

한남동 아동교육 문화센터 블랙 칼라 콘크리트의 배합설계 및 시공기술

"Hannam-dong Juvenile Education Culture Center"
- Mix Design of Black Concrete and Application Technology -



이승훈*

Lee, Seung Hoon



김규동**

Kim, Gyu Dong



정삼룡***

Chung, Sam Yung



손명식****

Son, Myoung Sik

1. 서 론

서울특별시 한남동에 위치한 "한남동 아동교육 문화센터"는 사회공익시설로써 세계적인 건축가 Rem Koolhaas가 설계하였으며, 구조물 외벽이 블랙 칼라(black color) 노출 콘크리트로 설계된 상징적인 건축물이다.

최근 들어 건축 설계자의 의도에 따라 콘크리트의 질감, 색상, 형태 등의 디자인 요소를 구조물의 특성에 맞게 다양한 콘크리트를 설계에 반영하는 큰 추세에 있으며, 당 현장의 경우 세계적인 건축가의 의도에 따라 블랙 칼라 콘크리트가 건물 외벽 제물마감에 적용된 상징적 건축물로서 국내 건축사적으로 큰 의미를 가진다고 할 수 있다.

본 구조물은 지하 2층, 지상 4층의 구조물로서 지상 1층의 외벽 및 지상 2층의 슬래브가 블랙 칼라 노출 콘크리트이며, 설계자의 의도에 맞는 자연스러운 블랙 칼라 콘크리트의 질감을 표현하는 것이 가장 중요한 시공항목으로 평가되었다.

이에 당 연구소에서는 블랙 칼라 콘크리트에 대한 기본적인 자료조사를 실시하고, 최적의 색상 표현을 위한 사용재료별 실내배합과 여러 차례의 소형부재 제작을 통한 Semi Mock-Up Test를 실시하였으며, 이를 토대로 현장 시공성의 평가와 현장 타설시 발생할 수 있는 문제점을 사전에 검토하기 위해 현장 Mock-Up Test를 수행한 후, 최종적으로 실 구조물 타설을 성공적으로 완수하였다.

본고에서는 박스(box)형 구조물의 전체에 적용되는 구조용 블랙 칼라 콘크리트의 시공성과 공학적인 목표성능을 설정하고, 설계자의 검정색의 표현의지와 목표색상을 표현하기 위해 실시된 블랙 칼라 콘크리트의 제조 및 시공상의 품질관리에 대한 시공 사례를 소개하고 향후 유사한 조건의 특수 콘크리트 배합설계와 구조물 시공에 있어 그 기초 자료로서 활용하고자 한다.

2. 현장 개요

〈표 1〉 및 〈그림 1〉은 당 현장의 개요와 현장 배치도를 나타낸 것이며, 〈사진 1〉은 아동교육 문화센터 전체 모형을, 〈사진 2〉는 블랙 박스 구조물에 대한 모형을 나타낸 것이다.

표 1. 현장 개요

현장명	한남동 예술문화단지개발 "아동교육 문화센터 신축현장"
구조형식	RC & SRC 조
규모	지하 2층, 지상 4층
마감방법	Curtain Wall(알루미늄 + 유리)
용도	미술기획전시장(사회공익시설)
설계자	Rem Koolhaas(OMA사)
시공자	삼성물산(주) 건설부문

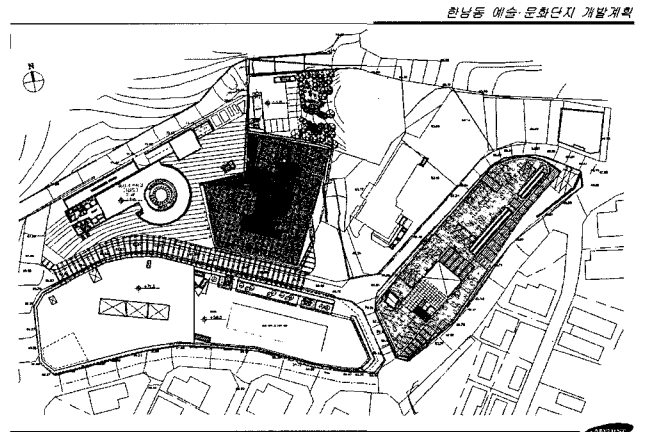


그림 1. 현장 배치도

* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술본부 기술연구소 수석연구원
** 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술본부 기술연구소 선임연구원
*** 삼성물산(주) 건설부문 기술본부 기술연구소 재료연구팀장
**** 삼성물산(주) 건설부문 H-Project 현장소장

