

칼라 몰탈의 물성에 미치는 무기안료 및 배합 요인의 영향

김 원 기 · 송 용 순* · 황 재 현

<동양중앙연구소 건설재료연구실>

1. 서 론

최근 도시 설계에 있어서 공공 디자인의 개념을 도입하고자 하는 시도중 하나로서 도시 조형미와 주변 환경과의 조화를 추구하는 경관용 콘크리트의 적용이 적극 검토되고 있다. 여기에는 콘크리트 구조물의 표면을 여러 가지 방법으로 표면 처리하거나 다양한 색상의 칼라 콘크리트를 채용하는 것들이 있다.

이중 칼라 콘크리트는 경관용 콘크리트로서 일적으로 적용이 가능한 분야라 할 수 있다. 지금까지는 주로 도료를 사용하여 콘크리트 표면을 칼라화 하였는데 이 경우, 도료의 건조수축, 자외선에 의한 열화 등에 의한 열화 현상으로 3-5년 간격으로 재도장을 해야하는 경제적인 부담과 재도장을 위하여 열화된 도료를 제거할 때 발생하는 분진에 의한 환경 오염 등이 문제점으로 지적되고 있다. 따라서 반영구적인 성능의 칼라 콘크리트를 얻기 위한 방법으로 안료의 사용이 유망시되고 있다.

콘크리트용 안료에는 유기계와 무기계가 있는데 유기계는 색상은 선명한 반면, 자외선에 의한 열화 현상과 물에 용출이 된다는 단점을 갖고 있어 내구성과 내후성면에서 금속의 산화물이 주류를 이루는 무기계 안료가 적합한 것으로 알려져 있다. 그러나, 지금까지 발표된 각종 연구 보고에는 주로 안료의 종류와 첨가량에 따른 콘크리트의 색상과 변색 문제를 다루고 있으나 실제로 안료를 사용할 경우의 시멘트 콘크리트의 물성 변화에 대한 언급은 매우 드문 실정이다. 따라서 본 연구에서는 각종 무기계 안료를 사용하여 칼라 콘크리트를 제조하는 경우 안료가 시멘트 콘크리트의 작업성, 압축강도 등에 미치는 영향을 몰탈을 사용하여 분석하였으며, 응용례로서 KS

L 5220 시멘트계 건조 모르타르에 규정되어 있는 뽀칠미장용 몰탈의 칼라화를 대상으로 초기 색상에 미치는 안료의 첨가량, 시멘트의 종류, 시멘트/골재 비, W/C 등의 배합의 영향 등을 파악하여 향후 각종 칼라 콘크리트 제품 제조시 필요한 기초자료로서 활용코자 한다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 실험 재료

본 실험에 사용한 안료의 종류와 물성을 표 1에 나타내었다. 각 안료는 몰탈 혼합시 사전에 건조시킨 모래와 시멘트, 혼화제에 규정된 양을 첨가하여 충분히 건비빔하였다.

2.2 실험 방법

1) 배합 요인 평가 실험

안료의 첨가량, 시멘트/모래 비, W/C 등 배합요인이 칼라 몰탈의 물성과 색상에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 다음의 표 2와 같이 계획하였다. 색도 측정용 공시체는 큐빅몰드(5x5x5)를 사용하였으며, 색도값(Lab)은 공시체 3개의 측정 데이터를 평균으로 하였다. 안료첨가량, W/C비, C/S비 등 배합조건에 따라 각 색상별 색차 및 착색도를 측정하여 몰탈의 물성에 미치는 영향과 색상 변화, 각 색상별 안료의 최적첨가량을 구하였다. 위와 같은 영향 평가를 위해 다음 식(1)에 의해 착색도를 계산하였다.

