

수화반응시 생성되는 계면피막을 응용한 광택 노출콘크리트 공법

Surface-glossing Architectural Concrete Applying Skin
forming on Transition Zone during Hydration



신성우*



정태웅**



이현희***



하재담****

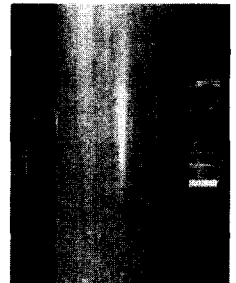
1. 서론

광택 노출콘크리트 공법은 '98한국콘크리트학회상 기술상 수상작으로 선정된 것으로서 본 고에서는 이 공법의 기술적인 사항에 대하여 소개하고자 한다. 당사에서는 '95년부터 대전의 연구소 건물에 광택 노출콘크리트 공법을 개발하여 적용하였다. 광택 노출콘크리트란 표면에 광택이 발현되어 대리석 질감을 갖도록 한 고품질 노출콘크리트를 말한다. 노출콘크리트는 연구소와 같이 차별한 이미지가 요구되는 구조물에 적절한 공법이라고 생각되지만 국내에서는 아직 노출콘크리트가 대규모로 적용된 예가 드물었고 더욱이 광택이 발현되는 노출콘크리트라는 공법은 생소하였기 때문에 당시 국내의 기술수준으로 이를 실현할 수 있을지에 대해서는 매우 회의적이었다.

이러한 부담을 안고 당사에서는 실험실 실험과 5차례의 Mockup Test를 거치는 동안 광택이 발현되는 메커니즘을 이해할 수 있었고, 실시공에서 발생할 수 있는 문제점을 최대한 도출해내어 대책을 마련함으로써 비로소 광택 노출콘크리트를 성공적으로 현장에 적용할 수 있었다.



모형실험 결과



현장적용 결과

사진 1 광택 노출콘크리트

* 정희원, 한양대학교 건축공학부 교수
** 두산건설(주) 기술연구소 차장
*** 두산건설(주) 기술연구소 연구원
**** 정희원, 쌍용양회 중앙연구소 선임연구원

2. 광택 노출콘크리트 공법

2.1 광택 노출콘크리트 목표 성능

노출콘크리트에 요구되는 성능은 첫째, 기능적 측면에서 내구성(Durability)이 있어야 하고, 둘째 미적 측면에서 건물의 외관(Appearance)이 아름다워야 한다는 것이다. 이를 위해 당사는 내구성 확보 및 대리석 질감의 광택이 발현되는 노출콘크리트의 개발을 목표로 설정하였다.

표 1 광택 노출콘크리트의 목표 성능 및 수단

	목표 성능	수단
내구성	· 중성화 및 동결응해 저항성. · 수밀성, 고강도	· 콘크리트 : 고미분말 무기재료 대체, 분체량 증대, 저물시멘트비, 고성능AE감수제 사용
건물의 외관	· 색상 : 회색, 또는 밝은 회색 · 마감 : 광택 발현, 기포발생 최소화	· 콘크리트 : 분체량 증대, 고미분말 무기재료 대체, 유통화 콘크리트 · 거푸집 : Form facing material 부착

상기의 목표를 달성하기 위하여 거푸집패널과 콘크리트와의 경계면에 생성되는 피막에 광택을 전사시킬 수 있는 거푸집 제작방법과 콘크리트 배합에 대하여 고찰하게 되었으며, 그 이론적인 배경에 대해 간략하게 설명하도록 한다.

2.2 광택 발현 메커니즘

시멘트는 수화반응시 골재, 철근, 거푸집 등과의 경계면에서 피막을 형성하는데 여기서 두께 약 40 μ m의 불안정한 영역을 천이영역(Transition zone, 그림 1 참조)¹⁾이라 한다. 천이영역에서는 수화반응에 의하여 수산화칼슘, 에트링가이트 수화물이 생성되기 시작하고, 이어서 에트링가이트는 석고를 소비하며 모노설페이트로 전환되어 천이영역을 치밀하게 한다.

이 천이영역은 매끄러운 Form facing material의 경계면을 따라 형성되므로 Form facing material의 광택이 그대로 피막에 전사(轉寫)되어 콘크리트 표면에 광택이 발현되는 현상이 나타난다. 여기서 광택의 전사가 양호하게 이루어지기 위해서는 밀실한 피막의 형성이 필요하게 되므로 고로슬래그 미분말과 같이 분말도가 높은

포졸란 물질을 사용함으로써 천이영역에서 포졸란 반응물질의 생성에 의한 조직의 치밀화를 도모하는 것이 유리하다²⁾.

