노출콘크리트 표면처리를 위한 거푸집 코팅재료 연구

The mold form coating material research for the exposure concrete surface control

이 영 도*

Lee, Young-Do*

Department of Architectural Engineering, Kyung Dong University, Ko Sung Gun, Kang Won Do, 219-632, Korea

Abstract

This research is a comparative analysis of the surface gloss of concrete depending on the coating material added to the cast, and includes analyses of the surface gloss of specimens made of cement mortar, with and without the addition of superplasticizer. In terms of coating material, the 7th material, which is part of a liquid packaging material, was shown to have the highest gloss, and was followed by the 3rd material, which uses transparent film. As the level of gloss is shown to vary depending on the material used for the coating film, it can be interpreted that the surface gloss can differ depending on surface particles and chemical composition factors. To make a concrete surface smooth, it is more effective to use a coating material with impermeability and a highly dense surface.

Keywords : Exposed Concrete, Form, Coating Materials, Gloss

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

콘크리트는 콘크리트 표면 자체에 아름다움을 표현을 할 수 있다는 것에 큰 장점이 있다. 콘크리트 표면의 아름다운 표현은 구조물의 마감에 많은 영향을 주었고, 건축물의 실내·외 표면의 질감 및 광택도 등이 중요한 표현요소가 되었다.

특별하고 개성 있는 노출면을 만들어 내거나 계속해서 유지해가기 위해서는 여러 가지 부분들을 충분히 검토하고 난 후 시공할 필요가 있다. 콘크리트는 다른 마감재와는 틀려, 비교적 다공성 표면을 가지고 있기 때문에, 오염되기 쉬운 결점이 생기는 것을 전제로 계획하는 것이 중요하다[1].

노출콘크리트를 구체화 해 가는 과정에서는 의외적으로 영향이 미치는 부분의 개선제안 등 설계자와의 협력이 불가결하므로 설계자와의 충분한 커뮤니케이션이 중요하게 된다.

이런 모든 조건이 갖추어졌다 하더라도 노출면을 만들어 내는 것은 거푸집이며, 거푸집의 통기성능 과 흡수성능, 윤활성능 등의 미묘한 변화에도 노출면의 상태가 상이하게 되므로 매우 민감하여 마감성능을 완벽하게 나타내는데 문제가 있는 것이 현실이다[2].

현재에 시공되어진 여러 가지 노출콘크리트 마감에 사용된 소재와 방법 등을 조사, 수집하여 다양하고 특수한 노출콘크리트 마감을 손쉽게 만들어 낼수 있는 코팅재료를 도출하기 위한 연구이다.

콘크리트를 마감으로 사용함에 있어 각 시공업체 마다 다른 시공방법 과 상이한 자재, 현장에서의 배합 차이 등으로 인하여 균일시공이 되지 못하며 콘크리트 제물마감 본연의 우수성을 제대로 발휘하지 못하고 있다. 콘크리트 노출마감 시공시 여러 가지 아름답고 우수한 표면을 만들어내기 위한 노력이 필요하다고 판단된다. 건설업에 사용하지 않았던 산업분야의 사용재료와 나노 및 복합성능을 가진 소재를 응용하여 별도의 외부마감 없이도 콘크리트 재료자체로서 다양하고 아름다운 노출콘크리트 표면을 만들기 위한 복합기능을 가진 신재료 거푸집코팅 및 부착재료를 개발하는데 목적이 있다.

본 연구는 여러 가지 서로 다른 기능을 가진 복합재료를 이용하여 광택과 특별한 마감표면이 나타내는 기능을 가진 거푸집을 개발하는 것으로 차후 건축물과 구조물의 외관과

Received : September 1, 2010

Revision received : October 1, 2010

Accepted : October 8, 2010

* Corresponding author : Lee, Young-Do

[Tel: 82-33-639-0211, E-mail: lyd@k1.ac.kr]

©2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

마감에 다양하게 이용되어 많은 현장에서 중요하게 사용하게 될 것이다.

