



RC 및 PC 노출콘크리트 적용 사례

A Case Study on the RC and PC Exposed Concrete

이재현 Jae-Hyun Lee
대림산업(주) 기술개발원 과장

최성원 Sung-Won Choi
대림산업(주) Nest 호텔 현장 과장

이세현 Sea-Hyun Lee
대림산업(주) Nest 호텔 현장 소장

1. 머리말

〈표 1〉은 당 현장의 공사개요를 나타낸 것으로써 철근콘크리트 구조의 노출콘크리트와 커튼월이 외관을 이루는 호텔 프로젝트이며, 지하 1층 ~ 지상 11층의 370실로 구성된 Nest 호텔 신축공사 현장이다. 우리 현장 구조물의 조감도를 〈그림 1〉에 나타내었듯이 외벽은 RC 노출콘크리트, 내부 벽체는 PC 노출콘크리트로 설계되어 있어 노출콘크리트의 배합 및 시공관리가 중요한 프로젝트였다. 이에 본고에서는 RC 및 PC 노출콘크리트의 배합 및 Pre Mock-up 검토 사례를 소개하고자 한다.

2. 현장 여건에 따른 검토 방향 설정

2.1 현장 여건 검토

〈표 2〉는 현장의 여건 검토 결과를 나타낸 것으로써 RC 노출콘크리트와 PC 노출콘크리트가 모두 적용될 예정이며, RC와 PC 노출콘크리트의 색상을 유사하도록 만들 수 있는 원재료 및 배합을 설정하는 것이 가장 중요한 포인트로 판단되었다. RC 노출콘크리트의 경우 설계기준 강도는 35 MPa로써 200 mm 두께의 구조물 외벽체를 구성하도록 설정되어 있었으며, 전체 예상 물량은 약 16,000 m³인 것으로 조사되었다. 한편, PC 노출콘크리트의 경우 설계기준강도는 35 MPa의 RC 노

표 1. 공사개요

공사명	NEST 호텔 신축공사	발주처	에엠텔에르메스
대지 위치	인천광역시 중구 운서동 2,877번지 중 일부	감리	(주)동우E&C
구조	철근콘크리트구조	공기	2013. 06. 27 ~ 2014. 12. 26(18개월)
건축 면적	27,919.71 m ² (8,445.71평)	설계사	JOH(계획설계) 건원건축사사무소(실시설계)
대지 면적	42,060 m ² (12,723평)	건축 규모	지하 1층 ~ 지상 11층(370실)
외관	노출콘크리트 + 커튼월 (24 mm 로이복층)	건물용도	호텔(숙박시설)

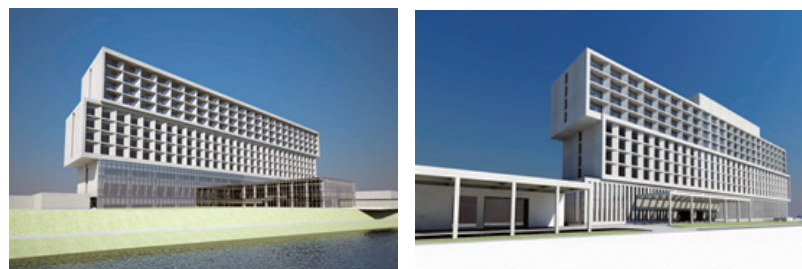


그림 1. Nest 호텔 조감도

표 2. 현장 여건 검토 결과

구분	내용
RC 노출콘크리트	설계기준강도 : 35 MPa 적용 부위 : 구조물 외벽체 벽체 두께 : 200 T 전체 예상 물량 : 16,000 m ³
PC 노출콘크리트	설계기준강도 : 35 MPa 적용 부위 : 구조물 내벽체 벽체 두께 : 150T (전기/설비 매립형 내력 PC 벽체) 전체 예상 물량 : 26,000 m ³

출콘크리트와 같은 수준으로 150 mm 두께의 구조물 내벽체를 구성하도록 설정되어 있었으며, 전체 예상 물량은 약 26,000 m³인 것으로 확인되었다.