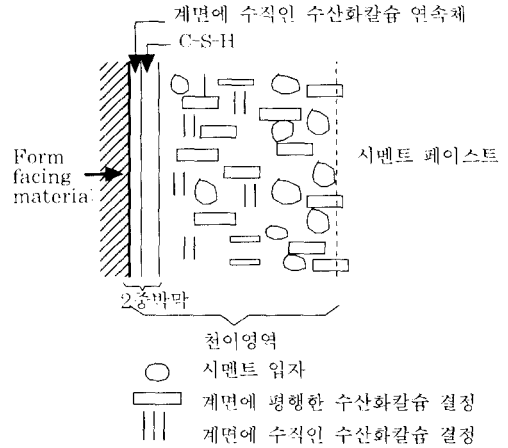


그림 1 Barnes의 천이영역 모델¹⁾

3. 성능 실험

3.1 Form facing material에 따른 광택도

Form facing material에 따른 광택발현정도를 조사하기 위하여 표 2와 같이 실험을 실시하였다. 거푸집은 패널면에 광택전사를 위한 Form facing material을 부착한 것을 사용하였다. 콘크리트는 설계강도 240kg/cm², 목표슬럼프 18cm로 하였다. 타설후 3일간 양생하고 탈형한 후 광택발현 정도를 조사하였다.

표 2 Form facing material 종류

종류	Form facing material			
	전면	좌측면	우측면	후면
Type 1	A	좌동	좌동	좌동
Type 2	A	좌동	C	좌동
Type 3	B	좌동	좌동	좌동
Type 4	B	좌동	D	좌동

· 실험체 규격 : 900×900×150(mm)

Form facing material에 따른 광택도는 B의 경우 탈형 초기는 A보다 우수하나 시간이 경과함에 따라 두 종류가 비슷한 광택도를 보였다. 또한 원형기둥에 적용할 C의 광택도는 다른 재료에 비해 작았다.

3.2 물리적 성능

광택 노출콘크리트 배합은 콘크리트의 충전성 및 유동성이 충분히 확보될 수 있는 시공연도 (Workability)를 갖도록 하되 지나친 혼화제 첨가에 따른 비경제성을 피하기 위하여 슬럼프값 $18 \pm 2\text{cm}$, 공기량 $5.0 \pm 1.0\%$, 결합재량 $380 \sim 600\text{kg/m}^3$ 으로 하며, 고로슬래그 미분말을 시멘트의 10~50% 대체함으로써 치밀한 조직을 이루게 하여 표면마감 및 광택발현 성능을 향상시키고 내구성 증진의 효과를 갖도록 하였다.

1) 콘크리트의 물성

표 3은 물리적 성능실험 결과로서 광택노출콘크리트의 블리딩, 건조수축, 중성화 및 압축강도는 일반콘크리트보다 우수한 것으로 나타났다.

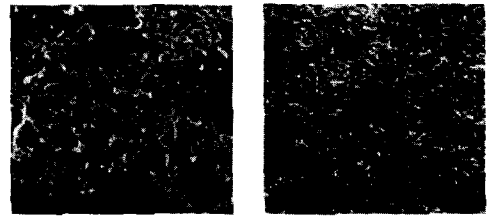
2) 광택도

표 4는 각종 건자재의 광택도 측정결과이다. 표에서 알 수 있듯이 광택노출콘크리트는 광택을 지닌 여타 건자재와 동등한 수준의 광택을 발현하는 것으로 나타났다.

표 5 광택 노출콘크리트 장기 광택도 변화

재령	7일 (탈형)	28일	2개월	7개월	16개월
종류					
실시예 1	56.5	45.5	43.9	41.2	41.0
실시예 2	63.6	53.1	53.6	45.8	45.3
평균	60.1	49.3	48.8	43.5	43.2

다만 사진 2와 같이 양생조건에 따라 표면조직의 치밀도가 달라져 광택발현에 영향을 미친다는 것을 발견할 수 있었으며, 이에 따라 발현된 광택을 장기간 유지하기 위해서는 적정 양생조건을 확보해야 함을 알 수 있었다.