2. 노출콘크리트의 개요

2.1 노출콘크리트의 특성

노출콘크리트는 부재나 건물의 내외장 표면에 콘크리트 그 자체로만 나타나는 제물치장 콘크리트(Exposed Concrete) 마감을 말하며, 이 공사에서는 표면의 평활도가 최대한 확보되고 일반적인 합판 거푸집에 의한 콘크리트 표면의 미세한 요철 등의 무늬도 노출되지 않는 매끈한 면을 가진 노출면으로 마감하는 것을 말한다. 노출면에 직접 나타나는 거푸집 재료간의 이음부, 긴결재, 폼타이 구멍 등은 의장 면에서 핵심적인 것으로 사전에 일정한 형식과 배치간격이 계획되어야 하고 시공 과정에서 계획대로 철저히 이행되어야 한다[3].

노출콘크리트에서는 콘크리트 타설 구조물에서 나타나는 재료분리, 표면색감과 질감의 불일치, 면의 요철, 거푸집 재료 이음부의 과도한 돌출, 모서리부의 비틀어 짐, 녹물이나 기타 오염된 물질의 표면 묻어남 등 노출면의 품격을 떨어뜨리는 저해요소가 없어야 한다. 또한 시공은 완성 면을 차후에 수정하거나 바탕을 은폐할 수 없으므로 시공계획과 시공단계 및 보양·관리단계 등 전 과정에 걸쳐 최대한의 주의와 노출면의 품격을 향상시키는 최선의 노력이 뒤따라야 한다. 깨끗하고 품위 있는 노출면 등 여러 가지 상태의 마감이 가능하나 특별한 여러 가지 마감 면을 만들어 내기 위해서는 특수한 기능을 가진 거푸집재료 및 코팅재료가 필요하게 된다.

콘크리트 자체가 갖고 있는 색상 및 질감으로 마감재를 이루는 형태로 콘크리트타설 후 거푸집을 탈형한 상태 그대로를 노출시켜 콘크리트 자체가 나타내는 독특한 조형미를 강조하는 것으로 계절 및 일기 변화에 따라 건물의 모양, 질감, 느낌이 다르게 나타나는 다양한 변화를 느낄 수 있는 건축 형태이다[4].

노출콘크리트는 설계에서부터 마무리까지가 전 과정을 분리시킬 수 없는 일체화된 공정 작업임으로 사전에 충분한 검토와 치밀한 계획이 필요하고 숙련된 기술이 뒷받침되어야 한다. 또한 공사 팀웍이 잘 구성되어 있고 공사에 참여하는 모든 직종의 사람들이 혼연일체가 되어 정성을 다해야만 좋은 품질의 노출콘크리트 건축을 이룰 수 있다.

Figure 1. Exposed Concrete

2.2 노출콘크리트 형식과 품질기준

거푸집노출콘크리트공법은 일반적인 형식으로 합판거푸집을 표면재료로 사용하고 콘크리트 자체의 순수한 멋을 자연스럽게 표출해 가장 많이 사용되고 있다. 문양노출콘크리트 공법은 거푸집 표면에 골합석, 가마니, 플라스틱폼, 스티로폼폼, P.E문양폼 등을 붙여 여러 가지 문양을 표현하는 형식으로 변화를 주는 면이나 옹벽 면에 많이 사용하고 있다. 송판노출콘크리트 공법은 거푸집 표면재료로 목재 송판을 사용해 노출표면을 목재의 질감이 나타나도록 하는 형식으로 무광택의 차분하면서 무거운 질감을 느낄 수 있다[5].

고광택노출콘크리트 공법은 거푸집 표면에 광택 전사재를 부착하여 콘크리트를 타설하고 다지게 되면 광택전사재의 매끄러운 표면이 콘크리트 표면에 전사되어 광택이 발현되는 것으로 주로 기념물이나 대형구조물에 쓰이고 있다.