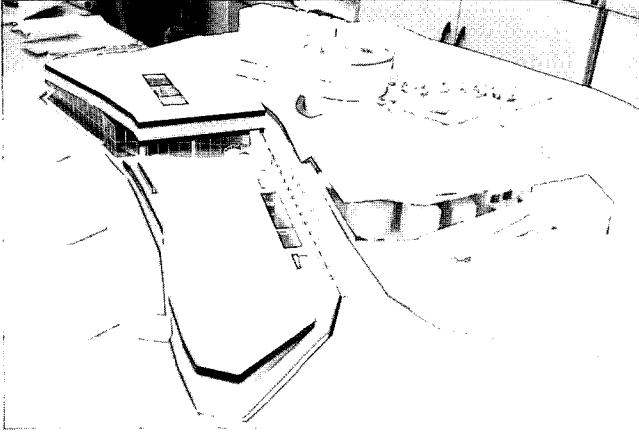


사진 1. 아데온교육 문화센터의 전체 모형

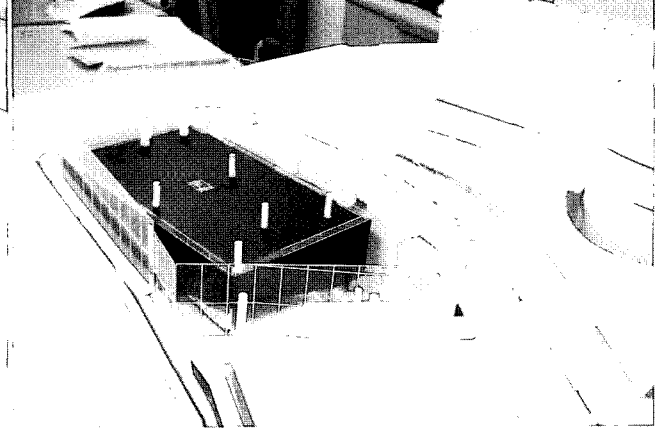


사진 2. 블랙 박스 구조물의 모형

3. Black Concrete의 기본성능

콘크리트의 색상은 밝은 회색을 띠는 것이 일반적이므로, 소요의 칼라 콘크리트를 제조하기 위해서는 인위적인 첨가재를 사용해야 하며, 일반적으로 무기계 콘크리트용 안료를 사용하여 색상을 도출한다. 블랙 칼라 콘크리트의 색상을 표현하기 위해서는 기본적으로 산화철 흑색의 안료를 사용해야만 하며, 설계자의 의도에 맞는 흑색의 명암도 또는 Munsell의 표색계의 색상에 맞도록 그 첨가율을 조절하여 최적의 색상을 도출하고자 하였다.

블랙 칼라 콘크리트를 사용한 노출 구조물은 전 세계적으로도 찾아보기 어려우며, 본 구조물의 설계자인 Rem Koolhaas의 작품으로서 일본 후쿠오카에 있는 "Office for Metropolitan Architecture"의 2개 건물과 LA의 "Prada Project" 등 소수에 불과한 것으로 조사되었지만, 이 구조물들은 블랙 칼라의 표현방식이나 마감방식에서 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

3.1 콘크리트의 기본사항

RC조 구조물용 콘크리트로서의 시공성, 경화특성, 내구성을 고려하여 블랙 칼라 콘크리트의 기본사항을 아래와 같이 변경하였다.

- 설계기준강도 : 27 N/mm² →

30 N/mm² 이상

- 내구설계강도 : 40 N/mm² 이상
- 슬럼프 : 18 cm → 23 cm
(슬럼프 플로우 : 40 ~ 55 cm)
- 조골재 : 25 mm → 13 mm
(벽체 타설, 시공성 고려)

상기와 같이 최초로 설계된 콘크리트의 강도수준이나 슬럼프 및 조골재 조건을 고품질의 구조물 시공을 위해 설계기준강도를 상향시키고, 높이 8 m, 두께 25 cm의 얇은 벽체의 시공성 개선을 위해 13 mm 굵은골재 사용 및 23 cm 이상의 슬럼프로 고유동화하였으며, 블랙 칼라 콘크리트의 백화(efflorescence) 현상에 의한 품질저하를 방지하기 위해 40 N/mm² 이상의 내구성설계를 실시하도록 계획하였다.

3.2 블랙 칼라의 색상 선정

당 건물의 기본설계자인 Rem Koolhaas (OMA사)는 콘크리트를 블랙 칼라로 디자인 하였으며, <그림 2>의 "Munsell의 표색계"상의 1f ~ 2f 정도의 짙은 흑색의 수준을 요구하였다. 이러한 표색계는 도장재, 마감재 등의 색상을 정량적으로 평가하는 방법으로는 유효하지만, 콘크리트는 표색계상의 블랙 칼라의 농도를 표시하거나, 표면의 재질상태, 반사성, 흡수상태의 변동 등에 따라 정량적으로 평가하기가 어려운 실정이었다. 또한, 콘크리트용 무기

계 Black 안료를 적정량 이상 혼입하여 사용하여도 설계자가 요구하는 블랙 칼라 농도에는 미치지 못하여 산화철 흑색안료 이외에 Carbon Black을 함께 첨가하여 소요의 색상을 표현하고자 하였다.

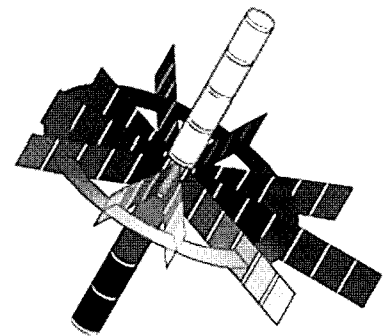


그림 2. Munsell의 표색계

4. Black Color Concrete의 제조

4.1 사용재료

4.1.1 무기계 콘크리트용 안료

블랙 칼라 콘크리트용 안료는 독일산을 사용하였으며, 그 물성은 <표 2>에 나타내었다. 본 안료는 칼라 콘크리트용으로서 콘크리트의 성능에 영향을 미치지 않는 우수한 제품으로서 그 사용 실적이나 안전성 등이 확인된 제품이다.

4.1.2 CB(Carbon Black)

3.2절에서 기술하였던 바와 같이 설계자의 의도에 맞는 블랙 칼라를 표현하기

표 2. 무기계 콘크리트용 안료(Black Color)

Type	흡수율(g/100g)	밀도(g/cm ³)	Fe ₂ O ₃ (Min. Content)	가용성염화물(%)
330C Black	25	0.8~1.3	88	3.5

표 3. Carbon Black의 물성

화학명	원소기호	Type	순도(%)	비중	pH	분자량
Carbon Black	C	미분	99.0	1.75 ~ 1.85	6.0 ~ 9.0	12.01

표 4. 1종 보통 포틀랜드 시멘트의 물리적 특성

비중	비표면적 (cm ² /g)	응결시간(H:M)		강열감량 (igloss(%))	압축강도(N/mm ²)		
		초결	중결		3d	7d	28d
3.15	3.267	3:55	5:46	0.79	20.2	30.1	41.6

표 5. 화학 혼화제의 물성

Type	성상	주성분	고형분	pH	비중
고성능 AE 감수제	액상	Naphtalene Sulphate	36.7 %	6.15	1.195

최적의 첨가량을 도출할 수 있도록 최적 배합설계를 실시하였다.

