

# 木製거푸집 사용으로 콘크리트表面에 發生하는 硬化不良現象에 대한 研究

A Study on Dusting of Formed Concrete Surface

文	翰	英*
Moon,	Han	Young
崔	在	眞**
Choi,	Jae	Jin

## Abstract

We occasionally find a thin layer of imperfectly hardened concrete surface when the wood form is stripped off.

It has been generally believed that the principal causes were the effects of reactive form oil, adhesive agent or formalin which has been used in the course of plywood manufacturing.

However, in this experiment, it became clear that the concrete surface could be influenced more harmfully by a certain species of wood form and the storage conditions of wood form rather than any other causes.

Especially, the main cause of the severely dusty layer is the use of wood form exposed to sun for a long period.

Countermeasures, therefore, for preventing concrete surface from dusting are also discussed in this paper.

## 要 旨

木製거푸집을 사용한 콘크리트構造物에서 거푸집을 제거했을 때 콘크리트표면에 硬化不良으로 인한 결함부분을 종종 발견하게 된다.

이러한 콘크리트 표면의 硬化不良現象을 거푸집에 塗布하는 剝離劑나 합판 제조시 사용되는 接着劑 또는 포르말린 등의 영향으로만 일반적으로 생각해 왔다. 그러나 실험결과 목재거푸집을 사용한 콘크리트 표면의 硬化不良現象은 이런 원인보다는 오히려 목재의 종류나 목재의 보관상태 특히 太陽光線에 장시간 노출시킨 거푸집을 사용했을 때 심한 영향을 미침을 알 수 있었다.

그래서 목재거푸집을 사용한 콘크리트표면의 硬化不良現象을 방지하기 위한 대책에 대해서도 실험을 통하여 고찰했다.

\* 正會員 · 漢陽大學校 工科大学 土木工學科 教授

\*\* 正會員 · 漢陽大學校 大學院 碩士過程

## 1. 서 론

콘크리트를 타설하여 어느 재령이 경과한 다음 거푸집을 제거했을 때 콘크리트표면의 경화상태가 불량하여 콘크리트표면이 쉽게 부서지거나 콘크리트가 거푸집에 묻어 나오는 경우가 있으며, 또한 거푸집과 접촉하지도 않은 콘크리트 바닥 등에서 시멘트분말이 먼지모양으로 발생하는 경우가 흔히 있는데 이러한 현상을 콘크리트표면의 硬化不良現象(dusting of concrete surface)이라고 한다<sup>(1)</sup>. 이러한 콘크리트표면의 硬化不良現象의 원인으로서는 콘크리트의 탄산화에 의한 경우<sup>(2,3)</sup>, bleed water 등에 의한 물이 표면에 상당량 있는 상태에서 표면마우리를 한 경우<sup>(4-7)</sup>, 콘크리트표면과 거푸집과의 접촉면에서 발생하는 경우<sup>(8-12)</sup> 등을 들 수 있다. 이들 요인 중에서 특히 거푸집과의 접촉면에서 발생하는 硬化不良現象은 콘크리트구조물의 耐久性, 耐磨耗性을 저하시키고 水密性이 감소되며, 구조물의 미관상에도 좋지 않을 뿐만 아니라 콘크리트구조물의 표면에 타일이나 표면을 처리해야 할 경우 문제점으로 야기되고 있다. 이러한 콘크리트표면의 硬化不良現象은 거푸집용으로 합판을 사용하면서부터 더욱 문제점으로 대두되기 시작하였고<sup>(13)</sup>, 이들 원인 규명을 위한 연

구<sup>(14-18)</sup>가 활발히 진행되고 있으며 丸一씨<sup>(19)</sup>는 합판 접착제 3종류와 접착제중의 포르말린에 대한 실험결과를 발표하고 있으나 접착제의 종류에 따른 차이점이나 문제점을 발견하지 못했다고 보고하고 있다. 한편 中堂씨<sup>(20)</sup>에 의하면 목재에 함유된 리그닌, 탄닌 또는 당류 등의 有害物質이 콘크리트의 알칼리에 의해 용출되어 시멘트의 水和에 나쁜 영향을 미친다고 분석하고 있다.

