 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내에서 제조된 U사의 KS L 5204에 합격한 백색 포틀랜드 시멘트(white portland cement)를 사용하였으며 그 물리적 성질과 화학조성은 표 2, 표 3과 같다.

표 2. 백색시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (㎠/g)	안정동 (%)	응결시간		압축강동(kg/㎠)			백색도 (Hunter식)
			초결 (분)	종결 (시간)	3일	7일	28일	
3.15	3,168	0.04	260	8:30	243	332	421	89.6

표 3. 백색시멘트의 화학 조성

성분	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Ig.Loss	불용해잔분
함량(%)	0.27	1.16	2.90	2.87	0.42

(2) 골재

잔골재는 국내에서 착색시멘트모르터의 물성에 대한 연구가 전무하여, 이의 기준을 설정하기 위해 KS L 5100(시멘트 강도시험용 표준사)에 규정된 비중 2.68, 조립률 1.99, 단위용적 중량 1,537kg/m³의 그림 1과 같은 주문진산 표준사를 사용하였다.

(3) 무기안료

본 실험에 사용된 무기안료는 콘크리트제품에 가장 많이 사용되는 적색, 황색, 녹색, 흑색 등의 착색에 쓰이는 안료에 대해 국내 A사에서 제조한 국산안료(A)와 독일 Z사에서 제조 · 수입한 외산안료(Z)를 각각 사용하였다. 단, 본 연구에서는 사용안료를 각각 국산안료와 외산안료로 명명하였으나 이는 실험의 진행과 분석 및 고찰의 편의를 위해 표 4에 나타난 안료에한해 대별하여 구분한 것이므로 현재 국내외에서 사용중인 무기안료 전체를 지

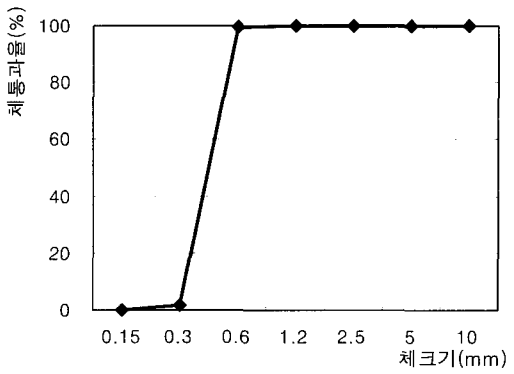

그림 1. 표준사의 입도곡선

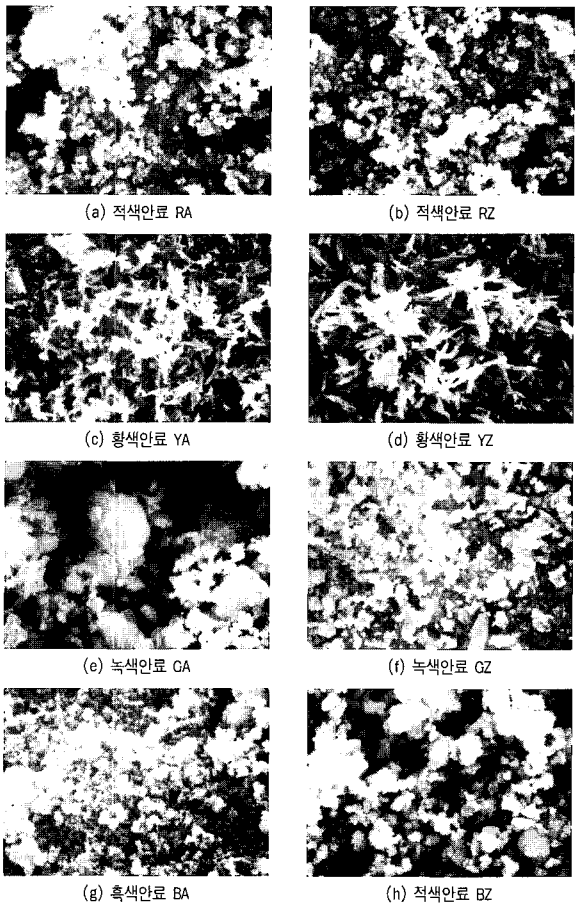

그림 2. 안료의 종류별 형상(X7500)

칭하지는 않는다.