4.1.3 시멘트 & 혼화재료

당 현장의 블랙 콘크리트에 사용된 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트였으며, 유동성 확보를 위해 플라이 애쉬와 같은 혼화재료 등에 대한 검토도 실시하였으나, 그 품질의 균일성 문제로 인하여 최종적으로는 1종 포틀랜드 시멘트만을 사용하였다.

블랙 콘크리트에 사용된 화학 혼화재료는 초기 응결 지연 등을 고려하여 나프탈렌계 고성능감수제를 최종적으로 사용하였다. <표 4>는 한국산 1종 보통 포틀랜드 시멘트의 물리적 특성을, <표 5>는 나프탈렌계 고성능감수제의 물성결과를 나타낸 것이다.

4.1.4 골재

조골재는 쇄석, 세골재는 세척사로서, 일반 레미콘에서 사용하는 재료를 사용하였다.

4.2 Black Color 콘크리트의 제조 및 시공 Process

당 현장의 시공조건을 고려하고, 설계자의 블랙 칼라 디자인 요구성을 만족하기 위해, <그림 3>의 배합 및 시공 프로세스(process)를 계획하였으며, 당 현장에서의 블랙 칼라 콘크리트의 제조 및 시공에 있어서 검토되어야 할 사항을 <표 6>에 정리하였다.

4.3 실내실험 및 Semi Mock-Up Test

4.3.1 배합요인 및 실험변수

당초 본 구조물의 규격은 『25-27-18』로서 일반 콘크리트 수준으로 설계가 되어 있었지만, 여러 가지 실험변수를 근거로 실내실험을 실시하여 최종적으로 『13-30-23』 규격으로 현장에 블랙 콘크리트를 공급하게 되었으며, 앞서 언급한 바와 같이 내구성 향상 및 현장 시공성 개선을 목적으로 슬럼프 및 굵은 골재 치수 등을 변

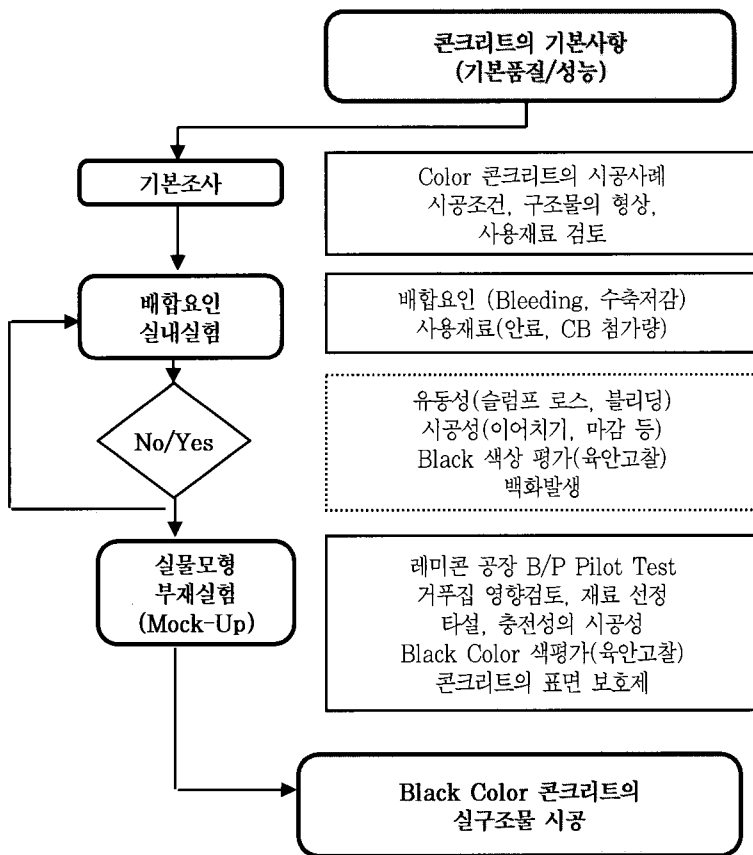


그림 3. Black Color 콘크리트의 제조 및 시공 프로세스

위해서는 반드시 Carbon Black를 첨가해야만 하였으며, <표 3>에 그 기본물성을 나타내었다. 또한 ICBA(International Carbon Black Association)의 품질기준

을 만족하는 제품을 사용하였다. 하지만, 대기 중에 노출된 경우 Carbon Black의 특성상 탈색 및 내구성 저하가 우려되므로, 이러한 문제점을 최소화하는

경하게 되었다. 또한, 최적의 품질을 만족할 수 있도록 <표 7>과 같은 사용재료와 배합요인에 의한 실내배합을 실시하였다.

4.3.2 실내 배합

<표 7>의 실험변수에 의거하여 실시된 대표적인 실내 배합표를 <표 8>에 나타내었으며, 실내배합 결과로서 물성시험 결과와 경화콘크리트의 압축강도 측정결과를 <표 9>에 나타내었다.

