

# Color 콘크리트

任 昌 憲

<雙龍洋灰工業(株) 調査開發室 部長, 工博>

## 1. 개 요

콘크리트 구조물의 색상화는 주로 유럽에서 주택의 조형미 차원에서 차량·보도用 볼록類와 지붕재 등에 사용되고 있다. 그러나 콘크리트 구조물에 대한 적용례는 많지않은 실정으로 소형믹서를 이용한 특수조형물 제조에 지나지 않고 있다.

한편 국내에서는 대형아파트의 경우 도시조형미와 주변환경 조화를 갖기 위해 페인트로 외벽에 도포하고 있으나 햇빛에 의한 내구성 결여로 주기적 (4~5년/1회)인 도장 작업이 요구되므로 최근에는 color콘크리트에 안료를 첨가하여 제조하는 두가지 방법이 있다.

일반적으로 콘크리트의 color화는 시멘트자체 발색에 의한 경우와 콘크리트에 안료를 첨가하여 제조하는 두가지 방법이 있다.

먼저 color 시멘트를 제조하는 경우는 영국에서 실시한 예가 있으나 성공적이지 못하였다. 이는 소비자에 맞는 색상별로 시멘트 제조관리가 어려우며 장기보관시 품질저하로 인한

폐기처분을 하여야 하는 등 비경제적 여건으로 생각되어 color 시멘트를 제조하기 보다는 몰탈 또는 콘크리트에 안료를 첨가하여 제조하는 방법을 많이 채택하고 있다. 따라서 본고에서는 향후 도시관리와 대형 아파트 건설에 따른 주변환경과 조화를 이루기 위한 여러가지 색상의 color콘크리트 특성 및 제조관리 등에 대한 전반적인 기술을 논하고 color콘크리트에서 변색의 원인이 되는 백화를 방지할 수 있는 백화방지 효과 피악과 페인트와의 특성을 비교하였으며 레미콘 제조시 품질관리와 제조장치 및 시공시 주의점 등도 아울러 검토하고자 한다.

## 2. 안료 특성

### 2. 1 안료 조건

color콘크리트용 안료의 구비조건은 표 2. 1과 같이 이들 조건을 만족시키는 안료는 유기 안료보다는 천연광물인 무기안료가 시멘트·콘크리트 착색용으로 적합하다.

〈표 2. 1〉 Color 콘크리트용 안료의 구비조건

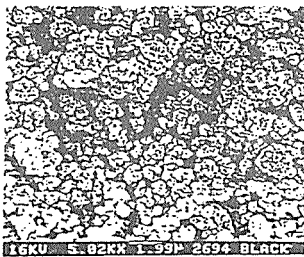
특성 항목	세 부 내 용
물에 불용이며 분산성이 우수	염료와 안료로 대별되나 염료는 물에 잘 녹고 안료는 물에 불용. 시멘트 분산을 위해 소수성 보다는 친수성 안료가 바람직함. 염료의 경우 전부 소수성이나 무기안료는 일반적으로 친수성임. 따라서 무기안료가 최적.
내후성	비교적 가혹한 환경조건이 되는 콘크리트의 경우 안료로써 내후성이 강하여야 한다. (특히 햇빛) 일반적으로 고온에서 소성한 안료일수록 내후성이 크고 유기안료는 무기 안료에 비해 耐光性이 약함.
내알카리성	시멘트 수화시 $Ca(OH)_2$ 가 발생되기 때문에 내알카리성이 있어야 함.
착색효과	입자가 미세할수록 착색력이 커서 粒徑의 제곱에 반비례한다. 안료의 1/2이 되면 사용량은 1/4로써 同程性의 착색효과가 나타남
품질	일반적으로 무기안료 첨가시 강도가 약간 저하하는 경향이거나 유기안료의 경우 강도저하가 매우 큼
경제성	경제적이어야 함