적색, 황색, 흑색 안료의 주성분은 산화철(Fe_2O_3)이고 녹색 안료는 산화크롬(Cr_2O_3)이다. 그림 2는 주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 안료의 입자형상을 나타낸 것이다. 적색, 녹색, 흑색안료의 입자형상은 구형(spheroidal particle)이며, 적색안료 RZ가 적색안료 RA에 비해 미세한 분말도를 지니는 것으로 나타났으며, 녹색안료 GA의 경우에는 조사된 바와 같이 미세한 석분에 녹색안료를 도포한 것으로 판단된다. 또한 흑색안료 BA의 경우에는 흑색도를 높이기 위해 그림 2의 (g)에 나타난 바와 같이 미세한 분말의 카본 블랙(carbon black)을 혼입한 것으로 나타났다. 한편, 황색안료의 입자형상은 그림 2의 (c), (d)에 나타난 바와 같이 구형인 적색, 녹색, 흑색안료와 다르게 세장형(elongated particle)으로 나타나 이로 인해 유동성 저하에 큰 영향을 주는 것[5),6)]으로 판단된다.

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 표 4에 나타난 바와 같다.

흑색안료 BA의 경우에는 그림 2 (g)에 나타난 바와 같이 카본 블랙을 혼입하여 주성분인 산화철의 양이 흑색안료 BZ에 비해 17%정도 낮은 것으로 나타났다.

한편, 녹색안료 GA의 산화크롬(Cr_2O_3)을 분석한 결과 산화크롬량이 매우 낮게 나타났다. 산화철 계통의 안료성분을 분석할 때에는 일반적으로 염산, 황산, 질산용액 등을 사용하게 되는데, 이러한 용액에 용해되지 않는 것으로 보아 녹색안료 GA는 산화철 계통이 아닌 석분과 같은 무기질 물질에 산화크롬을 미량 혼입하여 제조한 것으로 생각된다.

표 4. 안료의 물리 · 화학적 성질

종 류		비중	평균입경 (μ)	물용해분 (%)	제(No.325) 불통과분(%)	Fe_2O_3 (%)
국산(A)	적색	4.53	1.76	0.01	7.6	99.8
	황색	3.52	0.1×0.74*	0.02	1.7	88.6
	녹색	2.77	7.94	0.02	13.2	0.003*
	흑색	3.51	4.49	0.06	88.3	82.3
외산(Z)	적색	4.99	0.17	0.40	0.06	96.0
	황색	3.93	0.1×0.7*	0.50	0.05	86.5
	녹색	4.28	0.2	1.00	0.1	93.5*
	흑색	4.80	0.3	0.30	0.02	99.3

(주) 황색 안료의 입자직경은 입자형상이 세장형이므로 가로×세로 값으로 나타내었다. 또한, 녹색 안료는 Cr2O3이 주성분이다.

또한, 입도(粒度)분석기로 측정된 안료의 평균입자직경은 국산안료(A)에 비해 외산안료(Z)가 미세한 것으로 나타나 국내의 안료의 생산 및 가공기술이 외국에 비해 부족한 것으로 생각된다. 또한, 물용해분과 주성분을 고찰하였을 때 국산안료(A)의 순도가 외산안료(Z)에 비해 떨어지는 것으로 판단된다. 따라서 고품질 안료의 생산 및 가공기술분야에 대한 연구가 절실한 것으로 생각되며, 사용안료에 대한 품질기준의 정비가 필요하다.

2.3 배합 및 공시체 제작

본 실험의 배합은 무기안료를 착색재로 사용한 착색시멘트복합체의 물성을 규명하기 위해 표 1에서 설정된 실험인자 및 수준으로 표 5와 같이 배합표를 작성하여 각 배합별로 5×5×5cm의 모르터 공시체를 각각 18개씩 성형 · 제조하여 실험을 진행하였다.

표 5. 모르터 배합표

(단위 : kg/㎥)

실험기호	배합비	W/C (%)	P/C (%)	시멘트	모래	안료	물
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		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		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

(주) 실험기호는 안료를 혼입하지 않은 경우를 N으로 하였으며, 국산안료를 사용한 것을 A, 외산안료를 사용한 것은 Z로 표기하였다. 또한, 적색, 황색, 녹색, 흑색의 경우를 각각 R, Y, G, B로 표기하였다.
(예시 : RA1a03은 적색안료 RA를 혼입한 배합비 1:1의 플로 210mm인 경우를 나타내며, 플로 230, 240mm는 각각 b, c로 표기하였다.)

착색모르터의 혼합반죽은 KS L 5109 (수경성 시멘트 페이스트 및 모르타르의 기계적 혼합 방법)에 규정한 방법에 따라 배합 · 제조하였으며, KS L 5105에 따라 5×5×5cm의 9연형 몰드에서 성형한 후 24시간 습윤양생하고, 재령 1일에 탈형하여 7일간 수중양생한 후에 대기중에서 양생하였다.

