

특 집

|| 콘크리트의 아름다움 ||

칼라 콘크리트의 제조기술 및 활용 - Manufacture and Application of Color Concrete -



이문환*

1. 머리말

콘크리트는 천연의 소재 및 다른 마감재에 비하여 무채색으로, 보는 사람에게 단조로운 인상을 줄 수 있다. 따라서 최근에는 콘크리트로 조성된 비인간적인 공간에서 보다 친화성이 있고 정서적인 공간의 창조라는 새로운 요구가 증가되고 있다. 이와 같은 사회적 배경에서 콘크리트에도 색채감이 요구되며, 백색 포틀랜드 시멘트나 기타 시멘트에 안료를 첨가하여 제작하는 칼라 콘크리트가 외부공간을 중심으로 광범위하게 이용되어 가고 있다.

칼라 콘크리트는 기존의 콘크리트와는 완전히 다른 모습으로 변화하며, 보는 사람에게 안정적이고, 부드러운 느낌을 줄 수 있다. 이미 콘크리트 2차 제품 등에서는 이와 같은 칼라 콘크리트가 널리 이용되고 있으며, 포장재로 환경 미화, 주택 미화에 활용되고 있을 뿐만 아니라, 최근에는 대형 콘크리트 제품과 현장 타설 레미콘에도 적용 실적이 많아지고 있다. 또한, 칼라 콘크리트는 요구하는 색조, 마무리에 대해서 재료 및 마무리 방법을 선택하여 보다 색채감을 높일 수 있다. 이와 같이 칼라 콘크리트의 이용률과 관심이 커지고 있는 상황에서 칼라 콘크리트의 올바른 이해와 적용은 대단히 중요한 사항이다.

2. 칼라 콘크리트의 계획·설계

콘크리트 구체 공사후 도장, 타일, 표면처리 등에 의해 콘크리

트를 채색하는 것은 시공단계 직전에도 충분히 검토할 수 있지만, 칼라 콘크리트를 소재로 선택할 경우는 경관설계의 개념을 도입하여 계획단계에서부터 고려되어야 한다.

칼라 콘크리트의 색채를 검토하는 데는 도장분야에서 행해지고 있는 것과 같은 체계적인 color simulation이 아직 보급되지 않고 있으며, 설계자와 시공주체측의 요구에 따라 개별로 대응하고 있는 것이 현실이다.

계획·설계단계에서의 색채계획은 충분히 검토되지 않은 채 단순히 감각적으로 색이 선택되기 쉽다. 현재는 다음과 같은 tool을 사용하여 칼라 콘크리트의 실제 색을 선택하는 방법도 개발되고 있다.¹⁾

2.1 Color Tringle

적, 황, 흑의 3색을 기본색으로 하고 색의 비율을 여러 가지로 바꾸어 콘크리트의 배합에 첨가한 것을 하나의 도표(색상감각도표)로 정리한 것이다.

2.2 Color Card

각 색의 안료를 시멘트 중량에 대하여 1~10%의 범위에서 1%씩 첨가량을 늘리고, 실제로 시멘트에 혼합시켜 발현되는 색채를 색견본 카드화한 것이다.

칼라 콘크리트의 색은 도장분야에서 사용되고 있는 색의 범위

* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원



a. Saint James Church Addition(Johnson City, NY) b. Onondaga County War Memorial(Syracuse, NY)

그림 1. 칼라 콘크리트의 적용 예

와 같이 폭넓은 것은 기대할 수 없다. 도장의 경우는 주로 착색재(안료)의 색이 나타나고, 균일하고 명도와 채도가 높은 표면을 얻게 된다. 한편, 콘크리트에 직접 착색재(안료)를 첨가하여 색을 얻는 경우에는 사용 가능한 안료의 종류가 한정되고 있으며, 도장에서 얻어지는 표면과는 다른 상태이므로 이와 같은 점에 유의하여 칼라 콘크리트의 색을 선택해야 한다.

