

안료의 혼입에 따른 블랙모르타르의 유동성 및 응결시간에 관한 연구

A Study of Black Mortar Fluidity and Setting Time by Mixing of Pigment

장 홍 석* 문 경 주** 소 승 영*** 소 양 섭***
Jang, Hong Seok Mun, Kyoung Ju So, Seung Young Soh, Yang Seob

ABSTRACT

Color concrete utilizes peculiar texture and color sense in external appearance actively as a finish. But, this color concrete is essential use of pigment for required color revelation, and color concrete from mixing of this pigment are different existent achromatic color concrete and basic properties of matter. this study progressed slump test and setting time examination through mortar injection resistance examination of mortar that mix Pigment.

요 약

최근 미관에 대한 새로운 요구가 증대되고, 건축가들의 의도에 따라 각종 색상, 질감, 형태 등의 디자인 요소를 콘크리트 구조물에 반영하여 아름다움을 추구하는 경향이 증가하고 있다. 특히 안료를 혼입하여 착색한 컬러콘크리트는 콘크리트가 가지는 본래의 구조적 기능뿐만 아니라 그 자체를 마감재로 활용함으로써 고유한 질감과 색감을 적극적으로 외관에 활용한 것으로 그 수요가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 이러한 컬러 콘크리트는 소요의 색상발현을 위하여 무기계 콘크리트용 안료의 사용이 필수적이며, 이러한 안료의 혼입으로 인하여 컬러콘크리트는 물성이 변하게 된다. 이에 본 연구는 일반 OPC(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC), 백색시멘트(White Cement, 이하 WC), 산업부산물을 활용한 백시멘트(Non-White Cement, 이하 NWC)를 바인더로 색상의 가장 기본이 되는 검정 모르타르 시험체를 제조하여 안료의 혼입에 따른 모르타르의 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로우 시험과 모르타르 관입저항 시험을 통한 응결 시간 시험을 진행하여 안료를 혼입한 검정 모르타르의 기초 물성을 평가하였다. 연구 결과 안료의 혼입량의 증가에 따라 슬럼프 플로우 값은 저하하는 경향을 보였으며, 특히 사용하는 안료의 종류에 따라 큰 차이를 보였다. 또한 색상 발현을 위해 안료의 혼입량이 증가할수록 비표면적과 응집력 등 사용된 안료의 특성에 따라 초결, 중결 시간이 변화함을 확인 하였다.

*정회원, 전북대학교 건축공학과 박사과정

**정회원, (주)한일 부설연구소 소장, 공학박사

***정회원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수, 공업기술연구센터, 공학박사

1. 서 론

본 연구는 컬러콘크리트의 주재료로 사용되는 안료의 혼입에 따른 모르타르의 기초 물성변화를 확인하기 위하여 안료를 혼입한 컬러모르타르를 제조하고 안료 혼합비율에 따른 모르타르의 유동성 및 응결정도를 분석하였다. 또한 최근 개발되어 그 활용이 가능한 산업부산물을 이용한 백색시멘트의 칼라콘크리트로서의 활용 가능성을 확인하고자 보통 포틀랜드 시멘트 및 백색시멘트와의 유동성 및 응결에 관한 기초적인 물성을 비교실험 하였다.

2. 실험개요

2.1. 사용재료 및 배합

본 실험은 보통 포틀랜드시멘트(OPC), 시중에서 판매되는 U사의 백시멘트(WC)와 산업부산물을 활용한 백색시멘트(WNC)의 사용재료로 K제철에서 발생하는 고로슬래그 미분말(Granulated Blast Furnace Slag, 이하 GBFS)을 주재료로 사용하였다. 또한 고로슬래그 미분말의 수화반응 유도를 위한 알칼리 자극제로 소석회(Slaked Lime, 이하 SL)와 인산석고(Gypsum of Phosphoric acid, 이하 GP)를 사용하였다. 또한 검정색상 발현을 위한 독일 L사의 검정무기안료(Inorganic Pigment)와 혼합용 안료로 카본블랙(Carbon Black)을 사용하였다.