2.4 실험 방법

착색모르터의 유동성 시험은 KS L 5111 (시멘트 시험용 플로 테이블)에 규정된 플로 테이블을 사용하여 KS L 5105에 규정된 바에 따라 다음과 같이 플로값을 측정하였다. 먼저 플로 테이블의 윗면을 깨끗이 마르게 주의해서 닦고, 플로 틀을 중앙에 놓았다. 이후 착색모르터를 약 2.5cm 두께의 층으로 하여, 틀 안에 넣고 탬퍼로 20번 찧었다. 다음에 모르터로 틀을 채우고, 처음 층에서와 같이 찧은 후에 틀을 들어 올렸다. 이후 즉시 테이블을 15초 동안에 25회, 1.27cm의 높이로 낙하시켰다. 플로값은 모르터 평균 밑지름 증가를 같은 간격으로 4개의 지름을 측정하여 평균값으로 표시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 안료종류와 유동성

착색시멘트모르터의 안료종류와 혼입률에 따른 유동성 변화는 다음과 같다.

(1) 적색모르터

적색모르터의 경우 적색안료 RA와 적색안료 RZ의 혼입률에 따른 플로변화는 그림 3에 나타낸 바와 같다.

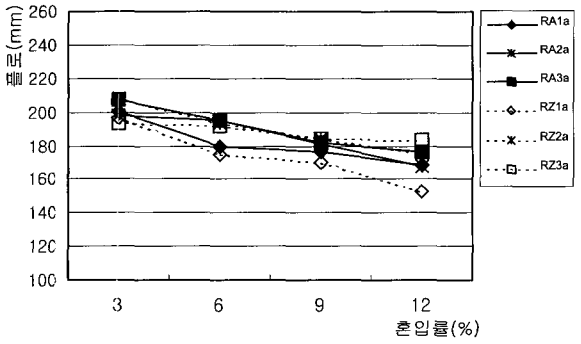

그림 3. 적색모르터의 플로변화

안료를 혼입하지 않은 무혼입 모르터(이하, 기준모르터)의 플로를 210mm로 설정하여 실험을 진행한 결과, 안료의 혼입률이 증가할수록 플로값은 감소하였다. 전체적으로 혼입률이 3, 6, 9, 12%로 변화하였을 때, 기준플로인 210mm에 대해 9, 22, 30, 39mm정도 플로값이 감소하였으며, 적색안료 RA의 경우에는 각각 8, 20, 30, 39mm, 적색안료 RZ의 경우에는 각각 11, 23, 30, 40mm 감소하였다. 또한 적색안료 RA를 혼입한 경우에 배합비 1:1에서는 플로가 168~201mm로 나타났으며 적색안료 RZ의 경우에는 153~196mm로 적색안료 RZ를 혼입한 경우에 플로값이 5~17mm정도 감소하는 것으로 나타났다. 이는 적색안료의 경우 기존 연구[7]에서 고찰한 바와 같이 적색안료 RZ가 제철 부산물을 재활용한 산화철분인 적색안료 RA에 비해 입자크기 및 형상이 미세하여 미분말체의 비표면적의 증가로 인하여 단위수량을 흡수하여 유동성을 저하시킨 것으로 판단된다.

한편, 안료혼입률이 9%이상일 경우, 기준플로에 대하여 플로값이 26~58mm 감소하는 것으로 나타나 적절한 작업성을 확보하기에 어려움이 있다. 그러므로 적색안료의 적정혼입률을 9%이하로 하는 것이 적합한 유동성을 확보하기 위해서 필요하리라 생각된다.

(2) 황색모르터

황색안료의 혼입률 변화에 따른 플로변화는 그림 4에 나타낸 바와 같이, 혼입률이 증가할수록 다른 색상의 안료에 비해 급격히 유동성이 감소하는 것으로 나타났다. 전체적으로 황색안료의 혼입률이 3, 6, 9, 12%로 변화하였을 때 기준모르터의 플로값 210mm에 비해 플로가 각각 28, 49, 69, 81mm 감소하였으며 황색안료 YA의 경우에는 각각 32, 59, 79, 94mm 황색안료 YZ의 경우에는 각각 24, 40, 58, 68mm 감소하였다.

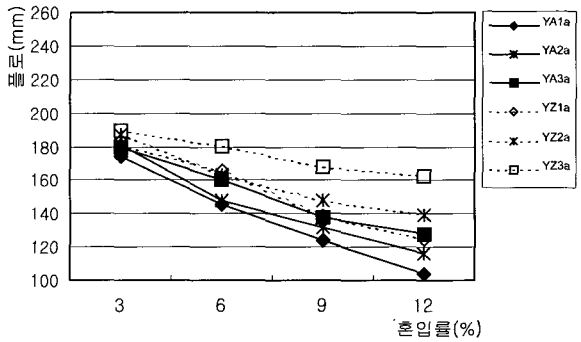

그림 4. 황색모르터의 플로변화

이는 황색안료의 경우 그 입자형상이 침상형(needle shape)으로 다른 색상의 안료가 구형(球形)의 입형을 갖는 것에 비해 혼입하였을 경우, 침상형으로 인하여 유동성의 저하를 초래하는 것으로 판단된다. 따라서 황색안료를 6%이상 혼입하여 사용할 경우에는 플로(flow)가 작업성에 필요한 180mm이하로 급격한 유동성 저하가 일어나 작업에 악영향을 끼칠 수 있으므로 적정 작업성을 확보하기 위해서는 혼합수량을 증가시키거나 유동화제를 사용하는 등의 유동성 증가를 위한 부가적인 조치가 필요할 것으로 판단된다.