3. 칼라 콘크리트의 재료

3.1 시멘트

포틀랜드 시멘트가 회록색을 나타내는 것은 클링커(clinker) 중에 함유되는 Fe_2O_3 , MgO 의 요인인데, 주 요인은 철분으로서 MgO 성분만으로는 착색하지 않는다. 칼라 콘크리트에 사용되는 시멘트는 일반적으로 백색 시멘트와 칼라 시멘트이다.

3.1.1 백색 시멘트

백색 시멘트는 클링커 중의 산화제이철(Fe_2O_3)의 함유량을 크게 줄여, 보통 포틀랜드 시멘트나 조강 포틀랜드 시멘트와 같은 회록색을 백색화한 것이다. 백색 시멘트의 색조는 원연료 중의 미량성분, 소성분위기, 냉각방법 및 분쇄방법의 영향을 받아 청·녹·황 등의 색채를 얻을 수 있다.

색조에 영향을 주는 미량성분은 주로 Cr, Mn, Fe의 3성분이며, Cr, Mn은 C_3S , C_2S 등의 실리케이트 상의 청색 또는 녹색의 발색에, Fe 특히 3가 Fe는 C_3A 나 C_4AF 등의 간극상(間隙相)의 황색에 관계하며, 이들 구성광물의 색조가 종합되어 백색 시멘트의 색조가 결정된다.

또한, 소성분위기나 냉각 개시 온도는 상기 Cr, Mn, Fe의 이온가(價)나 각 광물상으로서의 고용(固溶)을 변화시키므로, 색조에 영향을 미친다

한편, MgO 나 CaF_2 등의 광화제(鑛化劑), 클링커 소성의 용접

을 저하시키기 위한 성분)도 백색 시멘트의 색조에 영향을 미친다. 이들의 함유량이 증가하면 실리케이트상의 Cr 고용량이 감소하고, 클링커의 발색(녹색감)이 저하한다.

따라서 MgO 나 CaF_2 등의 광화제를 첨가하는 것은 백색 클링커의 색조 조절에 유효하다.

3.1.2 칼라 시멘트

칼라 시멘트는 ① 착색 클링커의 소성, ② 백색 클링커와 그의 포틀랜드 시멘트의 클링커 분쇄시에 안료를 첨가 ③ 백색 시멘트나 그 밖의 포틀랜드 시멘트에 안료를 혼합하는 3종류로 분류할 수 있으나, 제조기술, 균일성, 색조관리, 제조량의 측면에서 ③의 방법이 일반적으로 채용되고 있다.

칼라 시멘트에 이용되고 있는 안료는 내후성이나 내알칼리성 등의 조건을 충족하는 무기안료가 최적이라 할 수 있다(3.2 참조).

3.2 착색재

일반적으로 콘크리트용 착색재로서는 다음과 같은 성능이 요구된다.

- ① 물에 용해되지 않고 잘 분산할 것
- ② 내알칼리성일 것
- ③ 내광성과 내후성이 강할 것
- ④ 입자가 미세할 것
- ⑤ 콘크리트의 물성을 현저히 저하시키지 않을 것
- ⑥ 착색력이 있을 것
- ⑦ 불순물을 함유하지 않을 것
- ⑧ 경제적일 것

또한, 제품에 따라 증기양생이나 오토클레이브 양생을 시킬 경우에 사용되는 안료는 $250^\circ C$ 정도의 고온에서의 안정성이 요구되기도 한다. 그밖에도 착색된 콘크리트 제품의 사용환경 조건에 따라 요구되는 성질이 각각 다를 수 있다.

넓은 의미에서 착색재는 염료와 안료로 대별할 수 있다. 염료란 물과 유기용매에 용해하여 분자의 상태로 착색하는 것이며, 안료란 물과 유기용매에 용해하지 않고, 그 입자가 분산하여 착색하는 것을 말한다. 또 안료에는 화학조성상의 분류로서 무기안료와 유기안료가 있다.