$$\text{착색도 } P(\%) = \Delta E' / \Delta E \text{ ----- 식 (1)}$$

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2, \Delta a = a_1 - a_2, \Delta b = b_1 - b_2$$

$$\Delta E' = [(\Delta L')^2 + (\Delta a')^2 + (\Delta b')^2]^{1/2}$$

$$\Delta L' = L_1 - L_3, \Delta a' = a_1 - a_3, \Delta b' = b_1 - b_3$$

안료의 종류와 물성

표 1

안료	흡수성 (g/100g)	단위용적중량 (g/cm ³)	비 중 (g/cm ³)	입경 (μ m)	입자 형태	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ (%)	색 도		
								L	a	b
적색	28	0.7-1.1	5.0	0.17	구형	95-97	2-3	31.31	24.99	13.36
황색	80	0.3-0.5	4.1	0.1-0.6	침상	85-87	0.05-0.2	61.60	8.82	32.63
녹색	20-30	1.0-1.3	5.2	0.3	구형	99-99.5*	0.1	42.46	-14.38	12.66
갈색	32	0.8-1.2	4.8	0.1-0.6	불규칙	91-95	2-3	23.35	7.57	6.01
흑색	30	0.8-1.2	4.6	0.2	구형	92-95	2-3	19.25	0.67	1.63

(주) * 녹색의 성분은 Cr₂O₃(%) 임.

3. 실험 결과 및 고찰

여기서, L_{1a1b1}은 기준물탈의 색도치, L_{2a2b2}는 안료의 색도치, L_{3a3b3}는 칼라물탈의 색도치

배합 요인 실험 계획

표 2

항 목		실험 조건
배 합	C : S	1:0(페이스트), 1:1, 1:2, 1:3
	W/C(%)	35, 45, 55
사용 재료	시멘트	OPC
	모 래	주문진 표준사
	안 료	시판 안료
안료첨가율(C x %)		3, 5, 7, 9, 11
평 가	flow(%)	KS L 5220
	압축강도	KS L 5220
	색차 및 착색도	Hunter Lab

2) 뿔칠 미장 몰탈 실험

황색, 녹색, 적색 3세가지의 안료에 대해 당사에서 생산하고 있는 뿔칠미장배합에 적용하여 결합재의 종류, 양생조건 등에 따라 다음과 같이 실험을 행하였다. 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트(OPC)와 백시멘트, 그리고 OPC와 백시멘트를 1:1로 혼합한 혼합시멘트를 사용하여 결합재의 종류와 안료의 종류, 첨가량에 따라 몰탈의 흐름성과 보수성을 일정하게 유지하기 위하여 혼합수, 혼화제의 양을 변화시켰다. 제작한 색도 측정용 공시체는 KS M 5000 - 3241(도료의 옥외 폭로 내후성 시험방법)에 따라 옥외양생을 하는 동시에 항온습실내에 실내양생을 병행하여 재령에 따른 실내외의 색차 및 착색도 변화, 명도지수, 황변도지수를 비교하였다. 색도 측정 재령은 탈형후, 1, 3, 7, 28, 56, 90일에서 색도를 측정하였다.

3.1 안료첨가량에 따른 몰탈특성

C/S 비를 1:2, W/C를 45%로 고정시키고 각 안료의 첨가량을 변화시켜 flow 및 단위용적중량, 재령 3, 7, 28일 압축강도와 재령 28일에서의 색차 및 착색도를 측정하였다. 그 결과를 표 3에 나타내었다.

적색, 갈색 안료의 경우는 안료를 첨가하지 않은 몰탈(기준몰탈)에 비하여 첨가량이 증가함에 따라 안료 입자가 미세하기 때문에 전반적으로 작업성(flow 값)은 떨어지는 경향을 보이고 있으며, 특히 황색 안료는 다른안료에 비하여 미세하지는 않지만 침상구조와 흡수성이 다른 안료에 비하여 상당히 커(2.5 -3배) 3% 첨가시에도 급격히 작업성이 악화되는 것을 보여주고 있다. 그러나 녹색, 흑색 안료에 있어서는 9% 첨가까지 오히려 작업성이 향상되어 안료의 종류와 첨가량에 따라 작업성에 많은 차이가 있기 때문에 사용가능한 안료의 첨가량이 존재하고 있음을 알 수 있었으며, 단위용적중량은 안료를 첨가하더라도 기준몰탈에 비하여 큰 변화는 없었다. 압축강도는 안료의 첨가량이 증가함에 따라 점차적으로 떨어지는 경향이지만 9%이내까지는 크게 악영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