(3) 녹색모르터

녹색안료의 혼입률 변화에 따른 플로변화는 그림 5에 나타낸 바와 같이, 혼입률에 따른 유동성의 변화는 다른 착색모르터에 비해 적게 나타났다.

전체적으로 녹색안료의 혼입률이 3, 6, 9, 12%로 변화하였을 때 기준플로인 210mm에 대해 -5, -1, 5, 14mm의 플로변화를 나타냈으며, 녹색안료 GA를 혼입한 경우에는 각각 -7, -4, 1, 10mm 녹색안료 GZ의 경우에는 각각 -4, 2, 9, 19mm 증가하거

나 감소하였다. 일반적으로 유동성을 측정할 때 목표플로의 범위를 ±5mm로 설정하므로 녹색모르터의 경우 안료의 혼입에 따른 유동성의 변화는 거의 없는 것으로 판단된다.

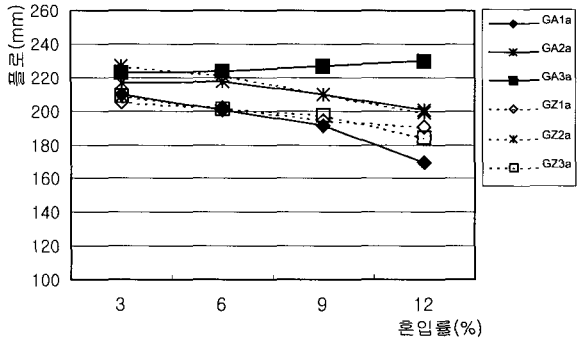

그림 5. 녹색모르터의 플로변화

이는 녹색안료가 다른 안료에 비해 유동성이 일정 혼입률에 대해 증가하는 것은 주성분이 산화크롬으로 입자간의 반발력을 생성하는 것과 다른 안료에 비해 입자직경이 커서 볼베어링 작용이 많이 나타나기 때문으로 판단된다. 따라서 녹색안료를 혼입하여 사용할 경우에는 혼입에 따른 유동성의 저하에 대한 문제를 고려치 않아도 될 것으로 사료된다.

(4) 흑색모르터

흑색안료의 혼입률 변화에 따른 플로변화는 그림 6에 나타낸 바와 같이, 혼입률에 따른 유동성의 변화는 흑색안료 BA를 혼입한 경우에 급격한 감소를 나타냈으나, 흑색안료 BZ의 경우는 별다른 변화를 나타내지 않았다.

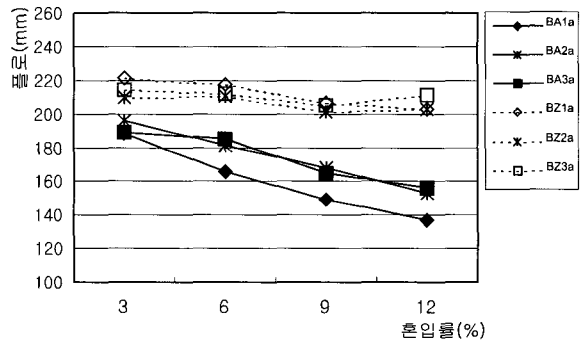

그림 6. 흑색모르터의 플로변화

즉, 전체적으로 흑색안료의 혼입률이 3, 6, 9, 12%로 변화하였을 때 기준플로인 210mm에 대해 7, 15, 27, 33mm의 플로감소를 나타냈다. 흑색안료 BA를 혼입한 경우에는 각각 19, 33, 49, 61mm로 급격한 유동성의 저하를 나타냈으나, 흑색안료 BZ의 경우에는 각각 -5, -4, 6, 4mm의 유동성변화를 나타내 별다른 유동성의 영향이 없는 것으로 나타났다. 따라서 흑색안료 BZ를 혼입한 경우에는 혼입에 따른 유동성 저하를 고려할 필요가 없으나 흑색안료 BA를 9%이상 혼입하여 사용할 경우에는 적절한 작업성 확보를 위해 혼합수량의 증가 또는 유동화제의 사용이 필요할 것으로 판단된다.

3.2 안료혼입률과 플로변화율

기준모르터의 플로값에 대해 무기안료를 혼입한 각 색상별 착색모르터의 플로감소값을 비교한 플로변화율은 그림 7~그림 10에 나타낸 바와 같이 각각 사용안료마다 다른 변화양상을 나타내었다.