콘크리트를 착색하기 위해서는 골재와 같이 배합수에 용해하지 않으면 콘크리트의 표면에서 용출되기 때문에 염료(물에 용해하는 것)는 부적당하다.

유기안료는 강알칼리성에 대하여 내구성이 없는 것이 대부분이며, 옥외에 방치되는 콘크리트에 직접 배합되어 착색하는 용도에는 사용할 수 없다. 따라서 이와 같은 착색목적에는 무기안료가

표 1. 포틀랜드 시멘트의 혼합용 착색재

색의 계통	명 칭	발색성분
빨 강(赤)	합성산화철	Fe ₂ O ₃
빨 강(赤)	벤가라	Fe ₂ O ₃
노 랑(黃)	합성산화철	Fe ₂ O ₃
노 랑(黃)	합성산화철	Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
녹 색(綠)	산화크롬	Cr ₂ O ₃
녹 색(綠)	시멘트 Green	황토에 염착
파 랑(靑)	군 청	2Al ₂ Na ₂ Si ₂ O ₁₀ Na ₂ O ₄
파 랑(靑)	Futal Cyannin Blue	유기염료
가지색(紫)	자산화철	Fe ₂ O ₃ 의 고온 산화철
검 정(黑)	Carbon Black	C
검 정(黑)	합성산화철	Fe ₂ O ₃ ·Fe ₃ O

표 2. 무기안료와 유기안료의 일반적인 비교¹⁾

	색 조	색 수	착색력	내광성	내후성	알칼리성
무기안료	약간 떨어짐	한 정	소	중~대	중~대	중~대
유기안료	선 명	풍 부	대	소~중	소~중	소~중

적합하다고 할 수 있다. 표 2에 무기안료와 유기안료의 일반적인 성질을 비교하여 나타내었다.

안료가 장기간에 걸쳐서 변색·퇴색하지 않는가를 판정하는 시험방법에는 도료나 플라스틱의 내후성을 평가하는 촉진 시험방법이 이용될 수 있다.

그러나 콘크리트와 같이 일반적으로 옥외에서 사용되는 경우에는 기후조건이 복잡하게 겹쳐 있어서 그것을 재현하는 것은 현실적으로 어려운 점이 많다. 이 때문에 보다 신뢰성 있는 데이터를 얻기 위해서는 안료를 첨가한 콘크리트 공시체를 제작하여 실제로 여러 가지 기후조건에 장소에 방치하고 장기 관찰하는 방법이 권장된다.

3.3 골 재

골재는 콘크리트 용적의 70% 정도를 차지할 만큼 그 점유비율이 높으므로 칼라 콘크리트의 색조에 큰 영향을 미치게 된다. 골재는 일반 콘크리트용 골재이어도 상관없으나 보다 색채감을 높이기 위해서 골재를 씻거나 유색 골재를 사용하는 것이 좋다.

한편, 노출 콘크리트인 칼라 콘크리트의 경우에 굵은골재의 최대크기는 25mm보다 20mm 또는 13mm가 유리하다.

골재의 성분 중 SiO₂가 증가하면 무색광물이 다수 포함되어 있는 것으로 백색을 띄며 그 예로는 안산암과 화강암이 있다. 반대로 SiO₂가 감소하면 유색광물의 포함비율이 큰 것으로 흑색을 띄며 그 예로는 현무암이 있다.

4. 칼라 콘크리트의 제조 및 시공관리

4.1 칼라 콘크리트의 착색방법

착색 콘크리트의 색조에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 시멘트 입자 사이에 안료 입자를 균일하게 분산시키는 혼합 분산기술이다. 골재와 물을 혼합하고 난 후에는 안료가 균일하게 분산되는 효과가 작기 때문에 시멘트 분말과 안료를 먼저 혼합하는 것이 능률적이다.

4.1.1 시멘트와 안료의 혼합

시멘트와 안료를 정확히 중량 계량하여 혼합하여도 사용하는 혼합장치와 혼합시간에 따라 착색효과는 달라진다.

