

광택노출콘크리트의 개발 및 실용화 연구

Study on the Development and Field Application of Glossing Exposure Concrete

하재담^{*} 정태웅^{**} 이현희^{***} 공양식^{****} 강창운^{*****} 정일모^{*****}

Ha, Jae Dam Chung, Tai Wung Lee, Hyun Hee Gong, Yang Sik Kang, Chang Un Jung, Il Mo

ABSTRACT

Recently, high quality architectural concrete, i.e., appearance of natural stone and a marbling effect, is needed. to achive high quality glassy reflective surface for outer wall of the building. In this study to achieve above characteristics of the "glossing exposure concrete" we developed a form practice and the best mix proportion and derived the optimistic removal time of form to bring out the durable glassy reflective surface and durable concrete. Hereby with the "glossing exposure concrete" obtained we applicate for first time, to Electronics and Telecommunications Research Institute situated on Taedok Science Town and it will be the beginning of the construction of "glossing exposure concrete". in this country.

1. 서론

건축물에 있어서 자연적인 외관 및 외장재료 절약, 건물 자중경감, 외장 보수비 감소 등 경제적인 측면에서 유리한 광택노출콘크리트의 적용은 중요하다.

본 연구는 광택이 발현되는 콘크리트, 즉 콘크리트의 표면에 대리석과 같은 광택이 발현되며 또한 장기적으로 유지되며, 내구성이 우수한 광택노출콘크리트를 개발하기 위해 노출콘크리트 표면에 광택을 발현시킬 수 있는 거꾸집 공법의 개발, 보통포틀랜드시멘트에 고로슬래그 미분말 및 백시멘트 등을 치환하여 위의 특성을 만족하는 최적의 배합을 도출 및 발현된 광택을 장기간 유지시킬 수 있는 양생 조건의 도출을 목적으로 하고 있다.

또한 국내에서는 최초로 대덕연구단지 소재 전자통신연구원내 신축 건축물에 적용 중이며 향후 광택노출콘크리트의 범용화의 기초로 활용될 것이다.

2. 연구 내용

2.1. 배합시험

광택노출콘크리트는 외부환경의 직접적인 영향을 받기 때문에 중성화 등의 내구성을 향상시켜야 하며 장기적으로 광택이 유지되어야 적용이 가능하다.

*정회원, 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 선임연구원

**두산건설(주) 기술연구소

***쌍용양회공업(주) 충청지사

****쌍용양회공업(주) 강남지사

*****쌍용양회공업(주) 중앙지사

본 배합시험에서는 고내구성 및 광택이 유지되는 광택노출콘크리트의 개발을 위하여 수밀성과 색도를 높이는 목적으로 4,500cm²/g 분말도의 고로슬래그 미분말 및 백시멘트를 치환하였다. 비교용으로 현재 일반적으로 많이 사용되는 1종 시멘트를 사용한 28일 설계강도 240kg/cm²와 300kg/cm²의 콘크리트를 Plain으로 하였다. 광택도 발현을 위해서는, 여러 시험을 통해 광택도 발현율이 높은, High Density Film을 몰드에 적용하는 것을 기본으로 하였으며 또한 공시체 탈형 시기를 3일 및 7일로 구분하여 광택도 및 광택유지성을 측정하였다.

다음의 배합표에 의해 콘크리트를 제조하여 Fresh 및 Hardened 콘크리트, 내구성시험 및 광택도를 측정하였다.