적색과 황색모르터의 경우에는 안료의 혼입률의 증가에 따라 급격한 유동성의 저하를 초래하며, 녹색의 경우에는 혼입에 따른 유동성의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 흑색의 경우, 흑색안료 BA를 혼입한 경우에 급격한 유동성의 감소를 나타냈으나 흑색안료 BZ의 경우에는 큰 변화를 나타내지 않았다.

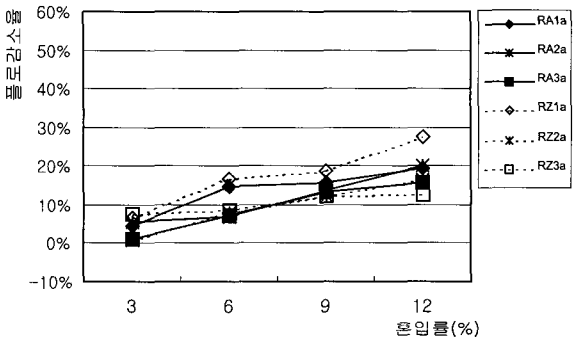

그림 7. 적색모르터의 플로감소율

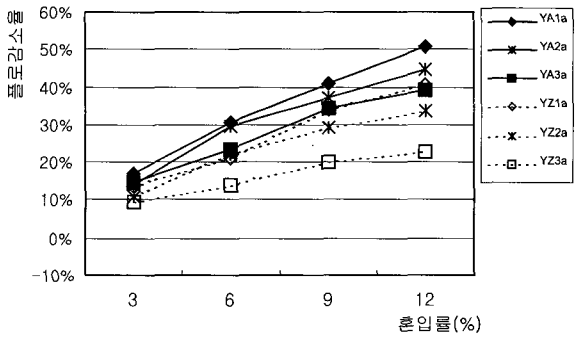

그림 8. 황색모르터의 플로감소율

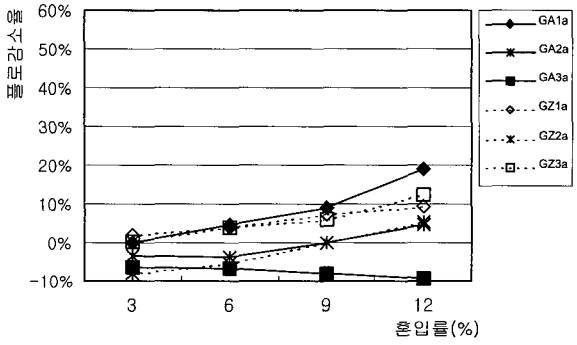

그림 9. 녹색모르터의 플로감소율

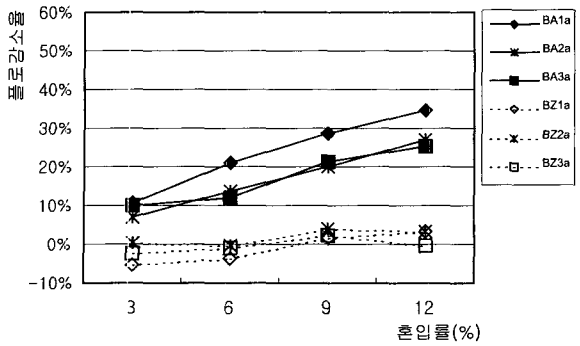

그림 10. 흑색모르터의 플로감소율

즉, 적색모르터의 경우 안료혼입률이 3, 6, 9, 12%로 증가할수록 플로값이 기준플로값인 210mm에 대하여 4.4~18.7%의 감소율을 나타냈으며, 황색모르터의 경우에는 13.3~38.6%의 급격한 감소율을 나타냈다.

그러나 녹색모르터의 경우에는 그림 9에 나타난 바와 같이 -2.4~6.9%로 별다른 플로변화가 없었으며, 그림 10에 나타난 흑색모르터의 경우에도 흑색안료 BZ를 혼입한 경우에 -2.5~2.1%의 변화를 나타내 안료가 매트릭스내에서의 충전재 역할에 따른 볼베어링작용을 일으켜 유동성을 증진시키는 요인으로 작용한 것 8)으로 사료된다.

3.3 배합비와 유동성

배합비 1:1, 1:2, 1:3에 대한 각 안료별 혼입에 따른 플로변화는 그림 11~그림 13에 나타낸 바와 같다. 배합비 1:1 모르터의 경우 그림 11에 나타난 바와 같이 흑색모르터(BZ)를 제외한 모든 모르터에서 플로값이 감소하였다.