실제 시공상에서의 콘크리트의 강도, 색상, 면상태, 줄눈, 콘의 간격, 콘의 규격 등에 대한 기준 설정 과 현장에서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 파악하여 대책을 세우고 샘플 시

공을 수행하여 품질기준을 설정한다. 또한 콘크리트 강도, 골재 크기, 슬럼프, 혼화재 및 거푸집의 종류, 두께, 표면상태, 결합 방법, 버팀 방법 등을 결정해 놓아야 하며 줄눈 나누기, 콘구멍 나누기, 폼타이, 세퍼레이터, 스페이서, 매지봉, 면목의 재질과 설치장소를 면밀히 검토해야 한다[6].

3 모르터를 이용한 거푸집코팅재료 실험

3.1 실험개요

3.1.1 일반사항

시험체 몰드는 가로 7cm, 세로 7cm, 높이 14cm로 압축스치로폴 2겹을 사용하여 제작하였으며 모르터 타설시 배부름 등의 변형이 일어나지 않도록 하였다. 총 8개의 거푸집코팅 재료를 8개의 공시체 내부에 부착하고 모르터를 타설하여 진동다짐 한 후 탈형하여 노출콘크리트 면의 표면광택도를 측정하였다.

3.1.2 시험재료

시멘트는 KS L 5201(포틀랜드시멘트)의 규격에 적합한 국내 S사 제품을 사용하였으며, 시멘트의 화학적 성분 및 비중은 Table 1과 같다.

Table.1 Chemical Composition and Cement and Weight

Ingredients(%)							Weight
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	lg.loss	
21.9	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15

골재는 KS F 2502(골재의 체가름시험 방법)의 규격에 적합한 골재를 사용하였으며, 골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical Property of Aggregate

Type	Max. Dimension (mm)	Weight	Absorption rate (%)	Fitness Modulus	Unit Weight (kg/m ³)
F i n e Aggregate	5	2.61	1.05	2.69	1,653
Aggregate	25	2.67	1.24	6.83	1,550

시험체에 사용된 시멘트 모르타르는 Table 3과 같이 중량

비를 이용하여 배합설계 하였으며, 가로 7cm, 세로 7cm, 높이 14cm의 사각형 공시체를 제작하여 타설하였다.

Table 3. Mortar Mix Ratio to Cement

Cement	Sand	W/C Ratio
1 (9kg)	2 (18kg)	55%

3.1.3 시험방법

본 연구의 시험방법으로 제작된 몰드에 배합된 모르터를 타설하는데 있어 시멘트와 잔골재를 먼저 혼합하고 혼합수를 넣어 30초간 교반하여 모르터를 배합하였다.

5mm 폼보드 2겹을 이용하여 7×7×14cm 몰드를 제작하는데 4면 중 2면에 코팅재료를 부착하여 총 8종류를 각각 제작하였다. 계획된 모르터 배합설계에 따라 재료를 계량하고 교반기에 넣어 모르터를 제작하였다. 몰드에 모르터를 타설하고 다짐을 한 후에 전체 시험체 모두를 동일하게 진동테이블에서 15초간 진동다짐 하였다.

Figure 2. Measurement of the Mortar Specimen and Gloss

모르터가 새지 않도록 우드락 접촉부분을 테이프로 밀봉하여 배합수 및 페이스트가 흘러 나오지 않도록 조치하였다. 충분히 경화한 후에 탈형하여 건조시키고 노출콘크리트 면의 광택도를 측정하였다. 광택도는 유리가 100으로 상대적인 빛의 반사량을 나타내므로 단위는 없다

2.3 실험결과 및 분석

광택을 측정하는 광택계 (Gloss Meter)는 호리바제품 IG331을 이용하였으며 60° 각도를 이용하여 측정하였다. 그 결과는 Table 4와 Figure 3과 같다.