2.2 검토 방향 설정

노출콘크리트의 검토방향을 설정하기 위해 발주처, 현장 담당자, RC 및 PC 노출콘크리트 담당자와 협의한 결과는 <표 3>과 같이 정리할 수 있었다. 본 기술 검토에서 가장 중요한 목표는 RC 및 PC 노출콘크리트의 색상을 동일하게 맞추는 것으로 설정하였으며,

표 3. 검토 방향 설정 결과

구분	내용
검토 목표	• RC 및 PC 노출콘크리트의 색상을 동일하게 설정 • 발주처와 함께 육안으로 색상 평가 후 최종 배합 결정
원재료 관리 기준	• 시멘트 등 사용 원재료 동일하게 유도
배합 관리 기준	• 고로슬래그 미분말 치환율 동일하게 유도 • 경제성 및 시공성 확보

표 4. 실내 배합 시험 개요

구분	내용
시험 개요	일시/장소 : 00년 0월 0일, 00레미콘 영종도사업소 규격 : 25-35-150(일반 노출콘크리트) OPC : S사, 잔골재 : 세척사 100 %, S/Ce : S사, 혼화제 : E사
시험 목적	일반 노출콘크리트의 노출면 색상 및 물성 검토 경제성 및 시공성을 확보할 수 있는 배합 선정
시험 내용	측정항목 : 슬럼프 및 공기량(0분, 45분), 압축강도(3, 7, 28일), 색상 탈형 시기 : 압축강도 5MPa 이상 확보

이를 위해 시멘트 등의 사용 원재료를 동일하게 관리할 수 있도록 유도하고 배합 관리 측면에서는 고로슬래그 미분말 치환율을 동일하게 유도하여 현장의 여건에 따른 경제성 및 시공성을 확보하는 것을 검토 방향으로 설정하였다.

3. RC 노출콘크리트 배합 검토

3.1 실내 배합 시험

3.1.1 시험 계획

실내 배합 시험의 개요를 <표 4>에서 볼 수 있듯이 현장에 적용될 노출콘크리트의 배합을 설정하기 위해 OO레미콘 영종도사업소에서 배합 시험이 진행되었으며, 목표 슬럼프는 150 ± 25 mm, 목표 공기량은 4.5 ± 1.5%로 설정하였다. 또한 <표 5>는 실내배합 시험시 적용된 일반 노출콘크리트의 배합을 나타낸 것으로 단위수량은 163, 173 kg/m³의 2수준, 결합재량은 410, 430 kg/m³의 2수준으로 설정하였으며, OPC : S/Ce = 6:4로 동일하게 설정하였고 혼화제는 준 PC Type을 사용하였다.

3.1.2 시험 결과

<표 6>은 실내 배합 시험 결과를 나타낸 것으로써 3가지 배합 모두 경시 45분에서 목표 슬럼프 및 공기

표 5. 노출콘크리트 배합

No.	물결합재비 (%)	잔골재율 (%)	결합재량 (kg/m ³)	단위 질량(kg/m ³)					
				W	OPC	S/Ce	S	25G	AD
1	39.8	45.5	410	163	246	164	782	944	3.69
2	42.2	44.9	410	173	246	164	760	940	3.69
3	40.2	44.9	430	173	258	172	753	931	3.44

※ OPC : 1종 보통 포틀랜드 시멘트,
S/Ce : 슬래그 시멘트, AD : 혼화제(준 PC Type)

표 6. 실내 배합 시험 결과

No.	슬럼프(mm)		공기량(%)		압축강도(MPa)		
	0분	45분	0분	45분	3일	7일	28일
1	190	170	3.9	3.3	25.2 (72%)	32.5 (93%)	43.8 (125%)
2	200	170	3.6	3.2	21.4 (61%)	31.2 (89%)	41.3 (118%)
3	205	175	3.8	3.6	24.7 (71%)	34.7 (99%)	45.7 (131%)

량을 만족하였고, 재령 28일 압축강도가 설계기준강도인 35 MPa 이상을 확보하였다. 경제성 및 시공성 측면에서 2번 배합이 가장 적합한 것으로 판단되었고, 발주처와 함께 색상을 검토한 결과 2번 배합으로 선정되었다.