〈표 2. 2〉 XRD 및 XRF 분석결과 종합표

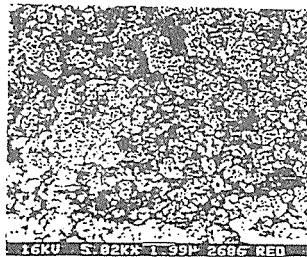
안료종류	XRD분석결과(주성분)	SEM 관찰 (입자 크기 및 형태)	* 색 도		
			L	a	b
Black	$Fe_3O_4$	1.12 $\mu$ 구상(응집이 많이 되어 있음)	20.7	0.6	0.3
Red	$Fe_2O_3$	0.25 $\mu$ 구상	33.9	27.3	12.3
Yellow	$\alpha - Fe_2O(OH)$	1 $\mu$ 침상	66.4	12.6	34.8
Brown	$Fe_2O_3$ 와 $Fe_3O_4$ 혼합	0.12 $\mu$ 구상	26.9	0.6	0.3
Ivory	$TiO_2$ 와 $\alpha - Fe_2O(OH)$ 혼합	0.25 $\mu$ (입자)와 1 $\mu$ 의 $\alpha - Fe_2(OH)$	76.9	9.2	22.1

\* L : Lightness    a : (+) Red ~ Green (-)    b : (+) Yellow ~ Blue (-)

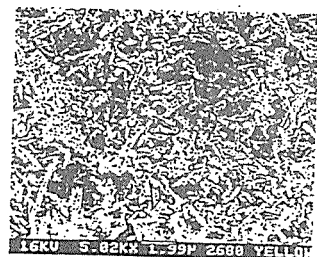
〈안료의 전자 현미경 사진〉



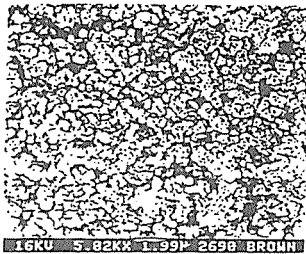
〈사진 1〉 Black



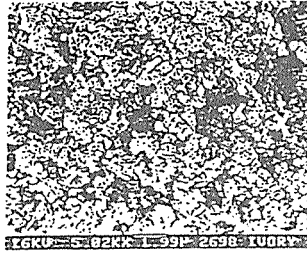
〈사진 2〉 Red



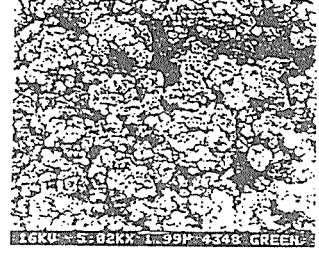
〈사진 3〉 Yellow



〈사진 4〉 Brown



〈사진 5〉 Ivory



〈사진 6〉 Green

## 2. 2 안료성분 분석

국내에서 원료를 수입하여 제조 판매하는 제품을 선정하여 XRD 및 XRF 전자 현미경으로 관찰한 결과 사진 1~6과 표 2. 2에서 알 수 있듯이 주성분은 철분계 또는 크롬티탄 산화물로써 그 입자 크기는  $0.12\sim 0.25\mu$  외의 球形입자 형태를 갖고 있으나 황색 안료의 경우  $1\mu$  침상 형태를 갖고 있는 것이 특징이다.

## 2. 3 주요 안료의 제법

### 2. 3. 1 합성 산화철류

산화철은 그의 제조, 처리 방법에 따라 粒徑이 차이가 있어  $0.01\mu$ 에서  $0.6\mu$ 까지 광범위하다. 미분말의 것은 황색이 강하고 입경이 큰 것은 적색, 등청색, 보라색이 된다. 산화철은 황산철( $FeSO_4$ ) 또는 염화철( $FeCl_3$ )을 원료로 하여 제조한다.

이들의 철원료에 알카리( $NH_4OH$ ,  $NaOH$  등)를 가하여 중화하고 공기를 주입하여 산화시키면  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$  또는  $Fe_3O_4$ 가 합성된다. 이를 건조·분쇄공정을 경유하여 황색의 산화철, 흑색의 산화철이 된다. 원료의 PH 및 주입하는 공기 온도에 의해 산화되는 정도를 조절하면 황색 또는 흑색이 된다. 황색 산화철 또는 흑색 산화철을  $250\sim 350^\circ C$ 에서 소성하면  $Fe_2O_3$ 가 되고 분급·세척에 의해 적색, 등청색, 보라색 등의 산화철이 된다. 산화철은 입경에 의해 색조가 변화되기 때문에 입경 분포의 폭이

넓으면 색이 탁해진다. 선명한 색조를 얻기 위해서는 분급의 정도를 높게 할 필요가 있다. 산화철은 물리적·화학적으로 안정한 특성을 갖고 耐光性이 요구되는 부분의 안료로써 넓게 사용 되어진다.