시멘트의 착색은 시멘트 입자 주위에 그 보다 더 미세한 안료 입자를 분산시켜 착색효과를 얻는 것이기 때문에 안료를 균일하면서 단시간 내에 분산시키는 것이 중요하다. 실제로는 육안으로 보이는 농도의 차이나 얼룩집이 없고, 충분한 재현성을 갖는 혼합방법을 택하는 것이 바람직하다.

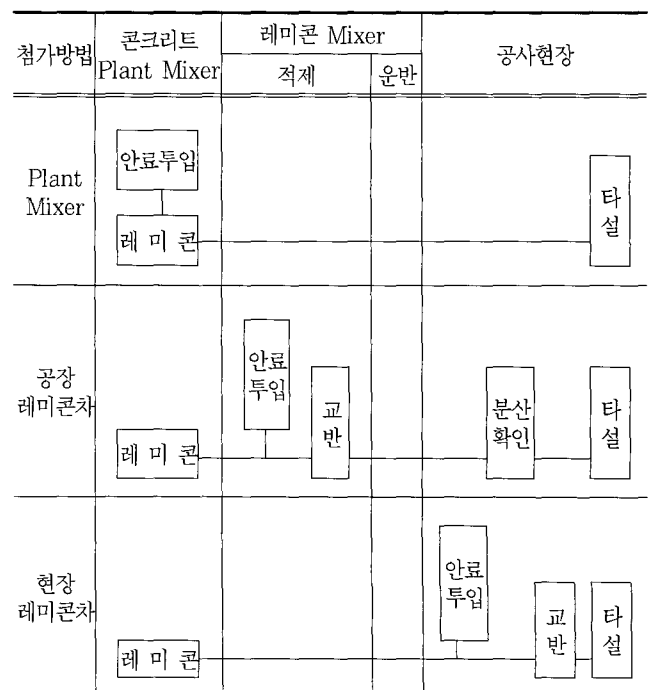
4.1.2 안료의 혼합량

시멘트에 혼화하는 착색재는 일반적으로 10%(시멘트 중량비) 정도가 한계이며, 그 이상 혼화할 경우 시멘트나 콘크리트의 물성에 악영향을 주게 된다.

특히 carbon black과 같이 비표면적이 큰 안료는 반죽질기에 큰 영향을 미치기 때문에 적정 첨가량은 3% 이하로 제한된다.

천연안료는 합성안료보다 단위첨가량에 대한 착색력이 낮다.