<표 8>에서 사전의 예비실험을 통해 블랙 칼라의 색상을 발현하기 위해서는 CB (Carbon Black)의 사용이 필수적이라고 판단되어, 그 첨가율을 0.25%, 0.5%, 1.0% 및 1.5%로 계획하였고, 안료 치환율은 CB 치환율에 맞춰서 각각 5%, 7.5%, 10%로 하여 배합을 실시하였다. 배합 직후의 슬럼프는 실내배합 초기 단계에서는 20cm 전후가 되도록 하였으나, 적정배합을 도출하는 과정에서 초기 슬럼프를 23cm 전후로 설정하였으며, 60분 경시변화 후에는 시공성 확보를 위해 20cm 전후가 되도록 설정하였다. 실내배합 초기 단계 (No.1 ~ No.9)에서는 콘크리트의 색상검토를 위한 실험이 실시되었으며, 그 이후 (No.10 ~ No.12)에는 안료와 CB의 적정 치환범위 내에서 현장에서의 시공성 확보를 위한 배합실험을 실시하였다.

굳지 않은 콘크리트의 물성시험결과 Carbon Black의 치환에 따라서 소요의 유동성을 확보하기 위해서는 상당한 양의 고성능감수제가 소요되었으며, 무기계 산화철 안료 "Bayferrox 330 C"의 첨가에 따라 초기 공기량이 상당히 높게 나타났는데, 적절한 AE제 및 소포제의 사용을 통해 적정 공기량을 만족할 수 있도록 하였다.

경화 콘크리트의 압축강도 측정결과를 재령 28일에 모두 배합강도를 상회하는 결과를 나타내었는데, 이는 블랙 칼라 콘크리트에 대한 백화현상의 방지와 내구성 확보 측면에서 다소 고강도화하여 배합설계를 실시하였기 때문인 것으로 판단된다.

결과적으로 구조용 블랙 칼라 콘크리트의 시공성과 압축강도 발현성에는 문제가

표 6. Black Color 콘크리트의 제조 및 시공시 검토사항

구분	검토 사항
설계자의 블랙 칼라 색상 표현(색, 재질면)	- 블랙 칼라의 농도 수준, 안료 첨가량 - 백화, 콜드 조인트 등의 방지
블랙 칼라 콘크리트의 장기 안전성	- 수축저감, 균열발생 방지 - 변색 및 탈색 방지
콘크리트의 충전성 및 유동성	- 높이 8m x 두께 0.25m의 벽부재의 타설
블랙 콘크리트 콘크리트 생산을 위한 레미콘 공장의 협조	- 생산설비, 운반차의 세척 - 당일 블랙 칼라 콘크리트의 전용 생산

표 7. 배합요인 및 실험변수

항목	적용범위	요구성능	적용
물-시멘트비(%)	35.0 ~ 45.0	압축강도, 내구성	37.3
단위시멘트량(kg/m ³)	410 ~ 460	압축강도	450(1종 OPC)
단위수량(kg/m ³)	160 ~ 175	Bleeding, 내구성	168
잔골재율(S/a,%)	40.0 ~ 45.0	유동성, 블리딩	45.0
공기량(%)	2.0 ~ 4.0	기포과다 방지, 동해	소포제 조절
안료의 혼입률(%)	0.0 ~ 12.0	색상, 농도	10.0
CB 혼입률(%)	0.0 ~ 3.0	색상, 농도	1.2
조골재(mm)	13 ~ 25	유동성, 시공성	13
고성능감수제	나프탈렌, 카르본산	유동성, 초기강도	나프탈렌계
플라이애쉬 혼입률(%)	0 ~ 20	유동성, 내구성	적용안함

표 8. 최적배합 도출을 위한 실내배합표

구분	W/B (%)	S/a (%)	단위재료량(kg/m ³)							
			W	B	C	F/A(B×%)	CB 첨가율	안료 첨가율	SP(B×%)	
No.1	38.1	46.0	160	420	420	-	4.2(1%)	21(5%)	7.6(1.8%)	
No.2								31.5(7.5%)	8.0(1.9%)	
No.3								42(10%)	8.4(2.0%)	
No.4	41.0	46.0	170	415	415	-	2.1(0.5%)	6.23(1.5%)	20.8(5%)	7.1(1.7%)
No.5								20.8(5%)	5.5(1.3%)	
No.6								41.5(10%)	5.9(1.4%)	
No.7								20.8(5%)	4.6(1.1%)	
No.8								41.5(10%)	5.5(1.3%)	
No.9								2.1(0.5%)	41.5(10%)	5.5(1.3%)
No.10	41.0	46.0	170	415	353	62(15%)	4.15(1.0%)	41.5(10%)	7.6(1.8%)	
No.11	41.0	45.0	170	460	391	69(15%)	6.0(1.3%)	46.0(10%)	9.7(2.3%)	
No.12	37.3	45.0	168	450	450	-	5.4(1.2%)	45.0(10%)	12.2(2.9%)	

* SP제는 No.1~No.3은 폴리카르본산계, No.4 ~ No.12는 나프탈렌계 제품임.