### 2. 3. 2 산화크롬

크롬산 알카리, 수산화 크롬, 크롬산 암모니움을 원료로 하여  $500\sim 700^\circ C$ 에서 소성하여 제조한다. 내광성, 내열성, 내알카리성이 우수하고 안정한 안료이다.

### 2. 3. 3 프탈로시아닌블루(phthalocyanine blue)

무수프탈산에 요소와 금속염을 유기용매 중에서 반응시키는 “와이라법”으로써, 또는 프탈로지니트릴에 금속염을 가열반응시켜 “프탈로니트릴법”으로써 제조하는 프탈로시아닌을 원료로 한다.

착색도와 선명도를 높게 하기 위해 황산으로 처리하여 1차 입자를 분산시켜 제조한다. 유기 안료이지만 내광성이 우수하고 가격도 저렴하다. 하지만 물에 대한 분산성이 나쁘기 때문에 표면활성제를 사용할 필요가 있다.

### 2. 3. 4 카본블랙

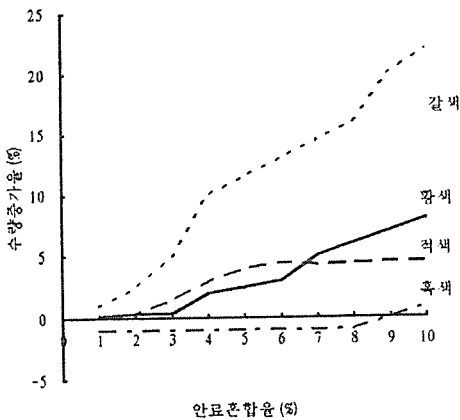
석유계 중질유의 석탄타르를 가열하여 반응로에 분무하면서 일부를 연소시켜 잔유물을 열분해하면 미세한 카본 입자를 유리시킨다. 그 후 배기를 냉각하여 사이클론, 백헨타 등을 도

입하여 포집한다. 연소물로서는 아세틸렌, 광물유, 식물유, 송진과 같은 수지, 동물의 뼈를 사용하는 경우도 있다. 안료용 카본블랙의 입경은  $0.01\mu\text{m}$ 로써 극히 미세하고, 또 일반적으로 입자표면에 油狀의 불순물이 잔존하기때문에 소수성 물질이 많다. 혼합시에는 물에 뜨기도 하고 변색이 되기 쉽기 때문에 표면 활성제를 사용할 필요가 있다.

### 2. 3. 5 산화티탄

일메나이트( $\text{FeTiO}_3$ )를 원료로하여 황산에 용해하고 황산철을 분리하여 가열 분해에 의해 수산화티탄을 얻는 방법과 염화티탄을 氣相산화하여 제조하는 방법이 있다. 전자는 황산법이고 후자는 염소법이라 한다. 또한 산화티탄은 착색력이 우수하고 내광성, 내알카리성, 내열성도 구비하고 있다.

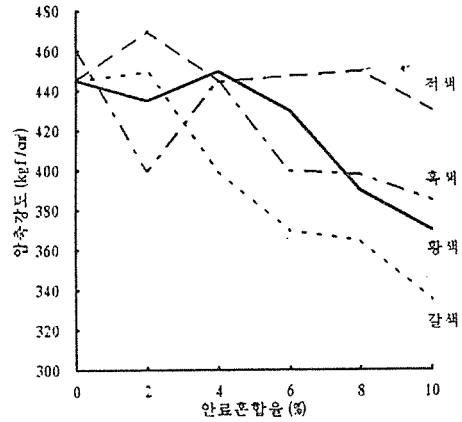
### 2. 4 안료의 입경



〈그림 2. 1〉 안료 혼합에 의한 단위수량 증가경향

안료의 입경은 시멘트의 입경보다 굉장히 작기 때문에 안료의 혼합에 의해 콘크리트 단위수량은 증가하여 물·시멘트비가 높게된다. 압축강도는 저하하는 경향이 일반적이지만 시멘트에 대해 5% 정도까지 혼합하면 그 영향은 약간 있으며 10%정도까지도 실용상 큰 악영

향을 받지않아 사용이 가능하다. 안료의 혼합에 의해 단위수량과 압축강도의 일례는 그림 2. 1, 2. 2와 같다.