이외에도 Hurd<sup>(1,21)</sup>은 거푸집면에 剝離劑를 과다하게 塗布할 경우 등에서 硬化不良現象이 발생한다고 보고하였다.

본 연구에서는 콘크리트표면에 발생하는 硬化不良現象의 원인을 조사하기 위하여 목재의 종류, 박리제의 종류, 건조한 목재거푸집, 太陽光線에 장시간 노출시킨 목재거푸집 및 부패한 목재거푸집을 사용하여 콘크리트표면의 경화상태를 관찰하였다. 그리고 콘크리트표면의 硬化不良現象을 억제하기 위한 수단으로 목재 거푸집 표면에 시멘트풀을 도포 처리하는 방법에 대해서도 실험을 통하여 연구 고찰하였다.

## 2. 實驗概要

### 2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드 시멘트로서 화학성분과 물리적 성질은 표 1 및 표 2와 같다.

표 1. 시멘트의 화학성분(%)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ig. loss	SO <sub>3</sub>	합 계
21.2	5.5	3.2	61.1	3.0	0.12	1.34	2.0	2.6	100.1

표 2. 시멘트의 물리적 성질

분 말 도			응 결 시 간		안정도 (%)	압 축 강 도(kg/cm <sup>2</sup> )		
88 $\mu$ 잔분 (%)	44 $\mu$ 잔분 (%)	Blaine's (cm <sup>2</sup> /g)	초 결 (분)	종 결 (시)		3 일	7 일	28 일
4.7	19.7	3,550	220	6.25	0.14	158	198	271

표 3. 골재의 물리적 성질

항목	비 중	흡 수 율 (%)	단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> )	마 모 율 (%)	No. 200체 통과율 (%)	조 립 율	유기불순물
종류							
잔 골재	2.60	1.01	1,630	—	0.93	2.71	무 색
굵은골재	2.60	1.39	1,650	14.2	—	6.75	—

표 4. 목재거푸집의 종류 및 산지

목재의 종류		산지및제조회사
침엽수	미송	미국
	칠레송	미국
	유송	미국
	나엽송	미국
활엽수	나왕	인도네시아
	오동나무	한국
	포푸라	한국
	참나무	한국
합판	I	한국
	II	명성
	III	대성
	IV	성창
	V	구

표 5. 목재거푸집에 도포한 박리제의 종류 및 혼합비

No.	박리제의 종류	혼합비
1	경유	—
2	경유:모터오일	3:1
3	경유:모터오일	2:1
4	경유:모터오일	1:1
5	폐유	—
6	폐유:경유	3:1
7	폐유:석유	3:1
8	폴탈	—
9	폴탈:경유	3:1
10	폴탈:석유	3:1

(2) 골재: 잔골재, 굵은골재는 다같이 충북 옥천산의 하천모래 및 자갈로서 물리적 성질은 표 3과 같으며, 굵은골재의 최대치수는 25 mm이다.

(3) 목재: 본 실험에 사용된 목재는 표 4와 같이 침엽수 4종, 활엽수 5종 및 합판 5종, 합계 14종으로서 거푸집의 두께는 12 mm로 정하였다.

(4) 박리제: 목재거푸집에 도포한 박리제는 경유, motor oil, 석유, 폐유 및 폴탈을 표 5와 같이 10종류의 혼합비로 사용하였다.

2.2 실험방법

(1) 모르타르표면의 硬化不良두께 측정

횡강도 시험용 몰드 15×15×55 cm를 3등분하여 내측면에 15×15 cm 크기의 종류가 다른 목재를 거푸집으로 사용하여 시료를 채워넣고 2일 후 탈형하여 모르타르표면의 硬化不良두께를 측정하였다. 측정방법은 원래 공시체의 두께를 측정할 다음 경화가 불량한 부분을 끊어낸 후 다시 두께를 측정하여 그 두께의 차를 경화불량 두께로 하였다. 이 실험에 사용된 모르타르의 배합은 보통콘크리트의 배합에서 굵은골재만을 제거한 2종류로서 표 6과 같다.