표 1 배합표

Mix	σ ₂₈ (kg/cm ²)	G _{max} (mm)	W/B (%)	S/A (%)	Unit Weight(kg/m ³)						
					W	OPC	Sg	Wc	S	G	AD
100	240	25	53	43	203	380	0	0	728	1018	0.570
	300		46	41	203	441	0	0	674	1022	0.662
910	240		50	42	190	345	35	0	724	1008	1.520
	300		43	39	189	400	41	0	654	1031	1.764
820	240		50	42	190	310	70	0	723	1007	1.520
	300		43	39	189	359	82	0	653	1029	1.764
505	240		50	42	190	190	0	190	723	1006	1.520
	300		43	39	189	221	0	221	653	1029	1.764
406	240		50	42	190	152	0	228	723	1006	1.520
	300		43	39	189	176	0	265	652	1028	1.764
703	300		43	39	189	309	0	132	654	1030	1.764
712						309	44	88	653	1029	
613*						265	44	132	652	1028	

*배합의 표기는 첫째자리는 1종시멘트(OPC), 둘째자리는 고로슬래그 미분말, 셋째자리는 백시멘트의 함유율을 나타낸다. 배합613은 1종시멘트 60%, 고로슬래그 미분말 10%, 백시멘트 30%의 함유율을 나타낸다.

본 배합시험에 사용한 재료의 특성은 다음과 같다.

표 2 사용재료의 특성

구분	생산지	종류	비중	흡수율(%)	조립율
OPC	S사	보통포틀랜드시멘트	3.15	-	-
Sg	S사	슬래그미분말	2.90	-	-
Wc	U사	백시멘트	3.05	-	-
S	부강산 하천사	잔골재	2.60	1.1	2.75
G	청양 채석	굵은골재	2.65	0.7	7.60
AD	Vinsol-80SR	AE감수제	1.05±0.02	-	-
HDF	일본	폴리프로필렌계 수지필름	-	-	-

2.2. 물성시험 및 시험방법

시험은 다음과 같이 KS 및 ASTM 규준에 따라 실행하였다.

표 3 시험종류 및 규격

시험종류		규격	비고
Fresh 콘크리트	슬럼프	KS F 2402	
	공기량	KS F 2421	
	블리딩	KS F 2414	
	용결	KS F 2436	
Hardened 콘크리트	압축강도	KS F 2405	몰드:φ15×30cm
	단열온도상승	-	50/
내구성	건조수축	KS F 2424	몰드:10×10×40cm
	내구성지수	KS F 2437	몰드:10×10×40cm
	축진중성화	-	몰드:φ15×30cm
광택유지성	광택도	ASTM C 779	몰드:φ15×30cm

2.3. 시험결과 및 분석

2.3.1. Fresh 콘크리트

2.3.1.1. 슬럼프 및 공기량

모든 배합은 60분 후의 슬럼프 및 공기량을 $12\pm 2\text{cm}$ 및 $4\pm 1\%$ 로 맞추는 것을 고려하여 초기의 슬럼프를 $18\pm 3\text{cm}$, 공기량을 $4.5\pm 1.0\%$ 로 하였다. 콘크리트를 제조하고 운반을 거쳐 타설시의 작업성을 확보하기 슬럼프의 경시변화는 중요하다. 다음그림에 나타난 것과 같이 일반콘크리트보다 광택노출콘크리트의 슬럼프손실이 적은 것으로 나타났으며, 공기량 손실은 같은 수준이다.

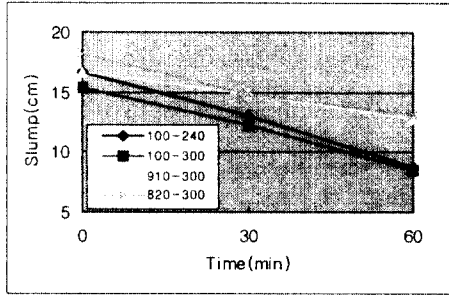


그림 1 슬럼프의 경시변화

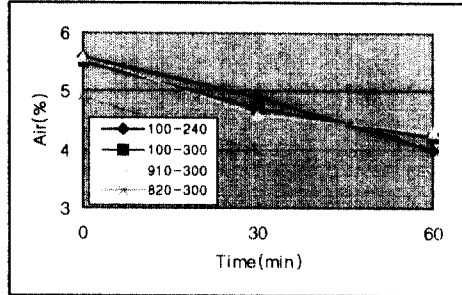


그림 2 공기량의 경시변화

2.3.1.2. 블리딩 및 응결

블리딩이 많은 콘크리트는 재료간의 부착력이 떨어져 강도저하의 원인이 되며 특히 광택노출콘크리트에 있어서 블리딩량이 너무 많으면 표면상태의 내마모성이 저하되므로 블리딩량을 최대한 줄이는 것이 바람직하다. 다음 그림에 나타난 것과 같이 광택노출콘크리트는 일반콘크리트와 비슷한 블리딩량이 발생하였다.