〈그림 2. 2〉 안료혼합에 의한 압축강도 변화 (슬럼프 일정할 경우)

### 3. 몰탈특성

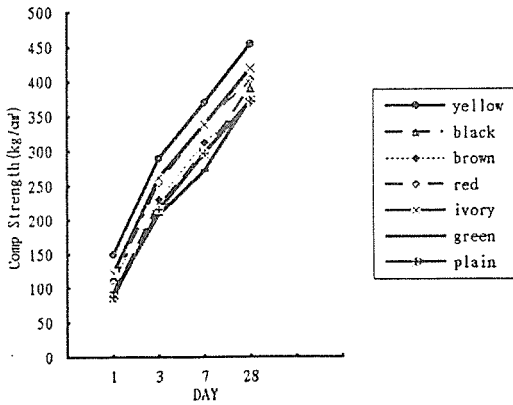
각종 안료가 시멘트 몰탈 특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 안료 첨가량별 안료색상별로 시험한 결과는 표 3. 1과 같으며 이들 결과를 고찰하여 보면 안료 첨가량 증대에 따른 압축강도 저하 현상은 없으며(Plain 대비 오히려 안료 첨가량 증대에 따라 압축강도가 증가하는 경향을 보이고 있지만 작업성(flow 치)은 점차 저하하는 경향이다.

한편, 몰탈의 응결기간은 영국규격 BS1014 (pigments for portland cement & concrete)에서 요구하는 Plain 몰탈 응결시간의 30분 이내로 전부 만족되고 있으며 이들 결과는 그림 2.5와 같다.

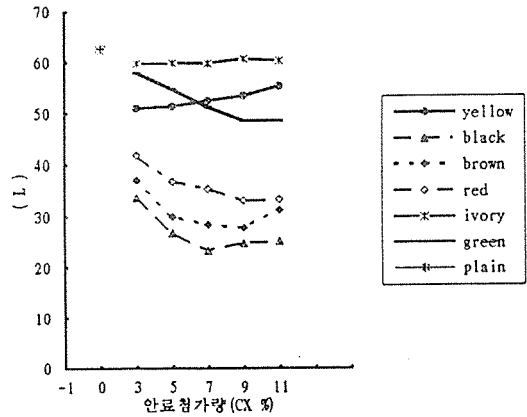
한편, 안료의 최적 첨가량을 구하기 위하여 모르타의 안료 첨가량별 색상의 변화는 그림 2. 6~2. 8과 같이 L값은 안료 첨가량 증대에 따라 크지 않으나 a, b값은 적색, 황색 칼라콘크리트의 경우 발색 효과로 나타내기 위한 최적 첨가량은 모르타에서 적정량이 존재하는 것으로 판단된다.