표 6. 모르타르의 배합

종류	함목 물시멘트비 (%)	재료량(kg)			용적 (m³)
		W	C	S	
A	53	160	300	700	0.524
B	60	180	300	700	0.544

(2) 硬化不良한 표면의 시멘트 水和상태 관찰  
정상적으로 水和한 모르타르와 경화가 불량한 모르타르의 시멘트의 수화상태를 비교 관찰하기 위하여 재령 2일에 공시체를 탈형한 즉시 모르타르표면을 칼로 끊어 88μ 체로 쳐서 통과한 시멘트 분말을 편광현미경과 X-ray diffracto meter (이하 X.R.D로 약함)로서 시멘트의 수화상태

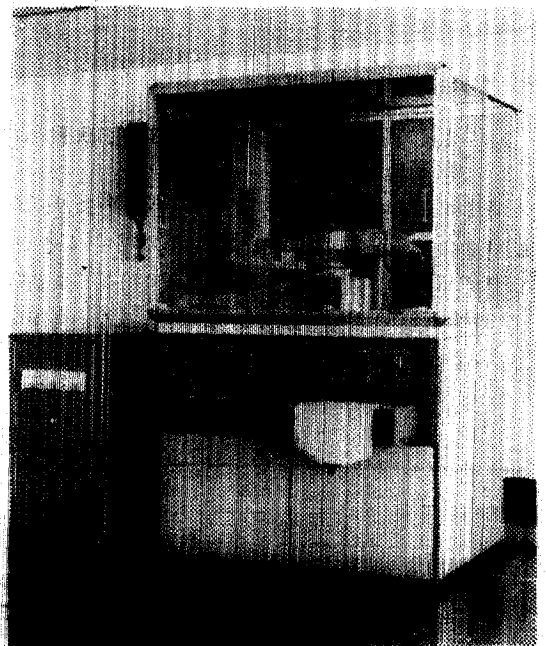


사진 1. X-ray diffracto meter

를 각각 분석하였다.

X.R.D는 X선의 廻折作用을 이용한 것으로 시료속에 어떤 결정질이 들어있는지 유무를 정량, 정성분석할 수 있으며, 원자들의 위치, 구조분석 등에 널리 이용된다. 한편, 편광현미경은 倍率 50~1500배까지 촬영 가능하며 자연광을 편광시켜 시료에 투사한 후 통과되어 나오는 빛을 관찰함으로써 시료의 확대 관찰을 할 수 있는 현미경이다.

(3) 콘크리트의 강도측정

콘크리트표면의 경화불량상태가 콘크리트의 강도에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 종류가 다른 목재를 거푸집으로 사용하여 압축강도와 휨강도를 측정하였다. 압축강도와 휨강도용 공시체는 각각 10 cm 입방체와 15×15×55 cm의 빔모드로서 내측면과 밑면에 합판을 대고 콘크리트를 채워 넣은 다음 2일 후에 탈형하여 28일까지 수중양생하여 강도 시험을 하였다. 이 실험에 사용된 콘크리트의 배합은 표 7과 같다.

표 7. 콘크리트의 배합

목재의 최대 치수 (mm)	슬럼프 (cm)	물시멘트 비 (%)	잔골재율 (%)	단위량(kg/m³)			
				W	C	S	G
25	8.7	51.6	37	165	320	706	1201

3. 實驗結果에 대한 考察

3.1 木製거푸집의 종류에 따른 表面變化 狀態에 대한 高찰

목재거푸집을 사용한 모르터 및 콘크리트의 표면경화상태를 조사하기 위하여 침엽수 4종류, 활엽수와 합판 각각 5종류를 선택하여 모르터의 경화불량상태를 표면의 두께로 조사 측정된 것이 표 8이다. 표 8에서 알 수 있듯이 침엽수

의 낙엽송과 활엽수의 오동나무, 아카시아를 거푸집으로 사용한 경우, 모르터의 표면에 0.2~0.5 mm 정도의 경화불량현상이 나타났으나, 합판을 거푸집으로 사용한 경우 모르터의 표면에 경화불량현상이 전혀 발생하지 않음을 알 수 있다.