Table 4. Measurement of the Mortar Specimen and Gloss

Mortar Specimen	1	2	3	4	5	6	7	8
Gloss	3	9	13	11	3	4	41	11

광택도가 가장 높게 나타난 코팅재료는 7번 재료로 액체포장재의 일부이며 2번째는 3번 재료로 투명필름을 이용한 재료이다

Figure 3. Gloss by Specimen

코팅필름의 소재에 따라 광택도가 다르게 나타난 것으로 미루어 소재의 표면입자 상태와 구성재료의 구성에 따라 다른 것으로 판단된다.

4. 콘크리트를 이용한 거푸집코팅재료 실험

4.1 실험개요

4.1.1 일반사항

거푸집의 재료에 따른 광택도의 변화를 측정하기 위해서 동일한 치수의 합판 합판거푸집을 제작하고 안쪽면에는 광택도에 영향을 주는 여러 가지 재료를 덧댄 후 콘크리트를 타설하고 28일간 양생하여 광택도 및 표면 상태를 측정하였다.

4.1.2 실험재료

시멘트는 KS L 5201(포틀랜드시멘트)의 규격에 적합한 국내 S사 제품을 사용하였으며, 시멘트의 화학적 성분 및 비중은 Table 5과 같다.

Table 5. Chemical Composition and Cement and weight

Division	Ingredients(%)							Wei-g ht
Typical	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	$lg.loss$	
Portland Cement	21.9	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15

골재는 KS F 2502(골재의 체가름시험 방법)의 규격에 적합한 골재를 사용하였으며, 골재의 물리적 성질은 Table 6과 같다.

Table 6. Physical Property of Aggregate

Type	Max	Absorpti		Unit
	Dimension	Weight	on rate	
	(mm)		(%)	Weight
Fine Aggregate	5	2.61	1.05	2.69
Aggregate	25	2.67	1.24	6.83

시험체에 사용된 콘크리트는 Table 7과 같이 배합하였으며, 150mm * 150mm * 300mm 공시체를 제작하여 타설하였다.

Table 7. Concrete Blending .

Amount of Cement	Coarse Aggregate	Fine Aggregate	Water-Cement Ratio
17kg	53kg	25kg	45%

4.1.3 실험 방법

거푸집은 합판을 사용하여 150mm * 150mm * 300mm의 규격으로 제작하고 거푸집 내부는 부직포, 흡음재, 장판, 벽지, 등의 재료를 덧대었고 거푸집 합판내부에 콤팩트 등 직접 칠하여 총 18가지의 코팅재료를 사용하여 제작하고 유동화제를 첨가한 것과 그렇지 아니한 것을 비교하기 위하여 같은 재료의 거푸집을 2개씩 제작하였으며 끝으로 광택도 측정기(HORIBA CLOSS CHECKER)를 사용하여 실험하고 결과를 측정하였다.

거푸집 내부 면에 광택도를 측정하기 위한 코팅 재료를 붙이고 콘크리트를 배합한 후 균일한 양을 거푸집에 채우면서 다짐봉으로 다진다. 동일한 밀실도를 유지하기 위하여 콘크리트가 담긴 거푸집을 진동테이블에 올려 30초 동안 다졌으며 제작된 콘크리트를 실내에서 28일간 양생하고 노출콘크리트면의 광택도를 측정하였다.

Figure 4. Measurement of the Concrete Specimen and Gloss

4.1.4 실험결과 및 분석

콘크리트의 양생 28일 후 거푸집을 제거하고 상, 중, 하로 구분하여 광택도 측정기를 사용하여 노출콘크리트 면의 광택도를 측정하고 표면상태를 관찰하였다.