〈표 3. 1〉 안료 첨가량별, 안료 종류별 시멘트 몰탈 특성 비교

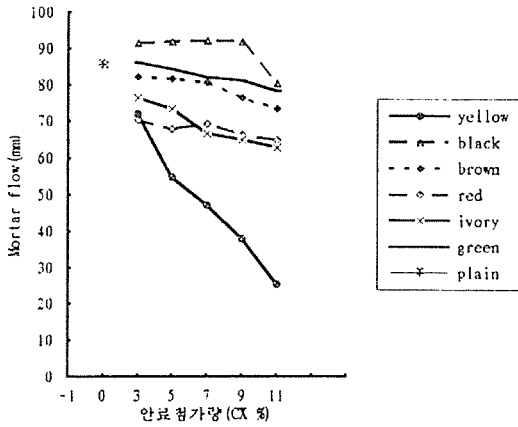
시료명		응 결			압축강도(W/C 48.5% 고정)					Color		
		W/C (%)	초결 (min)	종결 (hr)	flow	1일	3일	7일	28일	L	a	b
Plain 몰탈		27.0	260	6 : 55	85.8	87	216	297	373	62.8	1.0	5.1
Yellow	3	28.3	250	6 : 40	72.0	110	244	315	398	51.1	3.4	19.9
	5	29.5	250	6 : 35	54.8	122	271	354	419	51.5	5.2	22.3
	7	30.9	245	6 : 30	47.2	150	290	371	454	52.6	6.1	23.6
	9	33.0	240	6 : 30	37.8	161	309	394	479	53.6	7.5	25.4
	11	34.5	240	6 : 25	25.3	174	327	409	525	55.5	7.8	25.0
Black	3	26.6	295	7 : 10	91.6	98	213	301	369	33.8	0.3	0.4
	5	26.6	290	7 : 00	91.9	94	220	305	371	26.9	0.7	0.9
	7	26.6	285	6 : 55	92.3	95	223	299	391	23.5	0.8	0.9
	9	26.6	280	6 : 50	92.0	98	245	337	393	25.0	1.1	0.6
	11	26.6	270	6 : 50	80.5	123	251	338	401	25.3	0.3	-0.2
Brown	3	27.2	270	6 : 50	82.2	100	215	293	356	37.2	10.6	7.0
	5	27.5	270	6 : 50	81.7	106	232	308	377	30.1	10.8	7.2
	7	27.8	270	6 : 50	80.7	112	230	313	370	28.6	10.2	6.4
	9	28.0	265	6 : 45	76.4	122	257	327	382	28.0	11.2	7.2
	11	28.2	265	6 : 40	73.5	128	259	335	421	31.4	11.3	6.7
Red	3	27.2	265	6 : 40	70.5	103	246	332	401	42.0	16.6	8.1
	5	27.3	255	6 : 30	67.9	110	253	336	403	37.0	21.9	10.1
	7	27.4	245	6 : 25	69.3	110	255	339	403	35.6	23.5	10.8
	9	27.4	235	6 : 20	66.3	113	272	357	422	33.3	22.1	10.1
	11	27.7	225	6 : 15	64.9	118	276	357	438	33.6	22.7	10.5
Ivory	3	27.3	250	6 : 40	76.4	103	251	325	407	59.9	2.9	12.0
	5	27.6	240	6 : 30	73.5	107	257	336	309	60.0	4.7	14.4
	7	28.0	235	6 : 30	66.7	123	262	339	419	60.0	5.0	16.1
	9	28.4	230	6 : 20	65.0	130	272	353	433	60.9	5.7	16.6
	11	28.8	225	7 : 15	62.8	134	284	356	444	60.5	6.7	17.2
Green	3	26.9	270	7 : 20	86.0	87	200	255	356	58.0	8.6	10.0
	5	27.0	270	7 : 20	84.4	92	205	269	368	54.9	10.2	11.0
	7	27.2	270	7 : 20	82.0	94	208	272	374	51.4	11.7	12.9
	9	27.3	275	7 : 25	81.2	101	236	297	379	48.8	12.5	12.9
	11	27.5	275	7 : 25	78.1	109	245	308	390	48.8	12.1	12.6