표 3. 칼라 콘크리트의 안료 첨가방법¹⁾



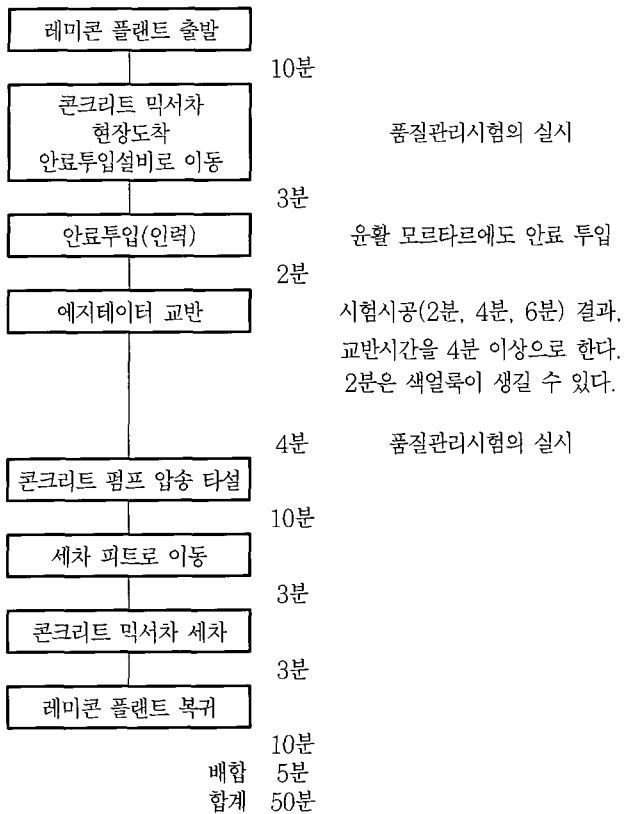


그림 2. 칼라 콘크리트의 시공 프로세스⁶⁾

안료의 종류에 따라서는 5~8%의 첨가량으로 발색(發色)의 포화점에 달하게 되며, 1~3%의 첨가량 사이에서 급격히 발색농도가 상승하므로 이 범위 내에서 색조의 조절, 즉 안료의 첨가량(계량)을 결정해야 한다.

안료의 입경은 시멘트보다 훨씬 작기 때문에 안료의 혼화에 의해 콘크리트의 수량을 증가시키게 되고, 결국 물-시멘트비가 커져서 강도가 저하하는 경향이 일반적이다. 그러나 시멘트량의 5~6% 정도까지는 콘크리트가 굳기 전후의 물성에 미치는 영향은 거의 없으며 10%까지는 실용상 영향을 주지 않는다. 또한, 색의 포화점이 5~8%인 점을 감안할 때 경제성의 측면에서도 10% 이상 첨가하지 않는 것이 요구된다.

4.2 칼라 콘크리트의 표면처리 방법

칼라 콘크리트는 수밀한 거푸집을 이용하여 노출 콘크리트로 마무리하며, 경우에 따라서는 치장 거푸집을 이용하여 문양을 줄 수 있다. 또한, 대리석이나 화강암 등의 쇄석을 골재로 하고 백색 또는 칼라 시멘트를 사용한 콘크리트를 연마해서 대리석 같이 마무리하는 테라조 마무리 방법이 가장 일반적이다.

최근에는 콘크리트 배합시에 안료를 첨가하여 색조를 나타내는 방식 이외에 콘크리트 타설 후 굳지 않은 상태 및 굳은 상태에서 색조를 연출하는 공법도 칼라 콘크리트의 범주에 포함시키고 있다. 다음은 그 대표적인 예를 열거한 것이다.

4.2.1 스템프 패턴

콘크리트 일체식 공법으로 콘크리트 타설 및 레벨링 작업 후 칼라 시멘트와 박리제를 표면에 도포 후 자연석 질감이 각인된 특수 매트로 굳지 않은 콘크리트 면을 눌러주어 원하는 질감으로 마무리하는 방법.

4.2.2 스템실 패턴

콘크리트 일체식 공법으로 타설 및 수평작업 후 굳지 않은 콘크리트 표면에 스템실 문양지를 롤러 등으로 부착한 후, 칼라 시멘트를 살포하여 타일, 벽돌, 석판의 색상과 질감으로 마무리하는 방법.