표 1. 바인더의 사용재료 및 안료 배합비율

Type	Cement	GBFS	GP	SL	안료 배합비율(바인더 비)		
					Number	Carbon Black	Inorganic Pigment
OPC(O)	1000	-	-	-	0	-	-
WC(W)	1000	-	-	-	1	1%	5%
NWC(N)	-	870	120	10	2	3%	5%
					3	3%	10%

2.2. 실험방법

색상의 기초인 백색과 검정색의 칼라콘크리트를 제조하기 위해 혼합용 안료로 카본블랙과 무기안료를 첨가해야만 하나 시멘트 중량비 최대 10%가 한계인 일반 무기안료와는 달리 카본블랙은 비표면적이 큰 안료로 반죽질기 및 기타물성에 큰 영향을 미치며, 대기 중에 노출될 경우 탈색 및 내구성 저하가 우려되어 적정 첨가량은 3%이하로 제한되므로 재료배합 시 그 첨가량을 최대 3% 제한하여 표 1과 같은 배합비율을 결정하였다. 검정 모르타르는 안료에 원재료가 충분히 혼합되도록 결합제에 안료를 용해시킨 물(W/C 48.5%)을 가해 골재(2450)와 혼합하였고 이를 KS F 2594 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로 시험 방법을 이용하여 측정된 뒤 KS F 2436 응결 시간 시험방법을 적용하여 매 30분 간격으로 관입저항 값을 측정하였다. 관입저항 측정시 저항 침의 직경은 6.4mm로 하였으며, 초결시간은 관입저항이 3.5MPa(Peak 11.2)가 될 때까지, 종결시간은 관입저항이 28MPa(Peak 98)가 될 때까지의 시간까지의 소요되는 시간으로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

일반적으로 콘크리트 착색용 무기안료는 그 물성에 의하여 바인더양의 5~6% 정도까지는 모르타르가 굳기 전후의 물성에 미치는 영향은 거의 없으며, 10%까지는 실용상 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있다. 그러나 콘크리트 착색에 쓰이는 안료는 일반적인 무기안료 이외에 유기안료 및 카본블랙 등이 쓰이며 그 종류에 따라 입자경, 응집력, 밀도 및 비표면적 등에 의하여 혼입 시 모르타르의 수화속도, 응결, 워커빌리티 등의 물리적인 성질에 영향을 줄 수 있다.

표 2. 안료의 종류에 따른 기초 물성

안료	입자경(μm)	입자간 응집력	비표면적	표면물성		
				극성	표면장력	친유성
무기안료	0.1~0.5	극소~소	소~중	대	대	소
유기안료	0.1~0.5	소~중	중~대	소~중	소~중	중~대
카본블랙	0.0005~0.05	중~대	극대	소	소~중	대

3.1. 슬럼프 테스트

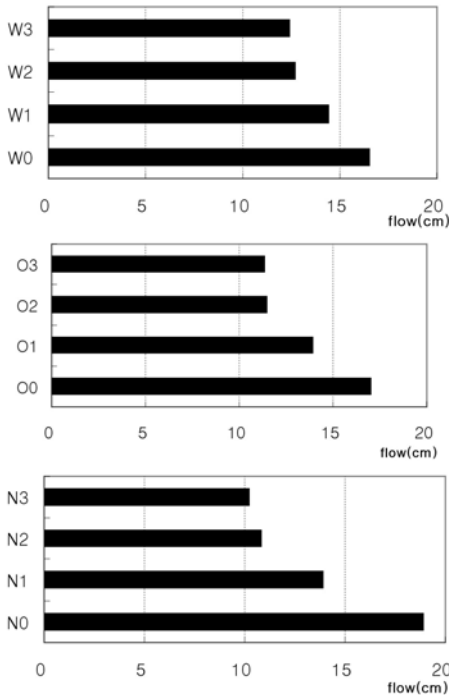
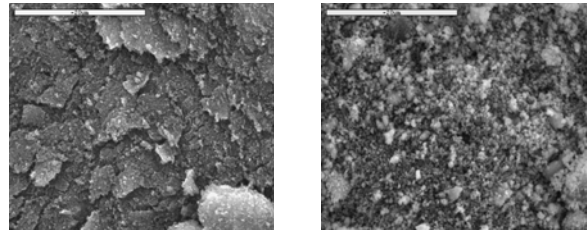


그림 1. 공시체 종류에 따른 배합비율

그림1 은 각 시험체의 슬럼프 플로우 테스트 결과를 나타내었다. 3타입의 시험체 모두 안료의 혼입에 의해 슬럼프 값이 저감되는 경향을 보였으며, 특히 무기안료의 혼입율에 따른 슬럼프 값의 변화정도에 비하여 카본블랙의 혼입율에 따른 변화가 상대적으로 큰 경향을 나타내었다. 이는 일반 무기안료와는 달리 카본블랙이 95% 이상의 무정형 탄소질로 이루어지는 미립자 형태로 표 2 에서 나타내는 것과 같이 다른 안료에 비하여 비표면적이 크고 입자간 응집력이 크기 때문에 판단되었다.