표 8. 목재거푸집의 종류에 따른 모르터 표면의 경화불량두께(mm)

목재의 종류		모르터의 물시멘트 비 (%)	
		53	60
침엽수	미송	0	0
	칠레송	0	0
	옥송	0	0
	낙엽송	0.2	0.2
활엽수	나왕	0	0
	오동나무	0.2	0.5
	포푸라	0	0
	참나무	0	0.2
	아카시아	0.2	0.2
합판	한국합판	0	0
	광명합판	0	0
	대성합판	0	0
	성창합판	0	0
	청구합판	0	0

그러나 近藤<sup>(22)</sup>에 의하면 낙엽송을 거푸집으로 사용한 콘크리트의 경우 본 실험결과와는 달리 표면경화불량현상이 발생하지 않는다는 연구 보고도 있다. 따라서 같은 종류의 나무라도 春, 秋材部の 차이, 벌목시기 및 산지 등에 따라 약간의 차이가 있다고 생각된다. 한편 합판을 거푸집으로 사용한 경우, 표면경화불량현상이 발생하지 않은 이유로서는 합판의 재료가 경화불량을 일으키지 않는 나왕으로 제조되기 때문이

표 9. 목재의 성분<sup>(23)</sup>

(對絶乾材 %)

목재의 종류	抽出物				pentosan	mannan	galactan	cellulose	lignin	
	ethanol benzen	冷水	温水	熱 1% NaOH						
침엽수	적송	1.9~3.9	0.5~0.9	1.6~3.6	10.7~24.5	9.9~12.9	3.5~10.1	0.3~0.8	48.6~58.3	24.9~31.6
	삼목	1.3~5.0	1.0~2.8	1.3~3.0	13.2~22.7	9.6~12.0	3.6~7.8	0.3~1.3	49.0~59.6	28.0~34.8
활엽수	너도밤나무	0.6~3.8	0.6~3.0	1.5~3.6	15.7~19.8	21.3~26.2	0	0.1~1.6	51.9~61.2	18.3~24.2

라고 생각된다. 목재의 종류가 모르터나 콘크리트의 표면경화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 침엽수와 활엽수종의 대표적인 목재 한두가지의 성분을 소개해 보면 표 9와 같다.

이외에 침엽수의 흑송, 노송나무 등의 화학성분도 적송, 삼목이나 비슷하다. 일반적으로 침엽수나 활엽수 다같이 셀룰로오스는 거의 같으나 pentosan, mannan 등 헤미셀룰로오스라고 하는 셀룰로오스 이외의 고분자 탄수화물군은 침엽수에서는 12~15%, 나왕을 제외한 활엽수에서는 20% 내외, 리그닌은 침엽수에서 30%내외, 활엽수에서 25%내외로 함량이 다름을 알 수 있다. 일반적으로 헤미셀룰로오스는 열 및 산기수분해에 비교적 불안정하기 때문에 분해되기 쉽고 또한 저분자가 함유되어 있기 때문에 일반적으로 헤미셀룰로오스를 많이 함유하고 있는 활엽수를 거푸집으로 사용하면 콘크리트표면에 경화불량현상이 발생하는 경향이 크다고 하는 연구보고도 있으나<sup>(23)</sup>, 아직 명확한 원인 규명은 되지 않고 있는 실정이다. 한편 콘크리트표면에서 긁어낸 시멘트를 분석했을 때 목재로부터 용출된 것으로 추정되는 셀룰로오즈, 헤미셀룰로오즈의 일부 리그닌, 탄닌, 색소, 알카로이드, 유지, 수지 등을 발견할 수 있었으나 이들 중 어

떤 성분이 모르터나 콘크리트의 표면경화불량의 가장 주된 원인인지에 대해서는 규명해야 할 과제로 생각된다.