일반콘크리트

광택 노출콘크리트

사진 2 양생조건에 따른 콘크리트 표면상태(SEM, 3000배)

표 3 배합비 및 측정결과

	설계기준 강도 (kg/cm^2)	물결합재 비 (%)	잔골재율 (%)	고로슬래그 대체율 (%)	굳지 않은 콘크리트			경화 콘크리트			
					블리딩량 (ml/cm^3)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	광택도	28일압축강도 (kg/cm^2)	축진중성화 깊이 (mm)	건조수축율 ($\times \mu$)
비교예 1	240	53.4	43.0	0	0.188	16.7	5.6	-	322	13	481
비교예 2	300	46.0	41.0	0	0.183	15.3	5.5	-	423	10	612
실시예 1	240	50.0	42.0	10	0.174	17.7	5.2	45.5	329	10	-
실시예 2	300	42.9	39.0	10	0.171	16.7	5.6	53.1	428	10	394

주1) 블리딩량은 270분 경과시, 광택도는 탈형후 28일 경과시, 건조수축율은 12주 경과시 값임

주2) 광택도 측정은 ASTM D 523을 따름³⁾

주3) 비교예는 광택이 발현되지 않아 값을 기입하지 않음

표 4 각종 건자재의 광택도 비교

건자재 종류	광택노출 콘크리트	대리석	화강석	도기질 타일	에폭시 수지	폴리우레탄 수지
광택도	36~74	70	37	86	69	77

또한 표 5는 광택 노출콘크리트의 장기 광택도 측정결과이다. 표에서 알 수 있듯이 7개월 이후 실험체의 광택도는 거의 저하하지 않았다.

4. 광택 노출콘크리트의 시공

4.1 실물크기 모의실험

1) 목적

실구조물 적용시의 거푸집 조립, From facing material 표면처리, 개구부 시공, 접합부의 누수 방지, 표면기포 저감을 위한 타설 및 다짐 방법 및 광택의 유지를 위한 양생방법을 도출하기 위하여 실물크기 모의실험을 실시하였다.

2) 결과 및 대책

- 가. Form facing material 표면의 굴곡, 문양 등이 콘크리트 표면에 예민하게 전사됨
- ▶ Form facing material 부착시 패널면과의 사이에 발생하는 기포 제거 요망
- 나. 양생시 살수한 부위는 얼룩지며 광택 소멸
- ▶ 눈, 비오는날에는 탈형을 지양하고, 탈형후에는 반드시 비닐 등에 의한 보양 필요하다.
- 다. 상부층을 이어서 타설할 경우 하부층 보양 불량으로 누수에 의한 얼룩 발생
- ▶ 상부층 타설시 하부층의 보양 철저
- 라. 옹벽 타설시 재료분리 방지 대책 요망
- ▶ 트레미관을 벽체 하부 깊숙히 넣어 타설해야 하며, 양호한 타설을 위해서는 벽두께를 200mm 이상으로 해야할 것으로 사료됨

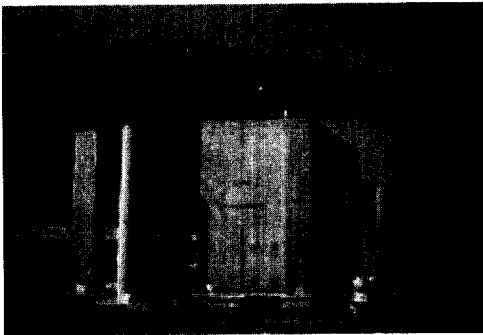


사진 3 실물크기 모의실험 대상 전경

4.2 실구조물 적용

1) 개요

이상의 성능실험 및 모의실험을 거쳐 개발된 광택노출콘크리트를 실구조물에 적용하였다. 거푸집은 대형 System form 패널면에 Form facing material을 부착하여 사용하였다. 콘크리트 다짐은 재료분리 방지 및 표면기포발생 저감 효과가 좋은 고주파 바이브레이터를 사용하여 실시하였다.

표 6 현장 개요

위치	대전시 유성구 가성동
공기	'95. 7. 1 ~ '98. 5. 15
연면적	34,757m ²
규모	지상 6층, 지하 2층
광택노출콘크리트 면적	13,204m ²