4.2.3 폴리머 패턴

신규 양생된 콘크리트 바닥이나 기 시공된 노후바닥에 칼라 시멘트나 안료, 특수 수지를 고속드릴로 혼합한 뒤, 스프레이 기법

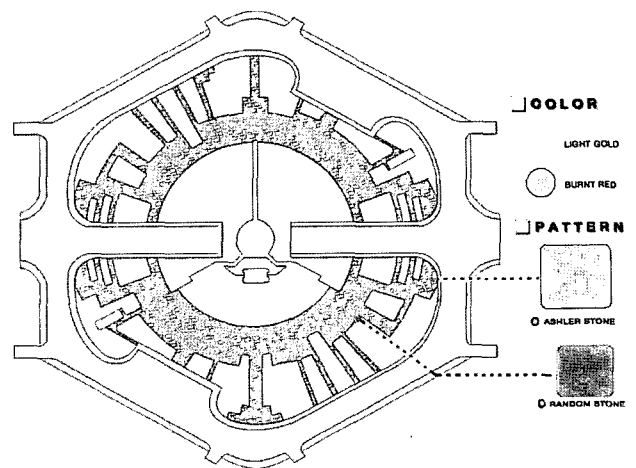


그림 3. 스템프 패턴을 이용한 칼라 콘크리트의 시공 예⁶⁾

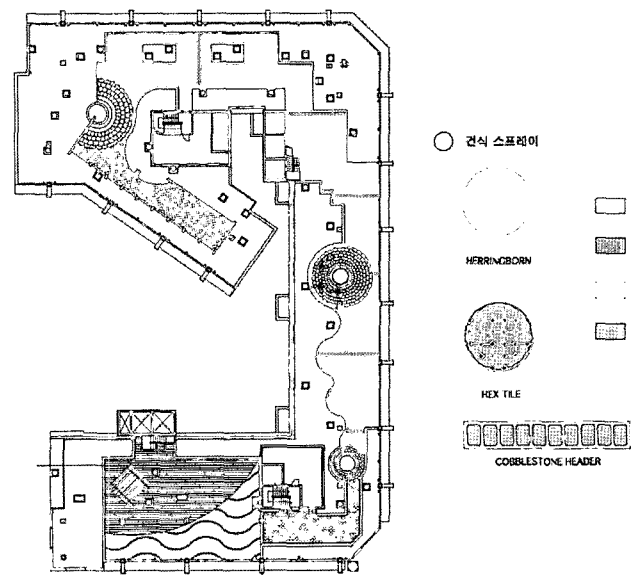


그림 4. 스템실 패턴을 이용한 칼라 콘크리트의 시공 예⁶⁾

을 이용하여 색상과 질감 그리고 원하는 문양의 디자인을 표현하는 방법.

4.2.4 휘니셔 시스템

콘크리트 일체식 공법으로 콘크리트 타설 및 수평작업 후 갈라 시멘트를 굳지 않은 콘크리트 표면에 도포한 후 휘니셔, 쌍발기 등으로 콘크리트 표면을 반복적으로 다짐과 광택작업을 행하여 침투강화 코팅작업으로 마무리하는 방법.

4.3 사용상의 주의점

갈라 콘크리트는 그 제조 및 시공에 있어서 시멘트와 골재의 종류 및 색, 물-시멘트비, 혼합시간, 혼합방법, 양생조건 및 시간, 성형기의 종류 및 거푸집의 종류 그리고 이들의 복합적 작용에 의해 동일 첨가량의 안료를 사용한 경우에도 동일한 색조의 제품이 얻어지지 않는 경우가 많으므로 품질관리에 각별한 주의가 필요하다.

시공관리적인 측면에서는 우선 형틀의 재질, 형틀 내의 청소, 박리제의 도포상태에 따라서 더러워지기도 하고, 균열 등이 생기기도 한다. 또한, 콘크리트를 보수하는 경우 갈라 콘크리트의 모재 색조에 맞추는 어려움이 있다. 이러한 이유에서 일상보다 한층 더 고도의 관리수준이 요구된다.

또한, 골재는 이토분(泥土分)이 적은 청정한 골재를 사용해야

하며, 콘크리트의 착색재적 작용을 하는 잔골재의 색조는 가능한 유사한 색의 것을 사용하는 것이 바람직하다.

믹서 내부는 사전에 잘 청소·수선하고, 콘크리트의 배합시간은 통상보다 약간 길게 하여 균일하게 배합하는 것이 요구된다.

형틀은 녹의 발생이 없고, 콘크리트 마감면의 평활도를 확보하기 위해 합성 패널이 많이 이용되고 있으나, 스틸렌이나 우레탄계의 수지로 표면처리 된 것이 바람직하다. 또한, 박리제가 표면에 영향을 미치는 것도 있으므로 그 종류와 양에 대해서도 검토하는 것이 필요하다.

갈라 콘크리트 표면을 아름답게 마감하기 위해서는 백화를 적게 하는 것이 중요하다. 백화방지를 위해서는 다음의 사항에 주의할 필요가 있다.