### 3.2 剝離劑의 종류에 따른 모르터의 表面硬化狀態에 대한 고찰

박리제의 종류에는 동, 식물성 기름, 광물성 기름을 주성분으로 한 것, 계면활성제를 이용한 것, 파라핀을 주성분으로 한 것 등이 있다. 박리제를 거푸집에 塗布하는 목적은 모르터나 콘크리트가 패늘에 부착하는 것을 방지하며, 철거작업을 용이하게 하며, 패늘의 수명을 연장시키고 패늘이 廢水에 의하여 팽창하는 것을 방지하기 위함이다. 그런데 박리제의 종류에 따라 시멘트와 반응성이 강해 응결을 지연시키며, 강도를 저하시키는 경우가 있으며, 또한 목재에 흡수된 후에도 알카리수에 접하면 재차 용출하는 可逆現象을 나타내기 때문에 반응성이 있는 것은 경화불량을 촉진시키게 된다고 한다.<sup>(19)</sup>

우리나라에서는 풀탈이나 세차장에서 나오는 폐유 등을 석유나 경유 등과 혼합하여 박리제로 많이 쓰고 있는 실정이다. 그래서 본 실험에서는 박리제의 종류 및 박리제를 거푸집에 도포한 후 거푸집으로 사용하기까지의 경과시간(0, 3, 14, 24 시간)에 따라 모르터 표면의 경화상태를

표 10. 박리제를 도포한 후 경과시간에 따른 모르터 표면의 경화불량두께(mm)

No.	목재의 종류 경과시간(시) 박리제의 종류	미 송				오 동 나 무				합 관			
		0	3	14	24	0	3	14	24	0	3	14	24
1	박리제 사용없음	0				1.0				1.0			
2	경 유	0	0	0	0	1.0	1.0	0.5	2.0	1.5	1.0	0.5	1.5
3	경유 : 모터오일 (3 : 1)	0	0	0	0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0
4	경유 : 모터오일 (2 : 1)	0	0	0	0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0
5	경유 : 모터오일 (1 : 1)	0	0	0	0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.5	1.0	0.5	1.5
6	폐 유	0	0	0	0	0	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1.0
7	폐유 : 경유 (3 : 1)	0	0	0	0.2	1.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0
8	폐유 : 석유 (3 : 1)	0	0	0	0	2.0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0
9	풀 탈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	풀탈 : 경유 (3 : 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	풀탈 : 석유 (3 : 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

주) 사용모르터의 풀 시멘트비 53%.  
합판은 태양광선에 120시간 노출시킨 것을 사용함.

측정한 결과가 표 10이다.

이 표에 나타난 바와 같이 본 실험에 사용한 박리제의 종류에 따른 모르터의 표면경화불량상태의 차이는 없는 것 같다. 다시 말해서 표면경화불량을 일으키는 목적은 박리제를 도포하여 도포전의 표면경화불량 두께와 거의 같은 정도의 표면경화불량현상을 나타내므로 박리제가 표면경화불량현상을 유발하는 것 같지는 않다. 표 속에서 볼탈이나 콜탈에 경유 또는 석유를 섞어 사용한 박리제의 경우 목적의 종류에 관계없이 표면경화상태가 매우 양호한 결과로 나타났으나, 사용결과 거꾸집이 모르터면에 부착되어 잘 떨어지지 않아 사용상의 문제점이 있었다. 한편 거꾸집에 박리제를 도포한 후 콘크리트 타설시까지의 경과시간에 따라 경화불량현상의 차이가 있는지의 여부를 확인하기 위한 실험으로 0~24시간까지 측정해 본 결과 본 실험의 범위에서는 차이가 별로 없음을 알 수 있었다. 이번에는 시판중인 박리제(Reebol emulsion, Foseco Korea Ltd. 제조)를 목제거꾸집에 도포한 실험결과를 정리한 것이 표 11이다. 이 표에