표 9. 실내배합의 물성시험결과

구분	주요 배합 변수	슬럼프(cm)		공기량(%)		압축강도(kgf/cm ²)			
		0분	60분	0분	60분	1일	3일	7일	28일
No.1	CB 1.0%, 안료 5.0%	20.0	17.0	6.3	4.8	91	278	305	409
No.2	CB 1.0%, 안료 7.5%	19.0	15.5	6.5	4.8	103	284	325	420
No.3	CB 1.0%, 안료 10.0%	19.0	17.0	6.7	5.0	68	248	266	379
No.4	CB 1.5%, 안료 5.0%	21.5	15.0	5.8	3.8	65	305	358	502
No.5	CB 0.5%, 안료 5.0%	21.0	12.0	6.5	4.7	93	284	337	474
No.6	CB 0.5%, 안료 10.0%	20.5	13.0	7.0	4.5	66	307	362	472
No.7	CB 0.25%, 안료 5.0%	20.0	8.0	7.6	4.8	85	295	354	467
No.8	CB 0.25%, 안료 10.0%	21.0	11.0	8.0	5.0	63	297	340	429
No.9	CB 0.5%, 안료 10.0%(fa15%)	19.5	11.0	7.2	4.8	23	244	292	418
No.10	CB 1.0%, 안료 10.0%(fa15%)	23.0	21.0	5.4	4.2	66	218	276	434
No.11	CB 1.3%, 안료 10.0%(fa15%)	21.0	18.0	4.3	3.6	59	224	296	437
No.12	CB 1.2%, 안료 10.0%	23.5	22.5	4.1	3.5	54	209	278	416

표 10. 안료 및 CB 치환율에 따른 Black Color 색상 비교

구분	CB 혼입률(%)					
	0	0.25	0.5	1.0	1.5	
안료 혼입률	5%					
	10%					
축소 모형 부재	안료 10% + CB 1.0%			안료 10% + CB 1.3%		
표면 마감	목표 마감 표면			표면 공기포 다량 발생		

없는 콘크리트의 기본성질을 만족하는 것을 확인하였다.

4.3.3. 축소모형 부재실험(Semi Mock-Up Test)

본 Semi Mock-Up Test는 당 현장에 적용되는 노출용 블랙 칼라 콘크리트의 원활한 현장적용을 목적으로 실시되었으며, 현장 적용에 앞서 축소모형부재를 만들어 각 배합변수에 따른 거푸집 제거 후의 경화 콘크리트의 색상, 콘크리트의 표면상태 등을 사전에 검토하였으며, 이는 실내배합 실험과 동시에 진행되었다. 이러한 Semi Mock-Up Test를 통해 소요의 경화 콘크리트 색상을 만족하는 안료 및 Carbon Black의 첨가량과 시멘트 등의 기본적인 사용재료의 최적량을 결정하게 되며, 그 결과를 현장 실물모형실험에 적용함으로

써, 최적의 블랙 칼라 콘크리트를 제조할 수 있었다.

Semi Mock-Up Test는 실내배합 결과를 근거로 하여 소형부재(12cm×40cm×40cm)의 거푸집을 제작한 후 각각의 배합변수에 맞도록 모형부재를 제작하였으며, 콘크리트를 타설한 후 내부 진동다짐기와 외부 진동다짐기를 사용하여 진동다짐을 실시하였다.

각 배합변수에 따른 Semi Mock-Up Test 결과로서 안료와 Carbon Black의 치환율에 따른 색상차이를 <표 10>에 나타내었다. <표 10>에서 알 수 있듯이 설계자의 요구조건에 상응하는 색상도출을 위해서는 안료인 "Bayferrox 330 C"가 10%, Carbon Black이 1.0% 이상 첨가되어야만 하는 것으로 나타났다.

<사진 4>는 실내배합의 슬럼프 시험으

로서 굳지 않은 콘크리트의 상태의 유동성을 판단할 수 있다.

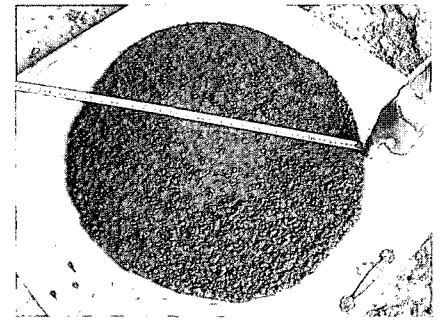


사진 4. 고유동 Black Color 콘크리트

5. 현장 Mock-Up Test

현장 Mock-Up Test는 현장에 적용되는 블랙 칼라 노출 콘크리트에 대하여 본 구조물의 시공에 앞서 실시하는 현장 실물 모형 실험을 의미한다.

이는 현장에서 실시하는 사전 실험의 하나로 현장 타설시 발생할 수 있는 문제를 사전에 점검하기 위해 실시하며, 실제 부재와 유사한 부재를 제작하여 레미콘 생산에서 운반 및 현장 타설에 이르는 일련의 실험을 수행하게 된다.

당 현장의 경우 고품질의 블랙 칼라 콘크리트에 대한 현장 시공을 위해 레미콘 공장에서 실제 생산을 통해 품질을 확보한 후, 3차에 걸쳐 Mock-Up Test를 실시하였으며, 1차 및 2차는 거푸집의 종류와 블랙 콘크리트의 색상검토를 목적으로, 3차 Mock-Up Test는 실제 구조물과 동일한 벽체 부재로 현장 시공성을 평가하기 위해 실시되었다.

<사진 5>는 레미콘 공장에서의 시험생산과 그 때의 유동특성을 나타낸 것이고, <사진 6>은 1차 및 2차 Mock-Up Test

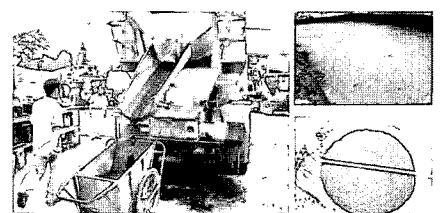
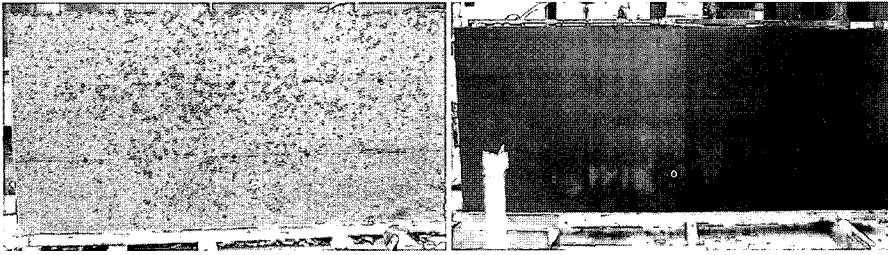