- ① 수량을 가능한 적게 하고, 밀실하게 되도록 충분히 다짐한다.
- ② 적절한 간격으로 줄눈을 설계하여 균열을 방지한다.
- ③ 표면처리제(아크릴계 수지 등)를 사용한다.
- ④ 백화의 발생이 쉬운 저온·다습한 조건 등에서의 시공을 피한다.

5. 갈라 콘크리트의 특성 및 용도

5.1 콘크리트의 물성에 미치는 영향

백색 시멘트의 분말도는 보통 시멘트와 조강 시멘트의 중간 정도이며, 응결은 이들보다 늦다. 또한, 백색 시멘트는 보통 시멘트와 비교하여 C₃A가 약 4% 많기 때문에 조기 강도 발현 타입의 시멘트이며, 강도는 조기재령에서는 조강 시멘트에 가깝고, 장기재령에서는 보통 콘크리트와 동등한 정도이다. <표 4>는 백색 시멘트의 물리적 성질을 나타낸 것이다.

갈라 시멘트도 백색 포틀랜드 시멘트를 베이스로 하므로 그 성질은 기본적으로 보통 포틀랜드 시멘트와 동등하다고 생각해도 좋다. 다만, 갈라 시멘트의 색이 농후하여 안료의 첨가량이 많은 경우에는 강도를 저하시키며, 급결이나 응결지연을 일으키므로 주의할 필요가 있다. <표 5>는 백색 시멘트의 중량에 대한 안료 첨가비율을 10%로 하여 제작한 모르타르의 강도시험 예를 나타낸 것이다.

5.2 갈라 콘크리트의 경시변화

갈라 콘크리트에서 안료 자체에 의한 성능저하는 무시될 수 있는 것으로 입증되고 있다. 그러나 백화나 외관의 오염은 색상에 따라 통상의 콘크리트보다 두드러지게 나타난다.

이에 대한 대책으로서, 콘크리트가 노출되는 환경과 그 목적에 따라 설계단계에서 경시변화를 고려해 넣은 후 색을 선택하는 것

표 4. 백색 시멘트의 물리적 성질³⁾

시멘트 종류	비 중	분말도 비표면적 (cm ² /g)	응 결			압축강도 (kgf/cm ²)			
			수 량 (%)	초 결 (시-분)	종 결 (시-분)	1일	3일	7일	28일
백 색	3.06	3690	28.1	3-05	4-10	85	188	266	414
보 통	3.16	3170	27.7	2-35	3-45	-	148	257	423
조 강	3.14	4420	29.1	2-06	3-01	138	261	363	478

표 5. 안료를 첨가한 백색 시멘트의 강도시험 예³⁾

종 류	무첨가	모르타르 압축강도비			
		1일	3일	7일	28일
黄	○수산화철	97	99	103	97
	○합성 산화철	82	86	91	85
青	○코발트 블루	100	81	82	87
	○Futal Cyannin Blue	60	56	59	65
綠	○균청	80	82	93	90
	○산화크롬	98	102	108	93
赤	○Futal Cyannin Green	75	80	76	80
	○산화철	93	100	106	101
黑	○산화철	87	87	96	89
	○Carbon Black	79	87	97	89

* 1. ○은 일반적으로 시멘트에 사용되는 안료
2. 안료는 백색 시멘트의 중량에 대한 10% 첨가

을 들 수 있다. 또한, 표면의 질감(texture)을 평활면에서 모래 분사(sand blast)로 거칠게 마무리하면 오염 등의 외적요인에 의한 색의 극단적인 변화를 억제할 수 있다.

한편으로 석재나 목재 등과 같이 천연소재를 사용한 경우에는 그 색채가 주변의 자연환경에 무리 없이 조화한다고 할 수 있으므로, 콘크리트 자체의 색채와 표면 질감을 잘 조합시켜 천연의 소재와 같이 표현할 수 있으면 외적 요인에 의한 오염과 변화가 있어도 보는 사람에게 강한 불쾌감과 위화감을 주지 않을 것이다.