표 11. 박리제의 사용유무에 따른 모르터 표면의 경화불량두께(mm)

목제의 종류		박리제의 종류	
		박리제 사용 없음	Reebol emulsion도포
침엽수	미 송	2.0	2.0
	칠레 송	1.0	1.0
	육 송	1.5	2.5
	낙엽 송	1.5	1.0
활엽수	나 왕	0.5	0.5
	오동나무	3.5	5.0
	포푸라	1.5	2.5
	참나무	2.0	2.0
합 판	아카시아	2.5	2.5
	한국합판	1.0	1.0
	광명합판	1.5	2.0
	대성합판	1.0	1.5
합 계	성창합판	2.0	1.0
	청구합판	1.0	1.0
합 계		22.5	25.5

주) 사용모르터의 물시멘트비 53%  
목적은 태양광선에 120시간 노출시킨 것을 사용함

서 알 수 있듯이 14 종류의 목적에 박리제를 도포함으로써 도포하지 않은 목적 거꾸집을 사용한 경우보다 모르터의 경화불량두께가 얼마간 증가하는 경향을 나타내었다. 그러면 박리제가 시멘트의 경화에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위한 한 실험에<sup>(19)</sup>(표 12)를 소개하기로 한다. 이 실험에서는 박리제를 혼합수에 첨가하여 콘크리트를 막성한 결과이므로 앞의 실험과는 실험조건이 다를 뿐만 아니라 표면경화불량과의 직접적인 상관관계를 나타내기 어려우나 박리제가 시멘트의 수화에 미치는 영향에 대하여 간접적인 평가를 할 수 있는 자료로서 가치가 있다고 생각된다.

이외에도 목제거꾸집을 청소할 때 사용하는 muriatic acid나 patented lime-solvent와 같은 청소용 제제 등으로 인하여 콘크리트의 표면에 유해한 경우가 발생하므로 이에 대한 주의가 요망된다.<sup>(24)</sup>

표 12. 박리제를 혼합수에 첨가한 모르터의 물성시험 결과

박리제의 종류	희석 배율 (배)	희석액의 PH	응결시간(시:분)			강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	
			w/c (%)	초결	종결	압축	휨
첨가없음	—	6.22	26.0	2:24	4:06	208	43.2
植物油	10	10.84	28.0	2:21	4:02	161	29.9
	10	9.00	31.1	2:50	4:58	122	27.0
礦物油	10	9.11	34.3	4:23	6:55	34	13.5
	10	9.20	32.1	3:59	5:54	45	15.4
파라핀	10	8.50	28.9	3:01	4:32	154	40.1
	5	9.30	31.0	3:36	5:36	91	31.6

### 3.3 태양에 노출된 목제거꾸집을 사용한 모르터의 표면硬化狀態에 대한 고찰

태양광선에 노출된 목제거꾸집을 사용하면 모르터나 콘크리트의 표면에 경화불량현상이 발생한다는 보고가 있으나<sup>(9,20,23)</sup> 그 원인은 아직 명확히 밝혀 지지 않고 있는 실정이다. 한편 Race<sup>(22)</sup>씨는 태양광선중의 자외선에 의하여 목제의 성분중에서 셀룰로오스가 약화됨을 발표하고 있다. 다시 말해서 자외선 파장 200m $\mu$ 이하의 원자외선의 범위에서는 원자외선의 에너지에 의하여 직접 분자결합이 파괴된다고 하며, 파장

표 13. 목재거꾸집을 태양광선에 노출시킨 시간에 따른 모르터 표면의 경화불량두께(mm)