각 안료의 첨가량 증가에 따른 착색도와 색차를 비교한 결과, 적색, 황색, 갈색, 흑색 안료는 5 - 7%에서도 70% 이상의 착색도를 발현하지만, 녹색 안료에 있어서는 9% 이상 첨가하여야 70% 이상의 착색효과를 보였다. 안료 자체의 색도와 칼라물탈의 색도차(색차, ΔE^*)가 적어지는 안료 첨가량은 적색은 5%, 갈색 및 흑색은 9%였으며, 황색과 녹색은 본 실험의 첨가량에서는 나타나지 않았다. 따라서 각 안료의 착색력과 색차를

안료의 종류별 첨가량에 따른 몰탈의 물성과 색도 분석

표 3

색 상	flow (%)	단위용중 (kgf/cm ³)	압축강도(kgf/cm ²)			색 도(28일)			색 차			착색도 (%)	
			3일	7일	28일	L	a	b	ΔE	ΔE'	ΔE''		
기준몰탈	96	2.105	254	317	409	61.77	-0.33	5.33	-	-	-	-	
적색	3	97	2.105	242	303	398	41.88	21.21	12.19	41.65	31.17	11.29	75
	5	95	2.118	224	314	385	36.57	24.39	13.24		37.30	5.30	90
	7	90	2.105	226	288	378	36.06	24.08	12.77		37.38	4.87	90
	9	88	2.120	233	299	379	36.97	26.17	13.78		38.32	5.80	92
	11	85	2.128	225	311	412	36.20	26.84	12.37		39.07	5.32	94
황색	3	83	2.113	246	333	412	61.56	2.18	25.19	28.24	19.48	9.97	69
	5	76	2.118	244	348	426	59.12	3.46	26.34		21.19	8.63	75
	7	66	2.100	229	321	387	58.91	4.64	27.89		22.95	6.87	81
	9	59	2.108	230	328	394	58.43	5.33	28.64		23.91	6.18	85
	11	50	2.113	234	318	347	58.28	6.56	30.26		25.45	4.66	91
녹색	3	105	2.118	236	343	400	55.41	-7.88	10.46	26.27	12.04	14.66	46
	5	104	2.113	229	308	400	51.74	-9.95	11.68		16.33	10.33	63
	7	101	2.110	225	302	413	50.66	-10.26	11.97		17.41	9.20	66
	9	102	2.123	224	287	398	48.70	-10.86	12.51		19.41	7.17	74
	11	98	2.123	202	287	366	46.69	-12.34	12.39		21.74	4.70	83
갈색	3	102	2.103	229	330	415	37.21	10.14	7.47	37.48	25.21	14.17	67
	5	98	2.063	224	313	371	33.89	10.28	7.23		28.27	10.95	75
	7	98	2.068	201	287	359	30.77	11.18	7.48		31.51	8.38	84
	9	94	2.050	176	274	308	29.93	10.16	6.91		33.79	7.13	85
	11	92	2.063	179	265	339	29.64	10.47	6.81		32.27	6.97	86
흑색	3	107	2.098	236	305	399	41.03	0.69	1.96	40.83	19.15	21.78	47
	5	107	2.113	220	296	343	32.35	0.50	1.74		27.77	13.10	68
	7	104	2.080	220	286	356	30.29	0.56	1.09		29.89	11.05	73
	9	102	2.083	202	306	377	26.41	0.47	0.86		33.77	7.20	83
	11	99	2.090	189	259	354	25.70	0.69	1.08		34.46	6.47	84

(주) 1. 안료를 첨가한 배합의 flow는 기준몰탈에 대한 백분율(%)로 표시한 것임.
 2. 시멘트의 Lab값은 52.06, -0.83, 8.0이고, ΔE''는 안료와 칼라몰탈의 색차임.