2) 시공순서

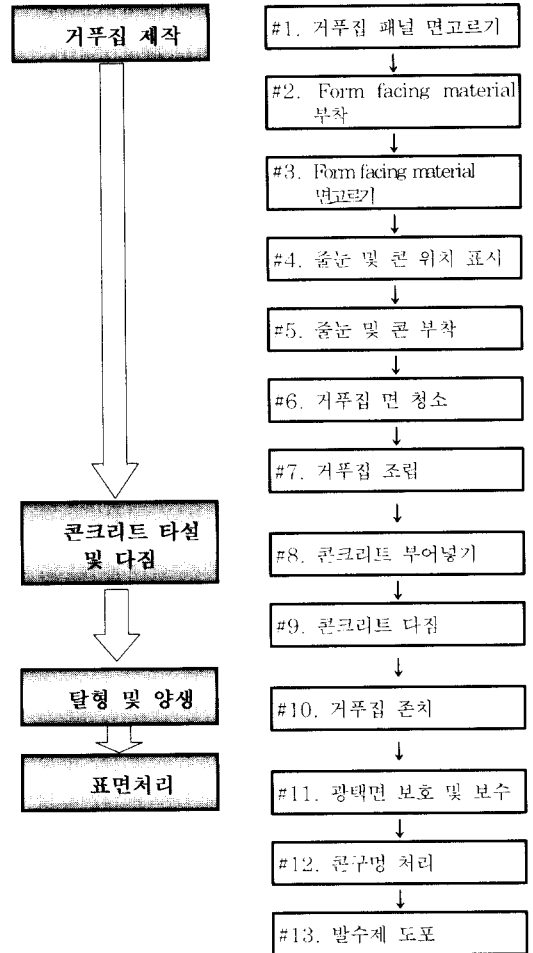


그림 2 광택노출콘크리트 시공순서



사진 4 Form facing material 부착



사진 5 줄눈 및 콘의 부착

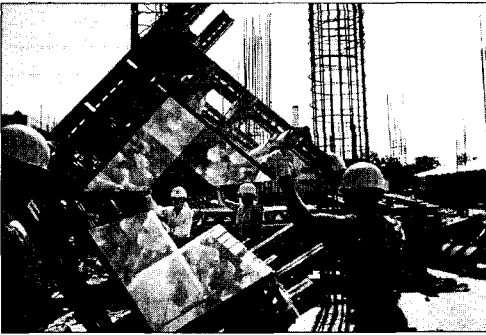


사진 6 거푸집 조립

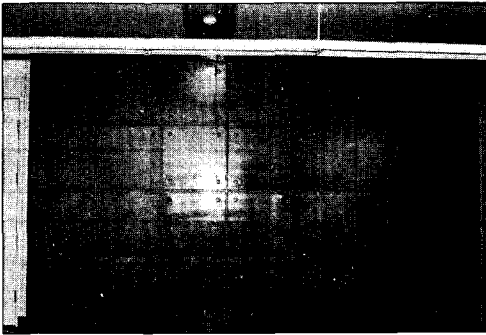


사진 7 광택 노출콘크리트 벽체

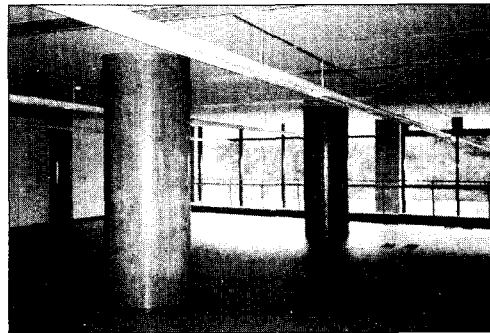


사진 8 광택 노출콘크리트 기둥

3) 경제성 비교

표 7은 광택 노출콘크리트를 100으로 하여 각종 마감재에 대한 비용을 비교한 것으로서 광택 노출콘크리트는 각종 마감재보다 약 14~61% 저렴한 것으로 나타났다.

표 7 마감종류별 총 공사비

마감 종류	광택 노출 콘크리트	Truss + 포천석	Tec-stone panel	알코본드	앙카 + 포천석
공사 비(%)	100	116	161	114	129

5. 결론

광택 노출콘크리트는 대리석 질감의 광택을 발현시킨 노출콘크리트로서 각종 마감재와 비교하여 저렴한 비용으로 고품질 노출콘크리트를 실현할 수 있는 경제적인 공법이며 연구소, 관공서, 공연장, 박물관, 주택 등 적용 영역이 넓어 수요자들의 다양한 요구를 충족시킬 수 있다.

또한 광택 노출콘크리트는 자체적으로 세련된 마감면을 보유하고 있으므로 건물의 기둥, 벽체 등의 부분적인 적용이 가능하여 건물의 다양한 표정을 연출할 수 있다. 뿐만 아니라 콘크리트의 내구성이 향상됨으로써 최근 각종 부실공사로 인한 콘크리트에 대한 부정적인 시각을 불식시킬 수 있을 것이다.

이상과 같이 광택 노출콘크리트는 세련된 노출콘크리트를 추구하고 있으며, 내구성을 고려한 콘크리트 배합을 적용한 것으로서, 향후 사용자들의 인식을 전환시켜 국내에 노출콘크리트를 보급하는데 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) 社団法人 セメント協會, "Cement & Concrete 엔사이클로페디아", 1996, pp.113~114.
- 2) 社団法人 セメント協會, "わかりやすい セメント科學", 1993, pp.84~85.
- 3) ASTM D 523, "Standard Test Method for SPECULAR GLOSS", 1980.
- 4) 한국건설기술연구원, "한중 및 서중콘크리트의 시공 지침을 위한 조사연구", 1986, pp.3~6. □