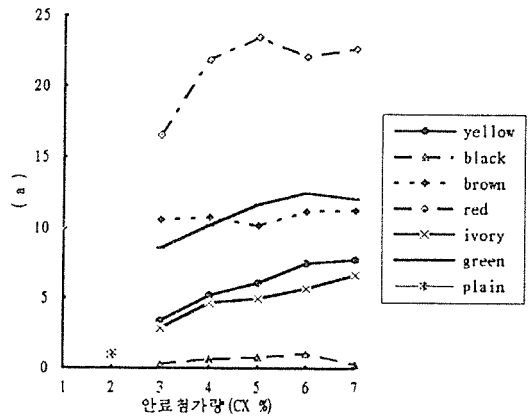
〈그림 2. 3〉 안료첨가량별 압축강도 관계



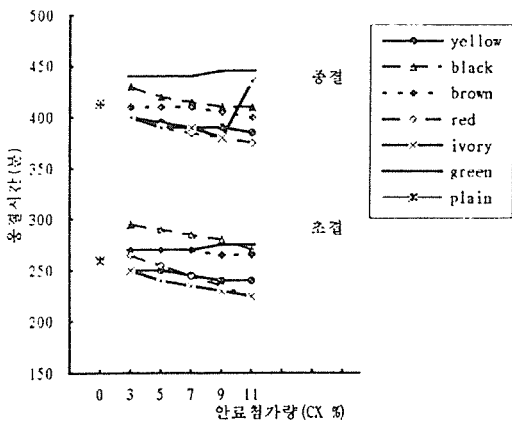
〈그림 2. 6〉 안료첨가량과 L값의 관계



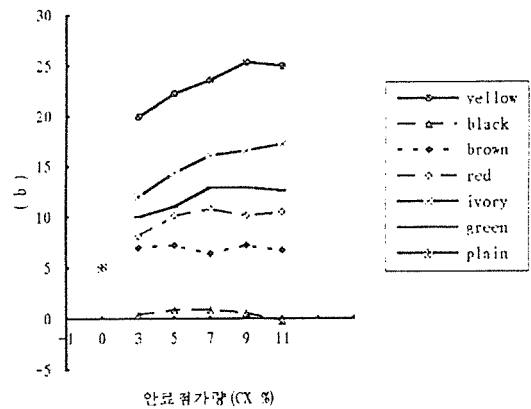
〈그림 2. 4〉 안료첨가량별 몰탈작업성 관계



〈그림 2. 7〉 안료첨가량과 a값의 관계



〈그림 2. 5〉 안료첨가량별 응결시간 변화

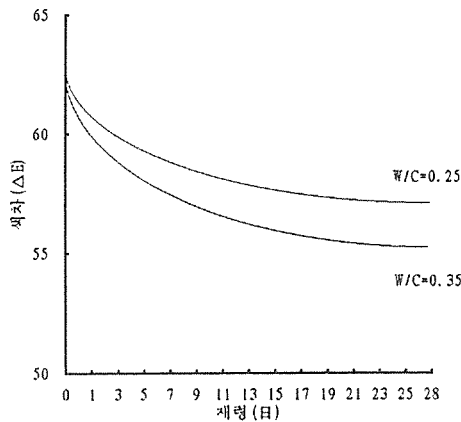


〈그림 2. 8〉 안료첨가량과 b값의 관계

#### 4. Color 콘크리트의 백화

콘크리트의 색은 표면에 시멘트 페이스트 이외의 자료를 도포하지 않으면 시멘트 페이스트의 색이 지배적이고 2차적으로는 백화, 표면 건조의 정도, 외부로부터의 오염 등이 영향을 받는다. 백화는 시멘트 수화에 수반하여 생성하는 수산화칼슘 및 시멘트 중의 알카리 황산염이 콘크리트 중의 물에 용해하여, 이 용액이 콘크리트의 표면으로 증발할 때에 염류 등이 표면에 석출한다.

백화는 1차 백화와 콘크리트가 경화후 외부로부터 침입한 물이 콘크리트 내부의 염류를 용해하여 재차 표면으로 석출한 2차 백화로 나누어진다. 콘크리트 색은 백화 때문에 새 하얗게 변화하여 현저하게 미관을 손상시키는 경우가 있다.



〈그림 4. 1〉 W/C비 변화에 따른 시멘트 페이스트 색의 변화

콘크리트 혼합과 1차 백화를 일으키는 콘크리트 내의 물을 적게 함과 동시에 콘크리트 조직을 치밀하게 하고 2차 백화를 일으키는 외부로부터의 물을 침투하기 어렵게 하는 것이 기본이다. 2차 백화를 방지하기 위해 방수제 및 발수제 등을 활용하기도 하고 최근에는 콘

크리트 혼합수의 표면 장력을 특수한 혼합제를 사용하여 저하시키고 물의 증발 위치를 표면으로부터 내부로 이동시킴으로써 백화 성분을 표면이 아닌 내부에 석출시켜 표면 백화를 없애는 방법 등이 행해진다.

표면이 건조한 콘크리트는 표층이 미세한 요철로써 빛이 난반사하여 색이 하얗게 보이고 반대로 표면이 습하면 난반사 하는 빛이 적게 되어 색이 진하게 보인다. 콘크리트의 색은 이와 같은 요인이 복합되어 정해지지만 경화 시멘트 페이스트의 색조 변동 일례는 그림 4. 1과 같다.

#### 5. 백화 방지제 효과

일본에서 입수한 백화방지제를 사용하여 color 콘크리트 백화방지 효과를 파악하고자 콘크리트 제조시 사용되는 물에 1/4배 희석된 용액과 1/10배로 희석된 물을 콘크리트 배합시 사용하여 콘크리트 특성 및 백화 방지 효과를 측정하였다. 아래 〈표 5. 1〉은 적색 콘크리트를 대상으로 제조한 콘크리트의 물리적 특성이다. Plain 콘크리트의 단위재료량은 시멘트 300 kg/m<sup>3</sup>, 물 170kg/m<sup>3</sup>, 자갈(25mm) 110kg/m<sup>3</sup>와 일반 감수제 C×0.15% 첨가했다.