동시에 비교할 때, 최소한의 첨가로 최대한의 착색도를 얻을 수 있는 첨가량은 적색, 황색은 9%, 갈색과 흑색은 7%, 녹색은 11%로 생각되었다.

3.2 W/C비에 따른 몰탈 특성

첨가량에 따른 착색도를 비교한 결과를 기초로 하여 각 색상별 안료의 첨가량을 고정시키고 W/C비 변화에 따른 색도를 측정하고 색차 및 착색도를 구하였다. W/C비에 따른 배합 실험 결과는 표 4와 같다. 황색몰탈을 제외한 다른 몰탈들은 착색력이 크고 작업성에 영향을 미치지 않는 적정 첨가량에서 안료를 첨가하였기 때문에 W/C

비에 따른 착색력은 W/C비가 커짐에 따라 점차적으로 떨어지는 경향이지만 큰 영향을 받지 않았다. 즉, 칼라 몰탈의 착색도는 안료의 첨가량에 좌우되며 W/C는 큰 영향을 미치지 않았다. W/C비 35%에서 황색몰탈의 착색력이 크게 감소한 결과를 보이는 이유는 황색 안료 자체의 침상구조와 작업성에 필요한 혼합수를 흡수하는 양이 많아 안료의 분산과 혼합이 곤란하였기 때문으로 생각되었다. 따라서, 황색 안료와 같은 작업성에 영향을 미치는 안료를 사용하는 경우, 동일한 착색력을 유지하거나 향상시키기 위해서는 작업성 및 마무리 공정을 향상시키는 방법을 고려해야 할 것으로 생각되었다.

W/C에 따른 칼라 몰탈의 색도 특성

표 4

색 상		색도(28일)			색차			착색도 (%)
		L	a	b	ΔE	ΔE'	ΔE''	
기준 몰탈	35	54.46	-0.40	5.96	3.18	-	-	-
	45	59.35	-0.36	6.81	7.40	-	-	-
	55	59.02	-0.31	6.32	7.18	-	-	-
빨강	35	33.32	23.35	12.41	35.15	32.44	2.76	92
	45	34.94	25.70	13.21	38.36	36.28	3.70	95
	55	34.77	23.24	11.63	38.18	34.22	4.25	90
황색	35	50.44	3.73	23.55	29.11	18.51	15.26	64
	45	57.88	5.05	28.52	27.50	22.42	6.70	82
	55	57.31	5.53	28.20	27.97	22.71	6.99	81
녹색	35	45.43	-11.86	11.92	19.60	15.76	3.96	80
	45	44.07	-11.87	12.14	22.72	19.86	3.03	87
	55	44.85	-11.71	11.95	22.64	19.04	3.65	84
갈색	35	29.18	9.04	6.35	32.11	26.99	6.02	84
	45	32.04	9.91	6.85	36.87	29.18	7.83	82
	55	31.81	9.07	5.91	36.53	28.78	9.58	76
흑색	35	27.04	0.56	1.22	35.49	27.84	7.80	78
	45	29.56	0.54	1.21	40.45	30.33	10.32	75
	55	27.85	0.53	1.07	40.06	31.62	11.61	72