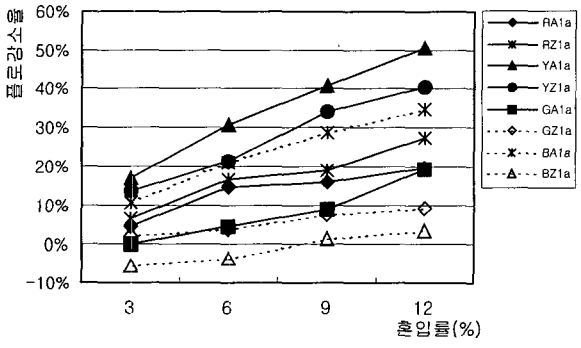

그림 11. 배합비 1:1 모르터의 플로변화

즉, 적색모르터의 경우 혼입률이 3, 6, 9, 12%로 증가함에 따라 적색안료 RA를 혼입한 경우에는 4, 15, 16, 20%, 적색안료 RZ의 경우에는 7, 17, 19, 27% 플로가 감소하였으며 혼입률 6%와 9%의 경우 비슷한 감소율을 나타내 혼입률 6%이상일 경우 플로의 감소가 별로 없는 양상을 나타내었다. 반면에 황색모르터의 경우에는 혼입률이 3, 6, 9, 12%로 증가함에 따라 황색안료 YA는 17, 31, 41, 51%, 황색안료 YZ는 14, 21, 34, 40% 플로가 감소하여 혼입률에 따른 유동성의 감소가 급격한 것으로 나타났다.

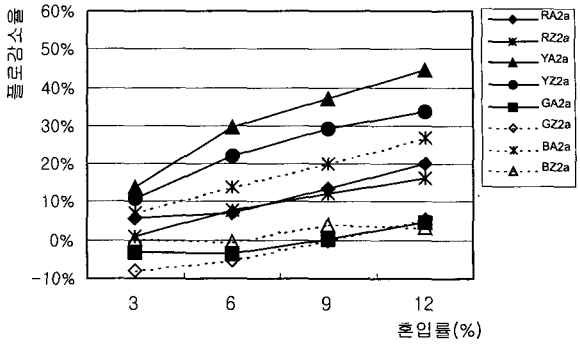

그림 12. 배합비 1:2 모르터의 플로변화

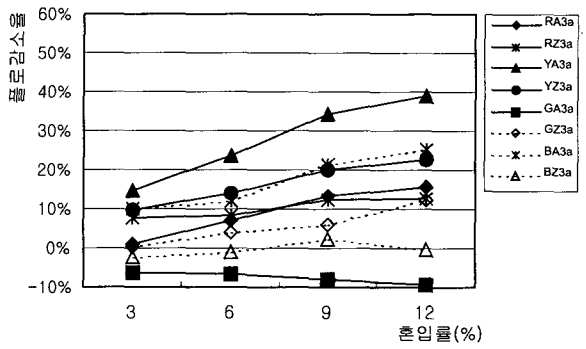

그림 13. 배합비 1:3 모르터의 플로변화

배합비 1:2 모르터의 경우에는 그림 12와 같이 황색안료를 혼입한 경우에 급격한 유동성 저하를 나타냈으며 녹색모르터는 혼입률 3%와 6%에서는 유동성이 약간 증가하는 양상을 나타냈다. 또한 흑색안료 BZ의 경우에도 혼입률 3%와 6%에서 유동성의 변화가 없는 것으로 나타났다.

그림 13의 빈배합인 배합비 1:3 모르터의 경우에는 부배합인 1:1에서의 플로변화율 -5~51%보다 작은 -9~39%의 플로변화를 나타내어 급격한 유동성의 변화를 나타내지는 않았으나 혼입률이 증가할수록 기준플로에 비해 완만한 유동성의 감소를 나타냈다. 즉, 부배합에서 빈배합이 될수록 플로감소율을 작게 나타나는 것은 절대안료혼입량이 부배합이 빈배합보다 커서 배합수량을 다량 흡수한 것에 기인한 것으로 판단된다.

3.4 물시멘트비와 유동성

물시멘트비에 대한 플로변화를 고찰하기 위해 배합비 1:2의 경우에 한해 물시멘트비를 47.5%, 50.0%, 52.5%로 변화시켜 기준플로값을 각각 210mm, 230mm, 240mm로 조정한 후 안료를 혼입한 착색모르터의 플로변화값과 비교하여 그림 14~그림 17과 같이 플로변화율을 나타내었다.