5.3 칼라 콘크리트의 용도

칼라 시멘트는 ① 각종 건조물의 내·외부, 바다 등의 모르타르 치장마감, ② 타일 줄눈, ③ 포장용 블록, 보도용 평판 블록, 호안(護岸) 블록 등의 각종 블록, ④ 테라조, ⑤ 노출 콘크리트, 콘크리트 커튼월 등 다방면에 이용되고 있다.

최근에는 모래 분사, 연마 등의 방법에 의해 블록 표면을 가공한 고급 마감에도 이용되고 있다. 이 경우에 블록은 2층 구조이며, 기저부에 보통 시멘트를 표면의 노출된 층에 고가의 백색 시멘트나 칼라 시멘트를 사용하고 있다.

또한, 아스팔트 콘크리트 포장에서 연속적 하중이나 고온에 의한 변형, 유류에 의한 오손을 개선하기 위해 조립도(粗粒度) 아

스팔트 콘크리트의 공극에 폴리머 시멘트계 슬러리를 충전, 경화하는 공법이 이용되고 있다. 최근 이 슬러리의 베이스 시멘트를 칼라 시멘트로 치환하여, 아스팔트의 개량과 표면마감을 동시에 행하는 것도 시도되고 있다.

6. 결론

이상, 칼라 콘크리트의 특성과 활용분야에 대해 개략적으로 기술하였다. 칼라 콘크리트는 도시의 삭막한 환경을 완화시키고, 종래의 콘크리트에 새로운 감성을 가져올 수 있는 응용분야이다. 최근에는 실리카폼의 첨가에 의해 칼라 콘크리트의 표면 열화가 개선되는 것이 보고되고 있으며, 신소재의 적용에 의해 큰 진전이 이루어지고 있다.

그러나 칼라 콘크리트의 실용화를 촉진하기 위해서는 소재의 변동에 따른 콘크리트의 물성 규명, 시공상의 요건과 시공 후의 오염 대책 제시 등 각종 과제가 산재되어 있다.

따라서 여러 분야의 협력을 통해 많은 개선과 연구개발을 추진하는 한편, 설계단계부터 경관설계의 개념을 도입하는 등, 칼라 콘크리트의 안정된 보급을 위해 노력해야 할 것이다. □

참고문헌

1. 쌍용양회공업주식회사 중앙연구소, Color Concrete의 착색기술의 현상과 과제, 쌍용기술정보 Vol.18 No.6, 1994.
2. 武山 信, 土木施工 Vol.29 No.2, 1988, pp.76~80.
3. 内田郁夫, 建築用セメント: 纖維補強コンクリート用セメント, カラーセメント, 셀프레벨링材, セメントコンクリート No.535, 1991.
4. 栗山昌人·河合紀·山盛武, “熱硬化性着色混合物を用いたカラー舗装”, 主要地方道堀田高岳線, 舗装 Vol.29, No.11, 1994.
5. 笠原彰彦·根本信行, “カラー排水性舗装”, 舗装 Vol.29 No.11, 1994.
6. T. Masuda, Color concrete construction works in Ttans-Tokyo bay highway(kawasaki Overland Section), 콘크리트工學 Vol.33 No.10, 1995.
7. 日經建築, Color concrete house, Nikkei Business Publications, Inc., 日經アキテクチュア, No.646, 1999.
8. 뉴텍매써드, www.new-teck.co.kr/디자인 사례.

표 6. 칼라 콘크리트에 관한 과제¹⁾

계획·설계단계	1. 경관설계의 예산화 2. 통일성 있는 설계 개념 3. Color Planning 수법의 확립
제조단계	1. 제조공정의 개선, 간략화 2. 칼라 시멘트, 칼라 골재의 다용화
시공단계	1. 시공관리 철저, Manual화 2. 형틀의 개선, 특수 치장 거푸집과의 조합 3. 대형 2차 제품화
기 타	1. 백화현상의 인식과 그 대책 2. 경년변화에의 대책