C/S비의 변화에 따른 몰탈의 색도 특성

표 5

색 상		색도(28일)			색차			착색도 (%)
		L	a	b	ΔE	ΔE'	ΔE''	
기준 몰탈	paste	47.95	-0.38	5.77	4.70	-	-	-
	1:1	45.68	-0.39	6.62	6.54	-	-	-
	1:3	47.96	-0.42	5.98	4.59	-	-	-
빨강	paste	34.60	19.11	10.61	31.28	24.11	7.28	77
	1:1	32.41	21.47	11.45	29.93	26.02	4.15	87
	1:3	30.94	21.58	11.39	31.26	28.34	3.96	91
황색	paste	55.63	5.32	26.91	31.50	23.20	8.98	74
	1:1	55.00	6.24	27.77	31.86	24.04	8.59	75
	1:3	50.18	3.78	23.05	31.33	17.72	15.74	57
녹색	paste	38.26	-10.73	11.13	27.65	15.16	5.77	55
	1:1	41.01	-12.44	12.21	28.47	14.08	2.46	49
	1:3	40.59	-10.21	10.55	22.30	13.08	5.03	59
갈색	paste	27.20	5.81	5.18	25.85	21.66	4.31	84
	1:1	27.20	7.20	5.36	23.71	20.02	3.92	84
	1:3	27.97	8.33	6.04	25.87	21.82	4.68	84
흑색	paste	23.48	0.33	1.67	29.02	24.82	4.24	86
	1:1	24.33	0.48	1.14	26.92	22.06	5.11	82
	1:3	25.89	0.45	1.21	29.06	22.60	6.66	78

3.3 C/S비에 따른 특성

각 색상별 안료의 적정 첨가량을 고정시키고 C/S비에 따른 색도 변화를 알아보기 위하여 색도를 측정하고 색차 및 착색도를 구하였다. 그 결과를 표 5에 나타내었다.

C/S비의 변화에 따른 색도와 착색도의 변화 경향은 W/C의 변화보다는 적었으며, 안료의 종류에 따라 C/S비 변화에 따른 색도, 착색도의 변화 경향이 다른 것으로 보아 안료와 시멘트, 모래의 색도 사이의 관계가 중요하다는 것을 알 수 있었다.

3.4 뿔칠미장용 몰탈 적용 실험

1) 안료 첨가에 따른 칼라뿔칠미장몰탈의 물리적 특성

안료의 종류와 첨가량 변화에 따라 동일한 반죽질기를 나타낼 수 있도록 혼합수량을 변화시켰으며, KS L 5220에 규정되어 있는 뿔칠미장용 몰탈의 요구 성능인 보수성을 만족시키기 위하여

증점제의 첨가량을 변경하여 몰탈을 배합한 결과를 표 6에 나타내었다.

안료 첨가량의 증가에 따라 혼합수량은 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 황색 안료의 경우는 적색과 녹색 안료와 유사한 혼합수량에서 동일한 반죽질기를 얻기 위해서는 고성능감수제를 시멘트 중량대비 0.25%를 첨가하여야 했다. 공기량은 안료의 첨가량 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 안료의 입자 크기가 시멘트에 비해 미세하므로 충전 효과를 나타내기 때문으로 생각되었다. 보수성은 OPC보다 백시멘트에서 감소되는 경향을 나타내며, 안료의 종류에 따라서는 침상의 황색 안료가 보수성에 미치는 영향이 상대적으로 적은 결과를 나타내고 있다.

압축강도는 시멘트 종류보다는 안료의 종류에 따라 차이를 나타내고 있는데 침상의 황색 안료를 사용할 때가 가장 높았으며 적색과 녹색은 유사한 경향을 나타내었다.