이들 결과로부터 백화 방지제 사용시 콘크리트의 응결축진으로 인한 급결 현상과 작업성 저하 및 공기량저하 현상이 나타났으며 fresh 콘크리트의 경우 레이턴스로 인해 콘크리트 표면 색상이 선명치 않는 등, 사용상의 문제점이 나타났다. 한편, 백화방지 효과를 파악하기 위하여 15Φ×30cm의 원주형 공시체를 제작하여 외부 폭로 상태에서 시간경과에 따른 L, a, b값을 비교하여 백화발생 유무를 관찰한 결과는 표 5. 2와 같다.

이들 결과도 초기 재령시 백화방지제 첨가량이 증가할수록 L값이 높아지며 (백색화) 적색인 a값은 약간씩 저하되며 b값도 저하하는 경향을 보이고 있다. 한편 재령 경과시에도 백화로 인해 L값이 높고, a값이 낮아지므로 백화방지

제 효과는 없는 것으로 판단된다.

장기 재령시, paint와의 내후성을 비교 관찰하기 위하여 적색 칼라콘크리트와 보통콘크리트 판위에 각각 수성페인트, 유성페인트를 2회 도포시킨 후 외부 폭로 조건에 색상 변화 및 자외선 노출에 의한 탈색 정도를 비교 측정하

였다. 이들 재령별 값은 표 6. 1과 같이 페인트로 도포할 경우 적색의 값인 a값이 적색 칼라콘크리트에 비해 약 2배에 가까운 색상을 나타내고 있으나 점차 옥외의 노출시간이 길어질수록 색상이 얼어짐을 알 수 있다.

〈표 5. 2〉 시간경과에 따른 백화방지 효과

콘크리트 종류		Plain	적색 콘크리트	적색 콘크리트에 10배 희석수 사용	적색 콘크리트에 4배 희석수 사용
기간	Color값				
1 주	L	57.2	38.7	38.7	42.7
	a	0.5	21.2	21.6	19.6
	b	8.4	11.2	11.7	10.8
1개월	L	58.4	39.2	40.1	43.2
	a	0.3	20.8	19.7	18.5
	b	8.7	10.9	10.6	10.2

## 6. Paint와의 특성 비교

〈표 6. 1〉 적색콘크리트 도포와 적색칼라콘크리트의 장기 노출시간에 따른 분석

	Color 색상	1 주	1 개월	6 개월
Red 칼라 콘크리트	L	42.1	41.9	40.6
	a	21.3	19.6	19.3
	b	8.9	8.7	8.4
수성페인트 도포(2회)	L	36.6	41.1	34.6
	a	42.9	32.2	17.5
	b	15.6	11.9	10.8
유성페인트 도포(2회)	L	28.8	30.6	32.4
	a	42.1	37.2	11.7
	b	13.6	12.2	11.3

## 7. 제조 기술

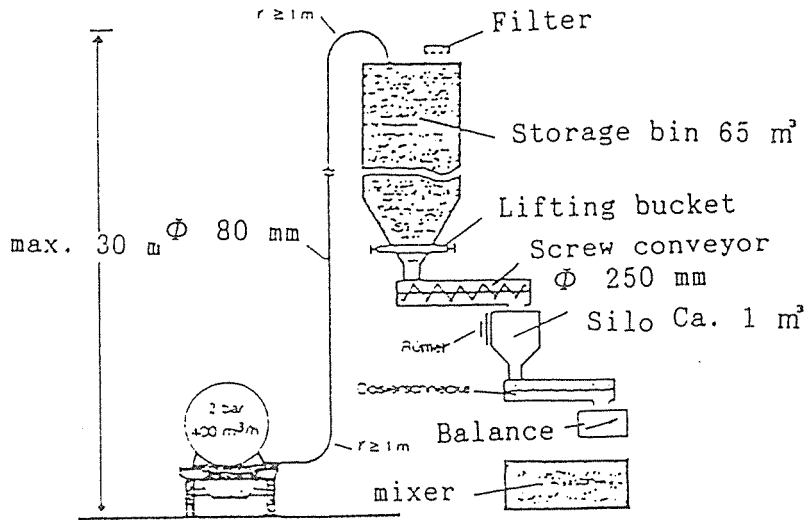
### 7. 1 품질관리 및 제조

(1) 대량 생산시 시멘트 및 골재에 대한 원

재료 변화가 없어야 하며 물·시멘트비 S/C 비가 일정하게 유지될 수 있도록 관리가 요구된다.