사진 5. 레미콘 시험생산 및 유동특성



a. 1차 Mock-Up Test b. 2차 Mock-Up Test
 사진 6. 색상 및 거푸집 선정을 위한 Mock-Up Test

표 11. 3차 현장 Mock-Up Test 배합표

구분	W/B	S/a	단위재료량 (kg/m ³)					소포계
			W	C	C.B	Pig.	Ad	
Black Color Concrete (13-30-23)	37.3	45.0	168	450	5.4 (1.2%)	45.0 (10%)	13.5 (3.0%)	0.45 (0.1%)

결과를 나타낸 것으로서 적절한 거푸집의 재질이나 Black Color의 색상을 결정하기 위해 실시되었다.

그 결과를 근거로 하여 실 구조물의 규모와 동일한 조건에서 3차 Mock-Up Test를 계획하였으며, 그 부재 개요는 다음과 같다.

- 부재 치수 : 910 × 7,850 × 250 + 3,600 × 7,850 × 250(mm) (7자 벽체 부재)
- 거푸집 사용 계획 : Doka Form(PE

코팅)

- Mock-Up Test 타설 물량 : 전체 16.88 m³(8.44 m³/EA)
- Form Tie 간격 : A 부재(910 mm), B 부재(450 mm)
- 색상 : Carbon Black 1.2%, Pigment 10%
- 콘크리트 규격 : 13-30-23(도착 슬럼프 플로우 : 50 ± 5 cm)

3 차 Mock-Up Test에 사용된 배합표는 <표 11>과 같고, 현장 도착 시의 품질

을 육안 고찰과 시험을 통해 소요의 품질 기준을 만족하도록 하였다.

3차 현장 Mock-Up Test 결과 현장에 도착된 Black Color 콘크리트의 유동성이나 시공성은 매우 양호한 것으로 나타났으며, 거푸집 제거 후의 표면 상태나 색상이 설계자의 요구 품질조건을 만족하는 것을 알 수 있었다.

<그림 4>는 3차 Mock-Up Test 부재의 형상과 치수를 나타낸 것이고, <사진 7>은 Mock-Up 부재 타설 전경을, <사진 8>은 거푸집 제거 후의 부재 전경을 나타낸 것이다.

6. 현장 실구조물 시공

6.1 현장 시공계획

블랙 칼라 콘크리트의 원활한 현장시공을 위해 실시하였던 제반 실험결과를 근거로 하여 현장 타설을 계획하였다. 현장 콘크리트 타설은 총 4회에 걸쳐 실시하도록 하였으며, 건물의 구조형식상 벽체 하부의 일부를 1차적으로 타설한 후, 전체 건물의 벽을 2차로 타설하도록 하였다. 그 이후에 바닥슬래브의 콘크리트 타설과 계단실과 같은 일부 잔여부분에 대한 타설을 실시하