3.2 Pre Mock-up 시험

3.2.1 시험 계획

RC 노출콘크리트의 거푸집 탈형면을 평가하기 위해 <표 7>에서 볼 수 있듯이 Pre Mock-up 시험을

표 7. Pre Mock-up 시험 개요

구분	내용
시험 개요	<ul style="list-style-type: none"> 일시/장소 : 00년 0월 0일, 00레미콘 영종도사업소(1차 시험) 00년 0월 0일, 00레미콘 영종도사업소(2차 시험) 규격 : 25-35-150(1차 시험), 25-35-180(2차 시험) 원재료 종류 : 실내배합 시험과 동일
시험 목적	<ul style="list-style-type: none"> 거푸집 시공 방법에 따른 거푸집 탈형면 평가 (1차 시험) 슬럼프 변동에 따른 시공성 및 거푸집 탈형면 평가 (2차 시험)
시험체 계획	
시험 내용	<ul style="list-style-type: none"> 측정항목 : 거푸집 탈형면 품질 육안 평가, 시공성 평가 탈형 시기 : 압축강도 5 MPa 이상 확보

진행하였고, 1차 시험은 실내배합시험에서 도출된 25-35-150의 동일 배합으로 3개의 시험체를 타설하여 <표 8>과 같이 거푸집 제작 방법 또는 시공관리 방법을 비교 검토하였다. 한편, 2차 시험에서는 슬럼프를 180 mm로 증가시켜 시험체에 타설하여 시공성 및 거푸집 탈형면 평가를 실시하였으며, Pre Mock-up 시험 배합을 <표 9>에 나타내었다.

3.2.2 시험 결과

Pre Mock-up 1차 시험 결과를 <사진 1>에 나타내었듯이 거푸집 탈형면의 품질 상태를 육안으로 평가한 결과 Cone의 지름은 25 mm, 거푸집 조인트 및 코너 마감은 코킹 처리, 하부막이는 모르타르 시공, 콜드 조인트 방지를 위한 이어치기 타설 시간은 30분



사진 1. Pre Mock-up 1차 시험

표 8. Pre Mock-up 1차 시험 요인

구분	Cone	거푸집 조인트	코너 마감	하부 막이	타설 시간 (콜드 조인트)	Vib. (고주파)
A 시험체	20 mm	Putty	양면테잎	모르타르	30분	@30 cm
B 시험체	25 mm	코킹	코킹	우레아폼	60분	@60 cm
C 시험체	Tie(SUS)	-	-	스펀지	90분	@90 cm

표 9. Pre Mock-up 시험 노출콘크리트 배합

구분	물결합재비 (%)	잔골 재율 (%)	결합 재량 (kg/m ³)	단위 질량(kg/m ³)					
				W	OPC	S/Ce	S	25G	AD
25-35-150 (1차 시험)	42.2	44.9	410	173	246	164	760	940	3.69
25-35-180 (2차 시험)	41.5	44.0	417	173	250	167	742	952	4.17

이내, 고주파 바이브레이팅 간격은 60 cm로 선정하였다. 또한, Pre Mock-up 2차 시험 결과 슬럼프를 기존의 150 mm에서 180 mm로 증가시켰을 경우 블리딩 저감, 거푸집 탈형면 기포 개수 저감 등으로 더 우수한 품질을 얻을 수 있는 것으로 평가되었고, 시공성 또한 향상되는 것으로 판단되어 25-35-180 배합을 RC 노출콘크리트의 최종 배합으로 설정하였으며, Pre Mock-up 2차 시험 결과를 <사진 2>에 나타내었다.

4. PC 노출콘크리트 배합 검토

PC 노출콘크리트의 색상을 RC 노출콘크리트의 색상과 동일하게 만들기 위해 RC 노출콘크리트 최종 배합으로 타설한 Mock-up 시험체를 PC 공장에 반입하여 다양한 배합 시험을 통해 <사진 3>과 같이 유사한 색상을 얻을 수 있는 PC 노출콘크리트의 배합을 도출하였다. PC 노출콘크리트의 원자재별 산지는 <표 10>에서 볼 수 있듯이 OPC의 경우에만 RC 노출콘크리트의 원자재와 동일하게 선정하였으며, 잔골



(a) A 시험체 전체 모습 (b) B 시험체 전면부 모습

사진 2. Pre Mock-up 2차 시험



사진 3. RC 및 PC 노출콘크리트 색상 비교 평가

표 10. PC 노출콘크리트 원자재별 산지

구분	OPC	BFS	S (강사)	25G (쇄석)	AD	비고
산지	S사 (영월)	H사 (평택)	U사 (목계)	U사 (충주)	S사 (평택)	-

재의 경우 자연사를 사용하여 RC 노출콘크리트 색상과 유사하게 만들 수 있었다. PC 노출콘크리트의 경우 RC 노출콘크리트 대비 증기양생 공정 및 철판 거푸집을 사용한다는 점에서 차이가 발생하여 당초 동일한 원자재와 같은 배합으로 시험해 보았으나 다른 색상으로 평가되었다. 또한, 규격을 RC 노출콘크리트와 동일하게 25-35-180으로 설정하였으나 원자재의 산지가 달라 RC 노출콘크리트의 배합과는 차이가 발생하였고, 사전시험을 다수 실시하여 <표 11>과 같이 RC 노출콘크리트 색상과 유사한 PC 노출콘크리트 최종배합이 선정되었다.