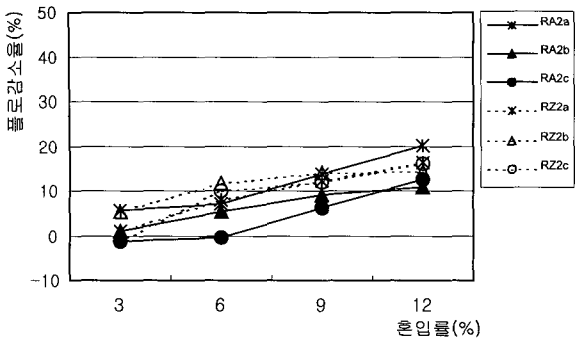

그림 14. 적색모르터의 물시멘트비별 플로변화

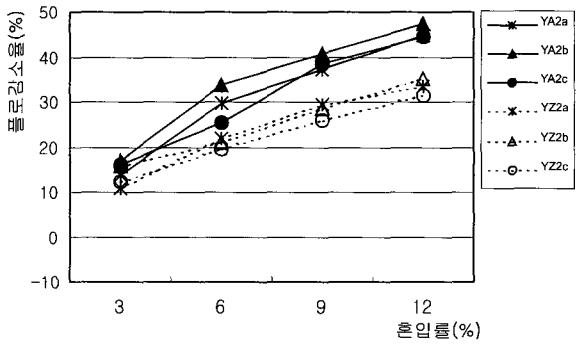

그림 15. 황색모르터의 물시멘트비별 플로변화

적색안료 RA를 혼입한 경우는 그림 14에 나타난 바와 같이 물시멘트비 47.5%, 50.0%, 52.5%에서 각각 플로감소율이 11.6%, 6.6%, 4.2%로 물시멘트비가 증가할수록 감소율이 적게 나타났으나, 적색안료 RZ에서는 물시멘트비에 따른 플로감소율이 각각 9.3%, 11.4%, 9.2%로 별다른 변화를 나타내지 않았다.

한편 황색모르터의 경우에는 그림 15에 나타난 바와 같이 각각의 물시멘트비에 대하여 황색안료 YA를 혼입한 경우 31.4~34.7%, 황색안료 YZ의 경우 22.3~25.2%의 감소율을 나타내 물시멘트비의 변화에 대한 각각의 플로감소율은 미미한 것으로 나타났다.

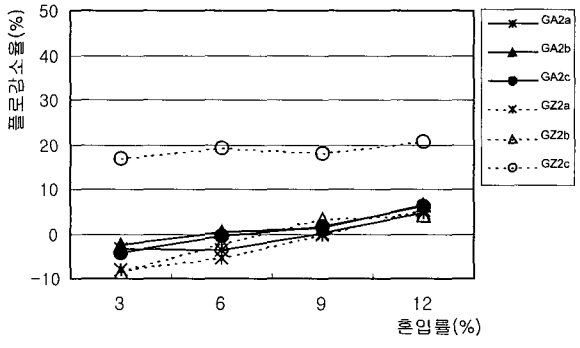

그림 16. 녹색모르터의 물시멘트비별 플로변화

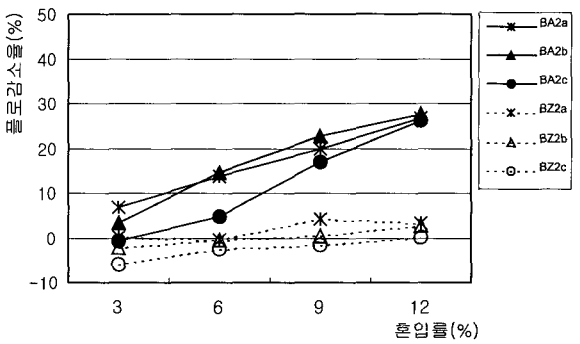

그림 17. 흑색모르터의 물시멘트비별 플로변화

녹색모르터의 경우는 그림 16에 나타난 바와 같이 녹색안료 GA와 녹색안료 GZ의 종류에 관계없이 각각의 물시멘트비에 대해 유동성 변화 즉, 플로감소율이 거의 없었으나 녹색안료 GZ를 혼입한 물시멘트비 52.5%에서 각각의 혼입률에 대하여 평균 18.8%의 플로감소율을 나타냈으며, 이는 미세분말의 안료가 볼베어링 역할을 하지 못하고 비표면적의 증가에 의한 유동성의 저하를 초래하기 때문인 것으로 사료된다.

또한, 흑색안료 BA를 혼입한 경우는 그림 17과 같이 물시멘트비 47.5%, 50.0%, 52.5%에서 각각 플로감소율이 16.9%, 17.16%, 11.9%로 물시멘트비가 증가할수록 감소율이 적게 나타났으나, 흑색안료 BZ에서는 물시멘트비에 따른 플로감소율이 -2.4~1.8%로 거의 변화가 없었다.