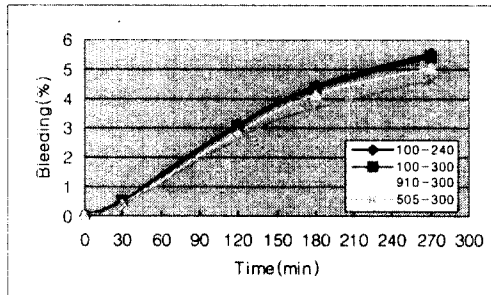


그림3 블리딩 측정결과

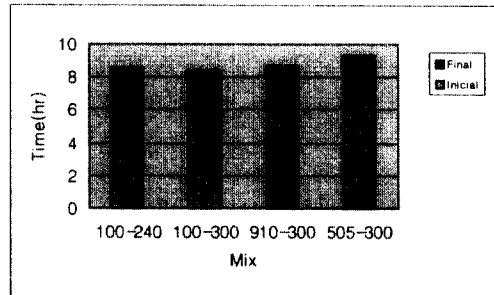


그림4 응결 측정결과

2.3.2. 광택유지성

광택노출콘크리트 제조시 거푸집 표면 재료로서 호마이카, 아크릴, 폴리프로필렌계 수지필름 등을 사용하여 광택도를 측정한 결과 동일 배합의 콘크리트에서는 폴리프로필렌계 수지필름을 사용한 것이 광택도가 제일 우수하게 나왔다. 그리하여 본 연구에서는 이 필름을 거푸집 표면재로 사용하는 것을 기본으로 하였다.

아래의 전자현미경 관찰결과 탈형 시기에 따라 표면상태가 현저히 다른 것을 알 수 있으며 이는 콘크리트가 충분히 경화되지 못한 시점에서 광택발현용 표면재가 부착된 거푸집을 제거하고 그대로 방치할 경우, 표면에 잔존하던 수분이 증발하게 되어 표면 부의 수화가 불규칙적으로 진행되기 때문이다.

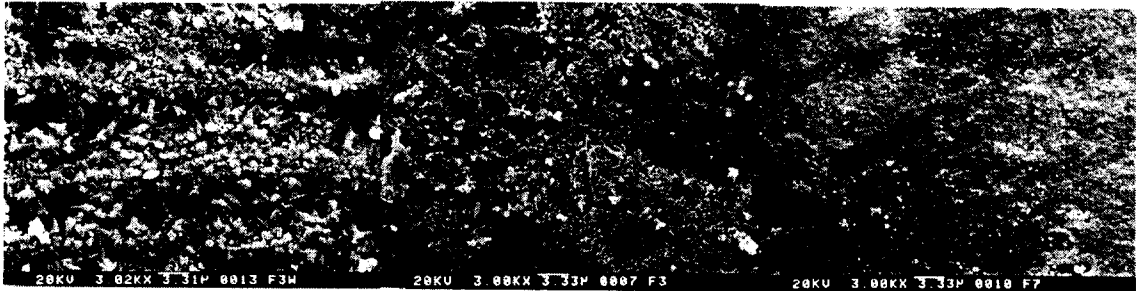


그림 5 탈형 시기 및 양생조건에 따른 광택노출콘크리트의 표면 비교(GEM 사진, 3,000배 확대)

또한 다음 그림과 같이 216일 경과 후 광택도를 측정한 결과 배합 910-300인 경우 49일 대비 불과 15%정도만 감소된 것으로 광택도가 유지되고 있음을 알 수 있다.