PC 노출콘크리트 양생관리 기준은 <표 12>, PC 노출콘크리트의 압축강도 측정 결과는 <표 13>에 나타내었다.

5. 맺음말

이와 같이 RC 노출콘크리트 및 PC 노출콘크리트가 한 프로젝트에 설계된 경우는 우리 현장에서 첫 사례로 기록되었다. <표 14>는 기술검토 절차를 나타낸 것으로 현장 여건에 따라 검토 방향 설정 후 RC 노출콘

표 11. PC 노출콘크리트 배합

구분	물결합 재비 (%)	잔골 재율 (%)	결합 재량 (kg/m ³)	단위 질량(kg/m ³)					
				W	OPC	BFS	S	25G	AD
25-35-180	41.5	44	417	158	375	42	815	981	4.17

표 12. PC 노출콘크리트 양생 관리 기준


구분	전양생	상승	유지
양생관리온도(°C)	20 ~ 30	50	45 ~ 55
양생시간	2시간	3시간	2시간

표 13. PC 노출콘크리트 압축강도 측정 결과

구분		압축강도(MPa)			
		×1	×2	×3	평균
재령	탈형	19.6	19.0	20.6	19.7
	7일	36.8	37.6	35.5	36.6
	14일	41.2	41.6	42.8	41.8

표 14. 기술검토 절차

검토 절차	1. 검토방향 설정	• 현장 여건에 따른 검토 방향 설정
	2. RC 노출콘크리트 실내 배합 시험	• 경제성 및 시공성을 확보할 수 있는 배합 검토 • 노출콘크리트의 물성 검토
	3. RC 노출콘크리트 pre Mock-up 1차 시험	• 거푸집 시공법 및 타설 방법 검토 • 거푸집 탈형면 품질 검토
	4. RC 노출콘크리트 pre Mock-up 2차 시험	• 슬럼프 변동에 따른 시공성 및 거푸집 탈형면 품질 검토
	5. PC 노출콘크리트 배합 시험 및 색상 비교	• RC pre Mock-up 2차 시험체와 가장 유사한 색상 확보가 가능한 배합 도출

크리트 노출면의 색상과 가장 유사한 PC 노출콘크리트의 최적 배합을 찾아내는 절차로 검토를 진행하였다. 그 결과 원자재의 산지, 거푸집의 종류 및 양생방법이 다른 RC 및 PC 노출콘크리트의 최적배합 및 시공법을 도출할 수 있었으며, 검토한 절차 및 결과가 절대적인 기준이 될 수는 없으나 유사한 프로젝트 발생 시 참고함으로써 프로젝트의 성공을 위한 초석이 될 수 있는 기술 데이터가 되었으면 하는 바람이다. 

담당 편집위원 : 김용로(대림산업(주)기술개발원) kyr8447@daelim.co.kr



이재현 과장은 충남대학교 건축공학과를 졸업한 후 2007년 대림산업(주) 건축사업본부에 입사하였으며, 2009년부터 현재까지 기술개발원에 재직하면서 콘크리트와 일반재료 관련 연구개발 및 기술지원을 수행하고 있다.
archi0528@daelim.co.kr



최성원 과장은 한양대학교 대학원을 졸업한 후 2005년 대림산업(주) 건축사업본부에 입사하여 다수 현장의 공무와 시공업무를 겸임하였으며, 현재 NEST 호텔 현장 품질관리자 및 전체 공정관리 업무를 수행하고 있다.
sungwon@daelim.co.kr



이세현 소장은 성균관대학교를 졸업한 후 1991년 대림산업(주) 건축사업본부에 입사하였으며, 다수 현장의 현장소장을 역임하였다. 현재 NEST 호텔 현장의 전반적 현장관리 업무를 수행하고 있다.
seahyun@daelim.co.kr

<http://www.kci.or.kr>



KOREA CONCRETE INSTITUTE