Carbon black

Inorganic pigment

그림 2. SEM image(X 5,000)

3.2 응결 테스트

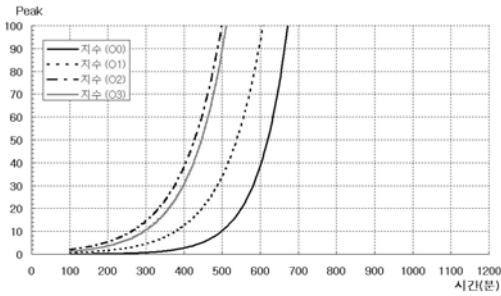


그림 3. OPC의 안료혼입에 따른 관입저항

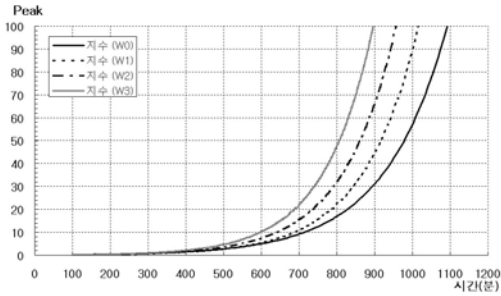


그림 4. WC의 안료혼입에 따른 관입저항

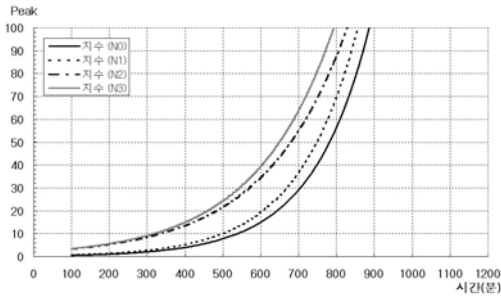


그림 5. NWC의 안료혼입에 따른 관입저항

그림 3,4,5는 30분 간격으로 측정된 각 시험체의 관입 저항값을 분산형 그래프화하여 지수함수의 추세선으로 도표화 한 것이다. 전체적으로 OPC가 WC와 NWC에 비하여 응결이 빠르게 진행되었고 3타입 모두 안료의 혼입이 없는 시험체가 응결이 가장 늦은 경향을 보였다. 또한 안료의 혼입률이 가장 많은 시험체가 대체적으로 응결속도가 빠른 경향을 나타내었다. OPC의 경우 안료의 혼입에 따라 초결은 150~230분, 종결은 70~200분 빨라졌으며, NWC의 경우 초결은 10~180분 종결은 20~100분으로 OPC에 비하여 안료의 혼입에 따른 각 시험체의 응결시간의 차이가 상대적으로 적게 나타났다.

4. 결론

- (1) 컬러 콘크리트 제조시 유동성의 차이는 안료의 혼입량보다 사용되는 안료의 종류에 상관관계가 크며, 특히 혼입시 물성변화가 거의 없는 무기안료에 비하여 비표면적이 크고 응집력이 강한 카본블랙이 물성변화에 영향력이 큰 것으로 판단되었다.
- (2) 초기 모르타르의 응결은 안료의 혼입량보다 바인더의 종류에 상관관계가 크며, 일반적으로 안료의 혼입률이 많아질수록 응결시간이 단축되는 경향을 보였다.
- (3) 컬러콘크리트는 안료의 종류와 양에 따라 그 물성변화가 크며 시공 후의 오염 대책 및 백화현상 방지를 위한 각종 과제가 산재되어 있으며 이의 개선을 위한 연구개발의 추진이 필요하겠다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. 이문환, “칼라 콘크리트의 제조기술 및 활용”, 한국콘크리트학회지 제15권 1호, 2003, pp.43-48
2. 이승훈, 김규동, “한남동 아동교육 문화센터 블랙 칼라 콘크리트의 배합설계 및 시공기술”, 한국콘크리트학회지 제 16권 3호 2004, pp 50-57
3. 문경주, “산업폐기물을 이용한 비소성 시멘트 및 콘크리트의 특성”, 전북대학교 대학원 박사 학위논문, 2004