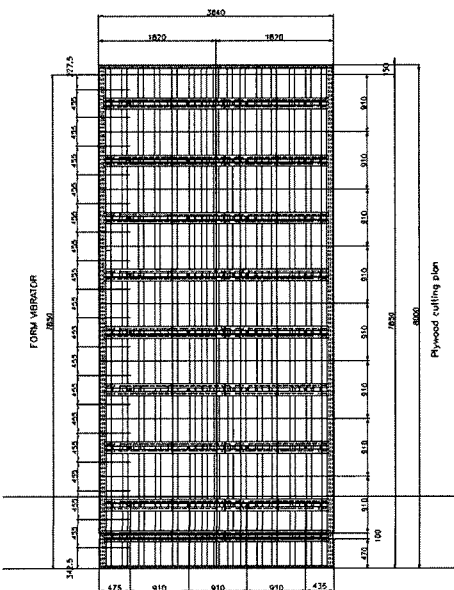


그림 4. Mock-Up 부재의 형상 및 치수

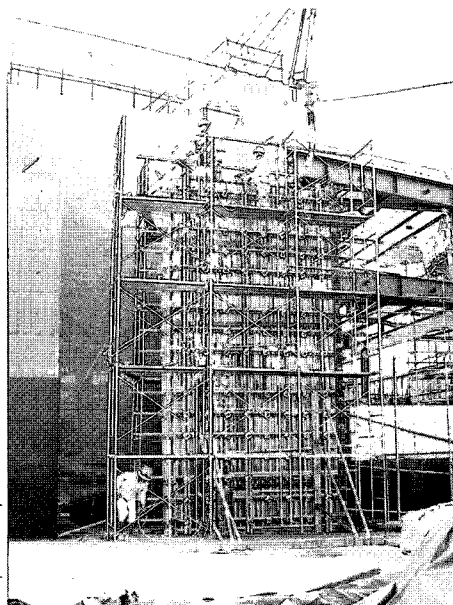


사진 7. Mock-Up 부재 타설 전경

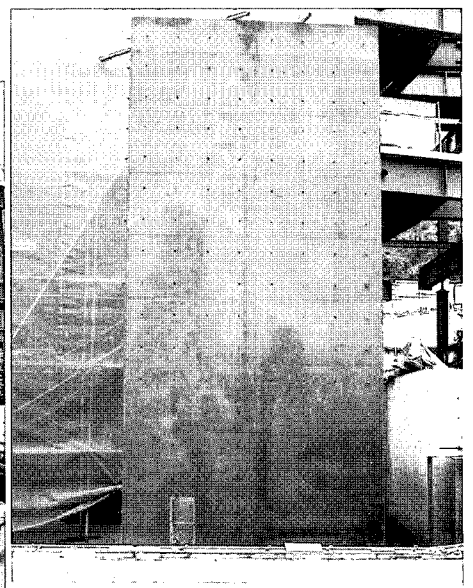


사진 8. Mock-Up부재 거푸집 해체 후 전경

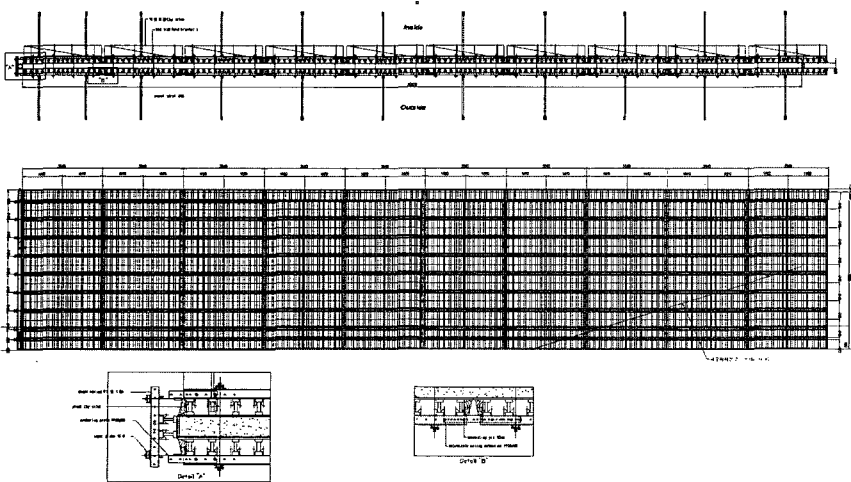


그림 5. 외부벽체 거푸집 계획

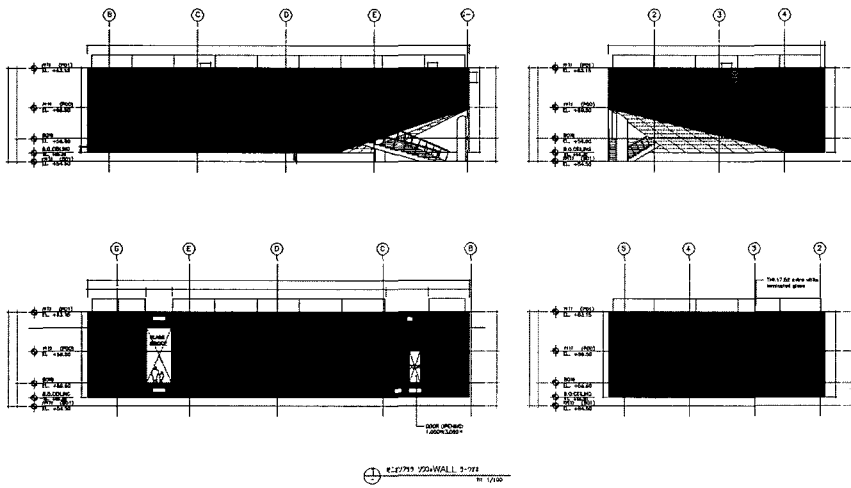


그림 6. 블랙 박스(black box) 입면도

였다. 당 현장의 블랙 칼라 콘크리트의 타설을 위한 시공개요는 다음과 같으며, <그림 5>에는 외부벽체 거푸집 계획도면을, <그림 6>은 블랙 박스의 입면도를 나타내었다.

- 공사범위: 블랙 박스 슬래브, 옹벽 & 기타(계단실)
- 형틀면적
- 슬래브: $35\text{m} \times 20\text{m} \times 2\text{m} = 1,400\text{m}^2$
- 옹벽: $110\text{m} \times 7.85\text{m} = 785\text{m}^2$ (층고: 7.85m 기준)
- 콘크리트: Black Color Concrete
- 슬래브: 189m^3 (하부천정: $35\text{m} \times 20\text{m} \times 0.12\text{m} = 84,0\text{m}^3$, 상부바닥: 35m

$\times 20\text{m} \times 0.15\text{m} = 105,0\text{m}^3$)
 · 옹벽: $110\text{m} \times 8\text{m} \times 0.25\text{m} = 220\text{m}^3$

6.2 현장 시공 결과

블랙 칼라 콘크리트의 원활한 현장 시공을 목적으로 레미콘 공장에서의 사전에 실시한 품질관리 사항은 다음과 같다.

- 타설 당일 블랙 칼라 콘크리트의 전용 생산 라인 확보(타설 도중 타 콘크리트 생산 물가)
- 생산 전 원재료의 품질관리(잔골재 표면수 관리, 균일한 품질확보)
- 생산 전후의 생산라인과 운반차의 세척 철저

- 단위수량의 관리 철저(백화 방지, 추가 배합수에 따른 내구성 저하 방지)
- 운반차량의 배차 간격 엄수(균일한 품질 확보)

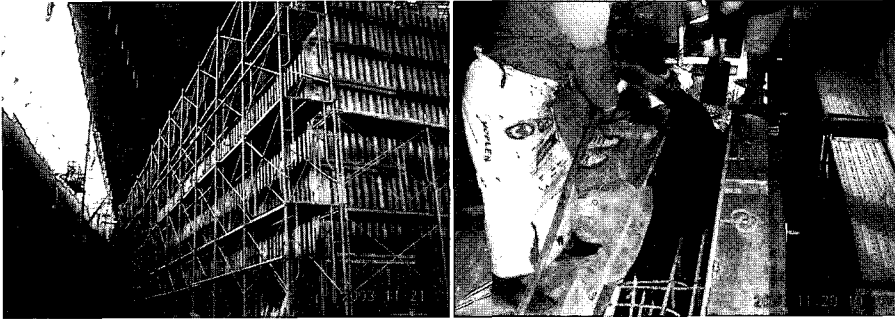
블랙 칼라 콘크리트의 타설은 총 4차에 걸쳐 실시되었으며, 도착된 블랙 칼라 콘크리트는 소요 품질기준을 만족하는 양호한 결과를 나타내었다. 특히, 주 구조물인 노출 외부 벽체와 상부층 슬래브 타설은 원활하게 수행되었으며, 표면상태나 색상 측면에서도 설계자가 요구하는 품질을 확보하는 것으로 판단되었다.