본 실험에서는 배합비 1:2에 한해 물시멘트비를 2.5%씩 변화시켜 착색모르터의 유동성 실험을 하였으나, 물시멘트비의 차이가 작아 착색모르터의 유동성 변화를 명확히 파악하기 어려웠다. 그러나, 물시멘트비가 증가하면 플로감소율은 작아지는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 무기안료를 시멘트모르터에 혼입한 착색시멘트모르터의 특성에 대해 알아보기 위하여 국내에서 가장 많이 사용되는 적색, 황색, 녹색, 흑색의 안료에 대해 배합비, 물시멘트비, 안료혼입률 등을 변화시켜 착색모르터의 유동성 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 무기안료의 평균입자직경은 국산안료에 비해 외산안료가 미세한 것으로 나타났으며 물용해분과 주성분면에서는 국산안료의 순도가 외산안료에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 고품질 안료의 생산 및 가공기술분야에 대한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

(2) 적색안료의 혼입률(P/C)이 3, 6, 9, 12%로 변화하였을 때, 적색모르터의 플로는 기준플로 210mm에 대해 적색안료 RA를 혼입한 경우에는 각각 8, 20, 30, 39mm, 적색안료 RZ의 경우에

는 각각 11, 23, 30, 40mm 감소하는 것으로 나타났으며, 안료혼입률이 9%를 초과할 경우, 기준플로에 대하여 플로값이 26~58mm 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 현장의 작업성을 고려하여 플로 180mm 이상의 유동성을 확보하기 위한 적색안료의 적정혼입률은 9%이하이다.

(3) 황색안료를 시멘트모르터에 혼입한 경우에는 그 침상형 입형으로 인하여 유동성의 저하를 초래하는 것으로 나타났다. 황색안료의 혼입률을 6%를 초과하여 사용할 경우에는 플로가 180mm이하로 급격한 유동성 저하가 일어나 작업성에 악영향을 끼칠 수 있으므로 혼입률을 6%이하로 하여야 한다.

(4) 녹색안료와 흑색안료 BZ를 혼입한 시멘트모르터의 경우 안료의 혼입에 따른 유동성의 변화는 거의 없는 나타나 녹색안료의 혼입에 따른 유동성의 저하를 고려하지 않아도 무방하다. 그러나 흑색안료 BA의 경우에는 혼입률이 9%이상이 될 경우에는 유동성의 저하로 작업성을 저하시키므로 혼입률을 6%이하로 하는 것이 타당하다.

위와 같이 적색모르터의 경우 안료혼입률이 3, 6, 9, 12%로 증가할수록 플로값이 기준플로값인 210mm에 대하여 4.4~18.7% 정도의 감소율을 나타냈고, 황색모르터의 경우에는 13.3~38.6%의 급격한 플로감소율을 나타냈다. 그러나 녹색모르터의 경우에는 -2.4~6.9%로 나타나 플로변화가 거의 없었으며, 흑색의 경우에도 흑색안료 BZ를 혼입한 경우에 -2.5~2.1%의 플로변화를 나타내어 유동성을 고려할 필요가 없는 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Kurz E. Gabriele and Jungk E. Axel, The use of coloured concrete in creative design, 3rd Int. Conf. on the Concrete Block Paving(CBP), 1988, pp.37-40
2. Bartos Peter, Fresh Concrete Properties and Test, Elsevier, 1992, pp.187-218
3. 김영근 외2인, 산화철을 이용한 칼라콘크리트의 성능 평가, 한국건자재시험연구원, 1998
4. Bruce S. M. and Rowe G. H., The influence of pigments on mix designs for block paving units, 4th Proc. Int. Conf. on Concrete Block Paving(CBP), Vol.2, 1992, pp.117-124
5. Baxbaum Gunter, Industrial Inorganic Pigment, VCH Publishers, Inc., 1993
6. Lewis A. Peter, Pigments Handbook, John Wiley & Son, 1988
7. 이재용, 장명훈, 이현수, 안료를 혼입한 인터로킹블록의 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집 15권 4호, 1999, pp. 123-132
8. 이성복, 지남용, 오창희, 잔골재로서 쇄석분을 사용한 시멘트모르터의 압축강도 및 건조수축 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집 10권 10호, 1994, pp.285-292

Abstract

Since inorganic pigment, among admixtures used for cement composites, can raise the esthetic value of a building due to its effect of coloring, it can be assumed that the quantity consumed is expected to increase in connection with the recent trend of emphasizing the beautiful sights of the city.

We carried out a flow test by changing the mix proportion of the cement mortar mixed with an inorganic pigment, water-cement ratio and pigment mixing ratio in order to present the basic materials for utilizing colored cement mortars in construction by exploring the effect of inorganic pigments on the workability of cement mortar. In case of red pigment mortar and yellow pigment mortar, the workability was found to be rapidly decreased. To secure proper workability, it is necessary to increase the amount of mixing water, or to use superplasticizer. In case of green pigment mortar, however, it recorded -2.4~6.9%, showing that there was almost no change in flow. In case of black pigment mortar, it was also confirmed that there is no need to consider workability.

Keywords : inorganic pigment, mortar, workability, flow