1) 광택도 측정결과

Table 8. Gloss of the Concrete Specimen
(without any superplasticizer added)

Coating Material	Concrete (without any superplasticiser added)			
	Upper	Middle	Lower	Average
c1	1	1	1	1.00
c2	1	1	3	1.67
c3	1	1	1	1.00
c4	1	1	1	1.00
c5	40	33	47	40.00
c6	30	38	53	40.33
c7	46	48	38	44.00
c8	5	4	5	4.67
c9	45	36	36	39.00
c10	41	35	42	39.33
c11	24	22	21	22.33
c12	54	47	41	47.33
c13	1	2	1	1.33
c14	1	1	1	1.00
c15	1	1	1	1.00
c16	2	4	3	3.00
c17	1	1	1	1.00
c18	1	1	1	1.00

Table 8과 같이 유동화제를 혼합하지 않은 콘크리트 타설한 시험체 노출면의 광택도 측정결과 c12번 재료가 평균 47.33으로 가장 높게 측정되었으며 c7번 재료가 44.0으로 2번째로 측정되었다. c12번 재료는 특수포장에 사용되는 재료이고 c7번 재료는 액체를 포장하는 재료이다.

Figure5. Gloss of Concrete Specimens
(without any superplasticizer added)

Table 9와 같이 유동화제를 혼합한 콘크리트 시험체의 광택도 측정결과에서는 유동화제를 넣지 않은

시험체의 광택도와는 다른 결과를 보여주고 있는데 Ac5번 재료가 광택도 46.67로 가장 높게 측정되었으며 Ac9번 재료가 광택도 39.67로 2번째로 높은 광택도를 보이고 있다. Ac5번 재료는 일반적으로 쓰이는 필름이며 Ac9번 재료는 유리 이다.

Ac7, Ac10, Ac12 번 재료는 비교적 높은 광택도를 나타내고 있으며 이 재료들은 특수한 포장에 사용되는 재료들이다.

나머지 현저하게 낮은 광택도를 보이고 있는 재료들은 표면이 평활하지 않으며 밀실하지 않은 재료들로 구성되어 있다. 그중에는 재료 표면이 반짝거리면서 매우 높은 광택도를 나타낼 것으로 예상한 재료가 포함되어 있어 해당재료의 화학성분, 흡수성 등의 정밀한 연구분석이 필요한 것으로 나타났다.

전반적으로 유동화제를 혼합하지 않은 시험체의 광택도가 유동화제를 혼합한 시험체의 광택도가 높게 나타났으나 그 차이는 미미하였다.

Table 9. Gloss of the Concrete Specimens
(with superplasticizer added)

Measurement Position Coating Material	Concrete (with superplasticizer added)			
	Upper	Middle	Lower	Average
Ac1	1	1	1	1.00
Ac2	3	4	4	3.67
Ac3	1	5	6	4.00
Ac4	1	1	1	1.00
Ac5	30	58	52	46.67
Ac6	22	32	12	22.00
Ac7	40	32	33	35.00
Ac8	3	4	1	2.67
Ac9	30	49	40	39.67
Ac10	42	35	40	39.00
Ac11	27	28	28	27.67
Ac12	33	38	38	36.33
Ac13	1	1	1	1.00
Ac14	3	3	1	2.33
Ac15	1	1	1	1.00
Ac16	3	6	6	5.00
Ac17	3	3	3	3.00
Ac18	3	3	3	3.00

2) 표면상태

실험체 노출콘크리트 표면 상태는 광택도가 높을수록 표면이 매끄러웠고 콘크리트 실험체의 상단부에서 하단부로 내려갈수록 콘크리트가 밀실한 것으로 나타났고 최하단 5%는 공극이 심하고 표면 상태가 매끄럽지 못한 것으로 나타났다. 코팅재료의 종류와 표면상태에 따라 표면질감이 독특하게 나타남으로 이를 이용하면 노출콘크리트 표면을 원하는 디자인과 질감을 나타낼 수 있을 것이다.