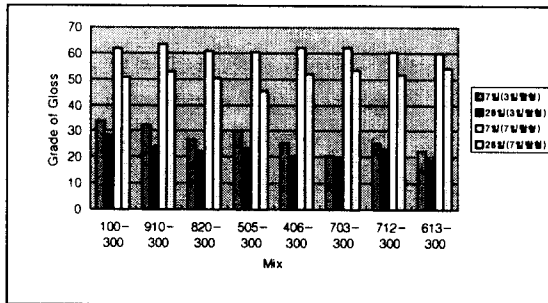


그림 6 탈형 시기 따른 광택도 발전

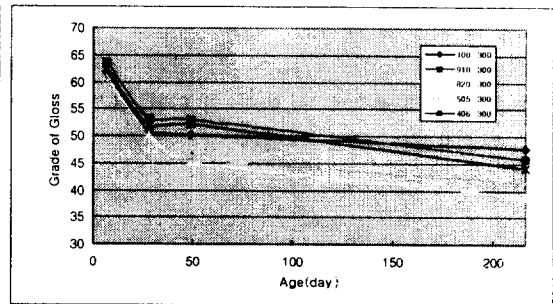


그림 7 광택도 유지선(실외 존지)

216일 경과 후 배합 910-300의 광택도는 46으로 인조대리석 53과 유사한 수준의 광택도가 발현되고 유지됨을 알 수 있다.

2.3.3. Hardened 콘크리트

2.3.3.1. 압축강도

다음 그림에 나타난 것 같이 모든 배합에서 재령 28일 강도는 설계강도를 상회하였다. 또한 고로슬래그를 치환한 콘크리트의 경우에는 장기강도 발현율이 높으며, 고로슬래그의 치환율이 높을수록 장기강도 발현율은 높게 나타난다. 즉, 동일 결합재량에서 고로슬래그를 10% 치환한 910-300 배합에서 28일 대비 91일에서 13%의 강도 증진율을 나타내었고, 20% 치환한 820-300 배합에서는 21%의 강도 증진율을 나타내었다.

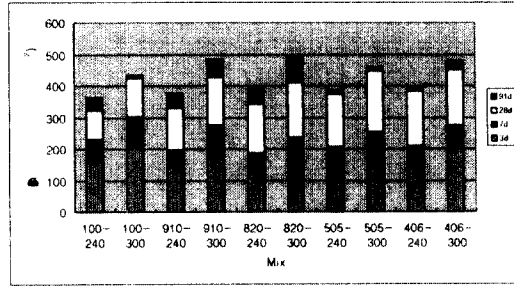


그림 8 압축강도 측정결과

2.4.3. 내구성

2.4.3.1. 건조수축

콘크리트는 수분 및 온도변화에 민감하여 체적의 변화가 일어난다. 일반적으로 콘크리트는 타설 후 기중양생에서 수분이 공기로 증발하여 콘크리트에 체적변화를 일으켜 수축하며 내부 구속된 콘크리트에서는 이로 인하여 균열이 발생한다. 따라서 콘크리트의 균열을 방지하기 위해서는 건조수축이 적어야 한다. 다음 그림에 보여주는 것과 같이 12주까지 측정된 결과 배합 910-300의 경우 배합 100-300의 경우보다 60%정도의 건조수축이 발생하였으며 이는 고로슬래그의 치환으로 시멘트량이 상대적으로 적어 건조수축이 적게 발생된 것으로 사료된다.