2) 뿔칠미장 몰탈의 색도 특성

시멘트 종류 및 안료 첨가율, 양생방법, 재령에

표 6. 뽕칠 미장 몰탈 배합의 물성 측정 결과

표 6

안료	시멘트 종류	첨가율(Cx%)				W/C (%)	단위용적중량 (kg/cm ³)	보수성 (%)	공기량 (%)	압축강도 (kgf/cm ²)			
		안료	공기연행제	증점제	고성능감수제					7일	28일		
황색	OPC	0	0.06	0.06	-	52	1.772	72	18.5	122	153		
		5			0.25	53.5	1.938	83	10.6	191	253		
		7			0.25	55.5	1.808	83	16	147	187		
		9			0.25	58	1.828	74	14.5	162	214		
	혼합	0		0.07	-	51.5	1.787	74	17.7	132	150		
		5		0.06	0.25	53.5	1.842	75	14.6	171	199		
		7		0.06	0.25	55	1.814	86	15.5	145	149		
		9		0.06	0.25	58	1.838	76	13.7	147	183		
	백시멘트	0		0.08	-	51	1.789	75	17.6	136	151		
		5		0.06	0.25	51.5	1.833	79	15.2	155	194		
		7		0.06	0.25	53	1.803	84	16.2	138	170		
		9		0.06	0.25	55	1.781	82	16.7	128	160		
적색	OPC	0	0.06	0.06	-	52	1.772	72	18.5	122	153		
		3				0.08	55	1.877	81	12	149	197	
		5				0.08	55.5	1.84	78	13	133	180	
		7				0.08	57.5	1.865	85	10.8	127	182	
	혼합	0		0.07		-	51.5	1.787	74	17.7	132	183	
		3		0.08			55	1.823	77	14.4	121	150	
		5		0.08			55.5	1.778	77	15.8	119	154	
		7		0.08			57	1.795	75	14.1	114	136	
	백시멘트	0		0.08			51	1.789	75	17.6	136	151	
		3		0.08			54	1.784	75	16.3	124	153	
		5		0.08			55.5	1.823	78	13.5	128	146	
		7		0.08			56.5	1.835	80	12.1	128	151	
녹색	OPC	0	0.06	0.06	-		52	1.772	72	18.5	122	153	
		5					0.06	52.5	1.782	82	16	132	146
		7					0.07	53.5	1.762	83	15.9	131	145
		9					0.07	55	1.823	84	11.8	136	143
	혼합	0		0.07		51.5	1.787	74	17.7	132	150		
		5		0.08		52.5	1.747	92	17.5	115	120		
		7		0.08		54	1.767	83	15.4	121	123		
		9		0.08		55.5	1.838	82	10.8	145	144		
	백시멘트	0		0.08		51	1.789	75	17.6	136	151		
		5		0.08		52	1.767	84	16.5	125	127		
		7		0.08		53.5	1.842	81	11.7	140	152		
		9		0.08		55	1.872	86	9.1	155	160		

(주) 1. C/S = 3/7.

2. 혼합시멘트는 OPC와 백시멘트를 중량비로 5:5 혼합.

따른 착색도 변화는 그림 1과 같다. 착색도는 안료의 종류와 첨가량이 동일한 경우, 시멘트의 종류에 따라 백시멘트 > 혼합시멘트 > OPC의 순으로 높으며, 착색도를 분산 분석한

결과 황색 안료의 경우에는 시멘트의 종류가 착색도에 미치는 영향이 가장 큰 요인으로 나타났고 적색과 녹색에서는 안료의 첨가량이 가장 큰 요인으로 분석되었다.