Figure 6. Gloss of the Concrete Specimens
(with superplasticizer added)

5. 결 론

본 실험연구는 거푸집 재료별 광택도 비교 분석으로서 시멘트모르타르로 제작한 시험체의 광택도를 분석하고 유동화제를 혼합한 콘크리트와 혼합하지 않은 콘크리트의 노출콘크리트 표면 광택의 특성을 분석한 것으로 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 시멘트모르타르를 이용한 코팅재료별 광택도 분석에서 광택도가 가장 높게 나타난 코팅재료는 7번 재료로 액체포장재의 일부이며 2번째는 3번 재료로 투명필름을 이용한 재료이다. 코팅필름의 소재에 따라 광택도가 다르게 나타난 것으로 미루어 소재의 표면입자 상태와 재료의 구성에 따라 다른 것으로 판단된다.
- 2) 혼화제를 혼합하지 않은 콘크리트에서는 c12번 특수포장재료의 광택도가 가장 높게 측정되었고 유동화제 첨가 콘크리트에서는 필름을 사용했을 때 광택도가 가장 높게 측정되었다. 대체적으로 유동화제를 사용한 5번 실험체에서 광택도가 높게 나왔으며 높이에 대한 결과는 대체적으로 하단부의 광택이 높게 측정되었다.
- 3) 표면상태 역시 동일한 실험 결과로 인해 거푸집의 재료가 매끄럽고 밀실 할수록 표면상태가 매끄럽고 공극이 적다. 콘크리트의 표면상태를 매끄럽게 하기 위해서는 불투수성이며 밀실한 재료를 사용하는 것이 효과적이다. 코팅재료의 종류와 표면상태에 따라 표면질감이 독특하게 나타남으로 이를 이용하면 노출콘크리트 표면을 원하는 디자인과 질감을 나타낼 수 있을 것이다.
- 4) 향후 본 논문에서 적용된 코팅재료를 실구조물에서 적용하여 간단한 방법으로 원하는 노출콘크리트 면을 만들어 내는 현장적용 시험을 실시할 예정이다.

본 연구는 거푸집에 부착하는 코팅재료에 따른 콘크리트 표면광택도 비교 분석으로서 시멘트모르타르로 제작한 시험체의 광택도를 분석하고 유동화제를 혼합한 콘크리트와 혼합하지 않은 콘크리트의 노출콘크리트 표면 광택의 특성을 분석한 것이다. 시멘트모르타르를 이용한 코팅재료별 광택도 분석에서 광택도가 가장 높게 나타난 코팅재료는 7번 재료로 액체포장재의 일부이며 2번째는 3번 재료로 투명필름을 이용한 재료이다. 코팅필름의 소재에 따라 광택도가 다르게 나타난 것으로 미루어 소재의 표면입자 상태와 화학적 구성요소의 따라 다른 것으로 판단된다.

콘크리트의 표면상태를 매끄럽게 하기 위해서는 불투수성이며 매우 밀실한 표면을 가진 코팅재료를 사용하는 것이 효과적이다.

키워드 : 노출콘크리트, 광택도, 코팅재료, 필름,

Acknowledgment

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (KRF-313-2007-2-D00875).

References

1. Construction Materials, Gimundang, Architectural Institute of Korea, 2002
2. Lee YD, Jeong SJ, Kang BH, Lee CS, Seo SW, Lim NG, Kim SS, Son JG, Baek MS Construction Materials, Gimundang, 2002
3. Lee YD, Jeong SJ, Kim CD, Kim TY, Seo SW, Jeong JD, Choi SK, Lim NG, Kim SS, Jeong KH Building Construction, Gimundang, 2003
4. Lee YD, Hirose Yasdaka, Exposed Concrete, Gimundang, 2007
5. Han CG, Jeon CG, Properties of the Surface-Glossing of Exposed Concrete Considering Mixing Factors, Journal of the Architectural Institute of Korea, 2001; 17(11): 83-88
6. Kim JW, Park HG, Jo SY, Jeong GH, Jeong JW, Jeong SJ, An Experimental Study on Performance Evaluation According to the Glossing Surface Design of Concrete,