(2) Color콘크리트 제조시 혼합방법이 불량할 경우 콘크리트 표면에 안료에 의한 줄무늬가 발생되기도 하므로 안료의 분을 조골재 및 모래와 안료를 혼합한 후 다시 시멘트를 첨가





〈그림 7. 1〉 안료자동투입 설치도 예

하여 혼합하고 최후로 물을 첨가하여 혼합하는 방식을 취하여야 한다.

(3) 혼합시간은 조골재 및 모래와 안료와의 혼합시간 15초, 조골재 및 모래와 안료와 시멘트 물의 총 혼합시간 30초, 조골재 및 모래와 안료와 시멘트 물의 총 혼합 시간이 60초로 함.

## 7. 2 제조장치

소규모 출하시에는 인력으로 계량 투입하여 제조할 수 있으나 대량 생산할 경우(50m³/일 규모이상)안료투입 자동설비가 요구된다.

## 7. 3 시 공

현장 시공시 충분한 다짐과 최소한의 W/C 비로 콘크리트 내부조직을 밀실하게 하여 백화 발생으로 인한 변색을 방지하여야 하며 거푸집 이상으로 인한 누수 현상은 색상 차이의 원인이 된다. 한편 부분보수를 행할 경우 기존 Color 콘크리트와 색상을 동일하게 하기 위해서는 소형 Mixer로 배합조건을 설정한 후 건조된 공시체의 색으로 현장 Color콘크리트 색과 비교 확인한 후 부분 보수를 행하여야 한

다.

## 7. 4 폐수 처리

칼라콘크리트로 제조한 후 세척수 및 폐수에 대한 처리가 가장 문제시되나 안료의 침강제를 폐수에 첨가 사용할 경우 공해 방지가 가능할 것으로 판단된다.

## 8. 결 론

안료는 분석 결과 주로 산화철 및 특수 성분(크롬산, 티탄)등으로 구성되어 있으나, 실용적인 색상은 주로 산화철 성분이다. 또한 안료의 첨가시에 몰탈 특성 중 압축강도는 오히려 약간 증가하는 경향을 보이고 있으며 응결시간은 규격에 만족되나 안료 첨가량을 증가 사용할수록 작업성은 저하하는 경향을 보이고 있다.

칼라콘크리트의 특성 중 건조수축, 내구성, 내후성은 일반 콘크리트와 동일하거나 약간 저하하는 경향이지만 일반 콘크리트와 큰 차이가 없고, 백화 방지제의 효과는 그다지 없는 것으로 나타났다.

한편, 햇빛 노출에 의한 장기 노출시 변색은

현재 재령이 짧아 판단하기 어려우나 페인트와 함께 계속 검토되어야 할 부분이다.

칼라콘크리트의 제조기술은 원재료 수입관리 및 품질관리가 엄격히 이루어져야 하므로 제조 시에는 사전 관리 항목 설정과 교육이 필요하며 제조시 혼합방법, 혼합시간, 제조장치 보완 등에 사전 검토가 요구된다.

### [ 參 考 文 獻 ]

1. "Pigment metering in the production of colored concrete goods" Dr. Gunther Tei-

chmann, Krefeld-Uerdingen, 1987, P. 10-24

2. "Repairs of concrete structures" R.T.L ALLEN Blackie 출판, 1987, P.34

3. "Pigments for the coloring of concrete" Dr. Egbert puttabach, Krefeld-Uerdingen, 1987, P.1-9

4. "Colored concrete" Bayer A.G., Precast Concrete, 1976, 11

5. "BSI - Pigments for Portland cement and Portland cement products" BS 1014, 1975, P. 3-11

## 기술서적출간

### 特殊 콘크리트 製造, 特性 및 活用

레미콘산업의 기술개발과 새로운 기술정보 보급을 목적으로 당협회는 오랜기간의 준비와 동시에 저자의 연구성과를 집대성하여 드디어 「특수콘크리트-제조, 특성 및 활용」을 출간하게 되었습니다.

레미콘 관계실무자 및 연구자에 유익한 참고서로서 역할을 다할 것으로 확신합니다.

■ 저 자 : 오 병환(서울대 토목공학과 교수)

■ 면 수 : 국판 204쪽

■ 발 행 : 한국레미콘공업협회

■ 보 급 가 : 8,000원

■ 문 의 : 서울 강남구 역삼동 726(아세아 타워 6층) 한국레미콘공업협회 기획과  
TEL : (02)566-7162, FAX : (02)554-7420