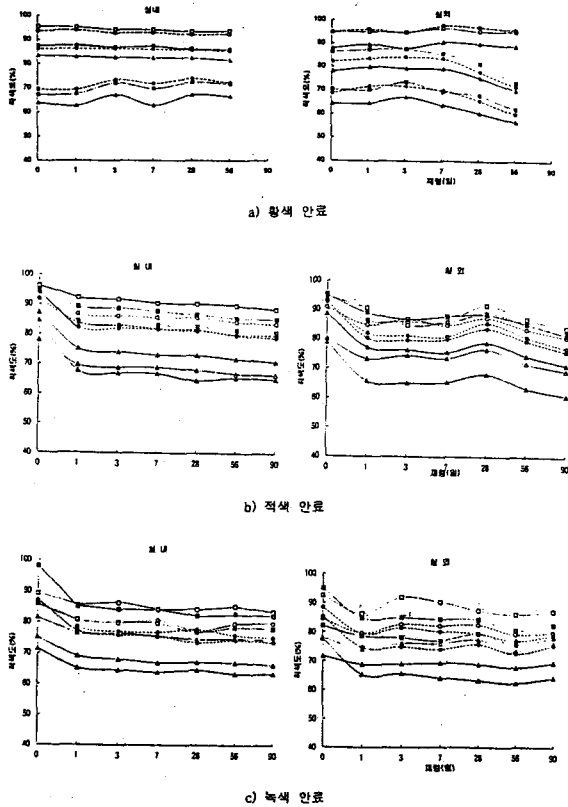


그림 1. 시멘트의 종류, 각 안료의 첨가량, 양생 조건, 재령에 따른 몰탈의 착색도 변화
 (● : OPC, ○ : 혼합시멘트, ○ : 백시멘트, △ : 5%, ○ : 7%, □ : 9%)

양생방법과 재령의 영향은 실내에서 양생한 경우와 옥외에 방치한 경우를 비교하였는데 실내양생에 있어서는 재령에 따라 착색도의 변화가 크게 나타나지 않으나 옥외 방치한 경우에는 황색안료를 사용한 몰탈에서 착색도의 변화가 컸으며 특히 황변도차(a값)이 감소하여 황색의 색도가 퇴색함을 나타내고 있다. 이상의 결과, 적색과 녹색 안료의 경우에는 시멘트의 종류, 양생 방법, 재령보다는 첨가량이 착색도를 좌우하므로 OPC에 적용이 무난하리라 생각되며, 황색 안료의 경우에는 OPC에서는 안료의 효과를 충분히 얻을 수 없을뿐만 아니라 옥외 방치시 착색도의 변화가 커서 실내 미장용 외의 용도에는 한계가 있을 것으로 생각되었다.

4. 결론

안료의 첨가량, C/S 및 W/C비에 따른 몰탈의 색도변화, 물성 변화를 측정하고 뿔침미장용 몰탈에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 안료의 첨가량을 변화시키면서 몰탈의 착색도를 비교한 결과 안료의 효과를 최대한 발현하는 최소 첨가량이 존재하였으며 그 첨가량은 적색, 황색의 경우에는 9%, 갈색, 흑색은 7%, 녹색은 11% 이상이었다.
- 2) 안료의 첨가량, C/S비, W/C의 변화에 따른 몰탈의 착색도와 색차 변화 경향을 분석한 결과 몰탈의 착색도나 색차를 좌우하는 배합 요인은 안료의 첨가량이었으며, 본 실험 범위내에서 C/S비, W/C의 영향은 미미하였다.
- 3) 안료 첨가량의 증가에 따라 몰탈의 반죽질기는 감소하는 경향을 나타내며 일정한 반죽질기를 얻는데 필요한 혼합수의 양은 증가하나 압축강도는 미세한 안료 입자의 충전 효과로 증가하는 경향을 나타내었다.
- 4) 시멘트의 종류에 따른 안료의 착색 효과를 분석한 결과, 황색 안료의 경우에는 시멘트의 종류에 따라 착색도와 색차가 크게 변하였으며, 적색과 녹색 안료는 시멘트의 종류보다는 안료의 첨가량에 의존하여 OPC용 안료로는 적색, 녹색을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

<참고 문헌>

1. 김학성, 디자인을 위한 색채, pp.10-22, 1988.
2. Fred W. Billmeyer, Jr., Max Saltzman, Principles of Color Technology, pp.37-50, 1981.
3. 이충희 등, 색의 측정 및 표시방법, 한국표준연구소, pp.20-31, 1982.
4. 日本色彩學會, 色彩工學ハンドブック, pp.83-146, 1985.6
5. 近藤高規, カラー-콘크리트의着色技術の現状と課題, 콘크리트工學, Vol. 32, No.8, pp.24-32 1994.8
6. Egbert puttabach, Krefeld-Uerdingen, Pigments for the coloring of concrete, pp.1-9, 1987.
7. 笠井芳夫, 小林正凡, セメント・コンクリート用混和材料, pp.165-178, 1986.3
8. 박승욱 등, 컬러영상 시스템에 의한 색재현 연구, 한국색채학회지 제4호, pp.81-93, 1995.3