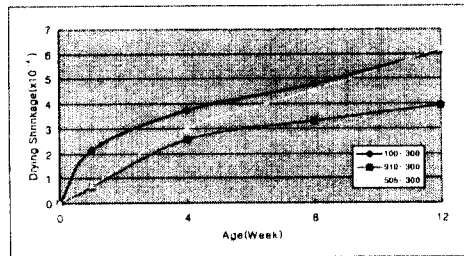


그림 9 건조수축

2.4.3.2. 축진중성화

공기중의 탄산가스가 콘크리트 중의 수산화칼슘과 반응하여 탄산칼슘으로 변화하여 콘크리트가 알칼리성을 상실하면서 콘크리트의 표면에서부터 중성화가 진행된다. 콘크리트가 중성화됨에 따라 수분과 탄산가스가 콘크리트 내에 배근된 철근에 도달하여 녹이 생기며 이 녹으로 인하여 부피팽창이 일어나 콘크리트에 균열이 생김으로 구조물의 내구성이 저하된다.

본 시험에서는 탄산가스 10%, 온도 40°C 및 습도60% 조건에서 축진중성화 시험을 4주간 한 결과 다음 그림에 나타난 것과 같이 중성화 깊이는 8-10mm 수준으로 양호한 것을 알 수 있다.

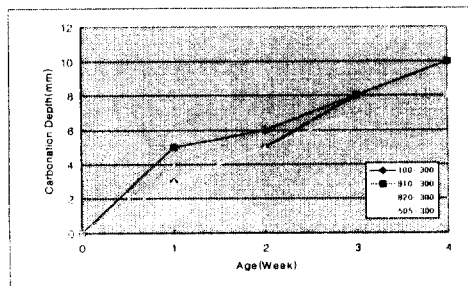


그림 10 중성화 깊이

2.4.3.3. 내구성지수

동결융해 시험을 통하여 측정하는 내구성 지수는 모든 배합에서 아래의 그림과 같이 90%이상으로 아주 양호한 것으로 나타났으며 결합재의 영향은 적은 것으로 사료된다.

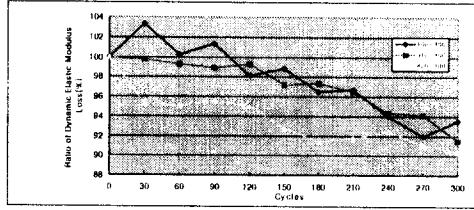


그림 11 동결융해 시험결과

3. 현장적용

본 연구를 통하여 광택도 유지성 및 내구성이 우수한 배합 910-300을 광택노출콘크리트로 채택하여 국내 최초로 대덕연구단지소재 전자통신연구원 제7연구동 건물에 6,600m³를 적용 중이다. 아래 그림과 같이 상태는 양호한 것으로 나타났다.



그림 11 광택노출콘크리트의 적용예

4. 결론

- 1) 일반콘크리트에 슬래그미분말 및 백시멘트를 적정량 치환하여 광택발현이 되는 콘크리트의 제조가 가능하였다.
- 2) 광택발현에는 기본적으로 High Density Film을 몰드에 사용하여야 하며 또한 몰드 존치기간이 길면 길수록 광택발현 및 유지성능도 우수한 것으로 나타났다. 본 연구에서 7일 탈형인 경우 3일탈형에 비해 광택도가 2배이상으로 나타났다.
- 3) 슬래그미분말을 10% 치환한 경우 Plain대비 슬럼프, 공기량의 경시변화, 블리딩, 응결시간 등의 Fresh 상태에서는 유사한 경향을 나타내었으며 굳은 콘크리트에서는 장기강도가 우수하며 건조수축에 유리한 것으로 나타났다.
- 4) 광택노출콘크리트의 범용 화를 위해 이에 대한 연구가 지속되어야 하며 특히 시공측면을 고려하여 우수한 충전성을 지닌 다짐불요의 콘크리트를 적용하면 고품질의 광택노출콘크리트를 제조할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1. Hammond, H.K., III, and Nimcroff, I., "Measurement of Sixty-degree Specular Gloss", Journal of Research, JRNBA. National Bureau Standards.
2. Hayakawa et al., "Construction of a Multi-Purpose Building with the Aim of Creating Highly Durable Architectural Concrete Wall", Concrete Journal, Vol. 30, No. 5, May 1992.