<사진 9>는 현장 시공 전경을 나타낸 것이고, <사진 10>은 거푸집 해체 후의 블랙 칼라의 내부 벽면과 외부 벽체 전경을 나타낸 것이다.

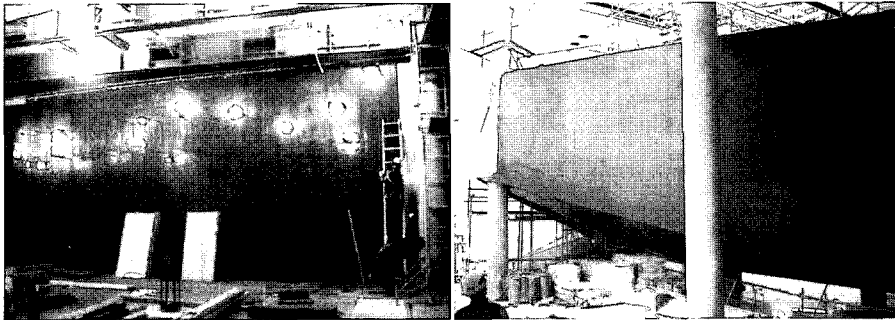
7. 결 론

“한남동 아동교육 문화센터”에 설계된 블랙 박스에 적용된 블랙 칼라 콘크리트는 국내에서 뿐만 아니라 전세계적으로도 그 사례를 찾기 어려우며, 세계적으로 유명한 설계자의 작품이라는 것 이외에도 설계자의 의도를 완벽하게 반영하여 콘크리트 재료 측면에서 매우 진일보된 콘크리트 기술을 성공적으로 끝마치는데 그 의미가 있다고 할 수 있다. 본 기술 자료는 블랙 박스 콘크리트의 제조를 위한 일련의 실험과정과 시공상의 품질관리에 대해 소개한 것으로서 이를 요약하면 다음과 같다.

(1) 실내실험과 Semi Mock-Up Test를 통해 안료 및 CB의 최적 혼입률 범위를 결정하였으며, 이때의 유동특성과 강도 발현특성은 양호한 것으로 나타났다. 이는 현장 시공성을 충분히 확보하고, 내구성능이나 구조재료로서의 특성 또한 우수한 것으로 나타났으며, 블랙 칼라의 색상 측면에서도 설계자의 요구 성능을 만족하는 것으로 판단되었다.



a. Black Box 구조물 벽체의 거푸집 설치 b. Black Color 콘크리트 벽체 타설 전경
 사진 9. Black Color 콘크리트 현장 시공전경



a. Black Box 내부 전경(거푸집 해체 후) b. Black Box 외부 전경(거푸집 해체 후)
 사진 10. 거푸집 제거 후의 Black Box 전경

(2) 3차에 걸쳐 실시한 현장 Mock-Up Test 결과를 근거로 하여, 거푸집의 종류, 시공방법 및 양생기간 등을 결정하

였고, 기타 현장 실구조물 타설 시에 발생할 수 있는 문제점을 사전에 해결할 수 있었으며, Mock-Up Test 결과로서, 거푸

집 해체 후의 부재 표면상태나 색상은 양호한 것으로 나타났다.

(3) 원활한 현장 시공을 목적으로 레미콘 공장에서 사전 품질관리를 철저히 수행한 후 벽체, 슬래브, 계단실 등 4차에 걸쳐 타설을 완료하였으며, 주 구조물인 외벽(블랙 박스)의 경우 표면상태와 색상 측면에서 우수한 품질을 확보하는 것으로 나타났다. □

참고 문헌

1. "Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete," ASTM C 979-99.
2. T. Masuda, "Color concrete construction works in Trans-Tokyo gay highway(Kawasaki overland section)," 콘크리트 공학, Vol.33 No.10, 1995.
3. Kind-Barkauskas, "Concrete Construction Manual," Birkhauser Editorial Detail, 2002.

공동세미나 개최 안내

제4차 JCI-KCI Joint Seminar

한국콘크리트학회(KCI)와 일본콘크리트학회(JCI)가 공동주최하는 제4차 JCI-KCI Joint Seminar를 JCI 연차학술발표회 행사 중에 개최하기로 하였습니다. 세미나 주제와 일정은 다음과 같사오니, 관심있는 회원 여러분의 많은 참가를 바랍니다.

1. 주제 : Novel Techniques for Assessment, Repair and Rehabilitation of Damaged Concrete Structures.
2. 날짜 : 2004년 7월 8일(2004년 일본 JCI 연차학술발표회 기간중 하루)
3. 장소 : 일본 시코쿠현 고지시
4. 시간 : 9:00(AM) ~ 12:30(PM)
 - JCI side : 100 minutes for presentation and discussion(JCI guideline and examples)
 - KCI side : 100 minutes for presentation and discussion(3~5 presentations)

사단법인 한국콘크리트학회 국제부