목재의 종류		노출시간(시)		0	10	20	40	80	120
침엽수	미송	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0.2(0.2)	1.0	2.0
	칠레송	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0.5	1.0
	육송	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0.2(0)	2.0	1.5
	낙엽송	0.2(0)	0.2(0)	0.5(0)	0.5(0)	1.5	1.5	1.5	1.5
활엽수	나왕	0(0)	0	0(0)	0(0)	0(0.2)	0.2	0.2	0.5
	오동나무	0.2(0.2)	2.0(2.0)	3.0(2.0)	3.0(2.0)	3.0(2.0)	3.0	3.0	3.5
	포푸라	0(0)	0(0)	0(0)	0.2(0)	1.5	1.5	1.5	1.5
	참나무	0(0)	0(0)	0.5(0.2)	1.0(0)	0.5	0.5	2.0	2.0
	아카시아	0.2(0.2)	0.2(0.2)	0.2(0)	1.0(0)	2.0	2.0	2.5	2.5
합판	한국합판	0(0)	0(0)	0.2(0)	0.2(0)	1.0	1.0	1.0	1.0
	광명합판	0(0)	1.5(0)	1.5(0)	1.0(0)	1.5	1.5	1.5	1.5
	대성합판	0(0)	0(0)	0(0.2)	0.2(0.2)	1.0	1.0	1.0	1.0
	성창합판	0(0)	0.2(0)	0.2(0)	0.2(0.2)	1.0	1.0	2.0	2.0
	청구합판	0(0)	0(0)	0(0)	0.2(0)	1.0	1.0	1.0	1.0
합계		0.6(0.4)	4.1(2.2)	6.1(2.4)	7.9(3.0)	19.7	22.5		

단, 사용모르터의 물시멘트비 53%

표 14. 목재거꾸집을 태양광선에 노출시킨 시간에 따른 모르터표면의 경화불량두께(mm)

목재의 종류		노출시간(시)		0	10	20	40	80	120
침엽수	미송	0	0	0	0	0.2	0.2	1.0	1.0
	칠레송	0	0	0.2	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0
	육송	0	0.2	0.2	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5
	낙엽송	0.2	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5
활엽수	나왕	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	오동나무	0.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
	포푸라	0	0	0.2	0.5	1.0	2.0	2.0	2.0
	참나무	0.2	0.2	0.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	아카시아	0.2	0.2	0.5	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0
합판	한국합판	0	0	0.2	0.2	1.5	1.0	1.0	1.0
	광명합판	0	1.5	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	대성합판	0	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0
	성창합판	0	0.2	0.2	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
	청구합판	0	0.2	0.2	0.2	1.5	1.0	1.0	1.0
합계		1.1	5.7	6.9	10.5	18.4	20.2		

단, 사용모르터의 물시멘트비 60%

400 m $\mu$ ~250 m $\mu$ 의 근자의선이나 가시광선은 직접 셀물로오즈를 분해시킬 수 없고 勵起(excitation)산소, 수소과산화물에 의하여 산화셀물로 오즈를 생성하여 2차적인 약화를 가져온다고 한다. 그래서 신선한 목재와 태양에 노출시킨 목재거꾸집을 사용한 모르터의 표면경화상태를 측

정하여 정리한 것이 표 13, 표 14로서, 이 표에 의하면 태양광선에 노출된 시간이 0~120시간으로 증가함에 따라 모르터의 경화불량두께가 크게 증가함을 알 수 있었다. 한편 일차 사용한 거꾸집을 태양광선에 노출시키지 않고 다시 사용한 경우의 실험결과를 괄호속에 나타냈으며



사진 2. 강재거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (400×)

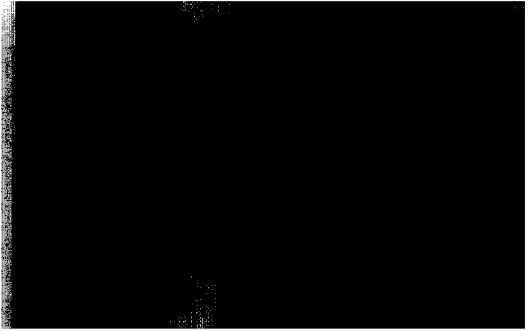


사진 3. 미송거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (400×)

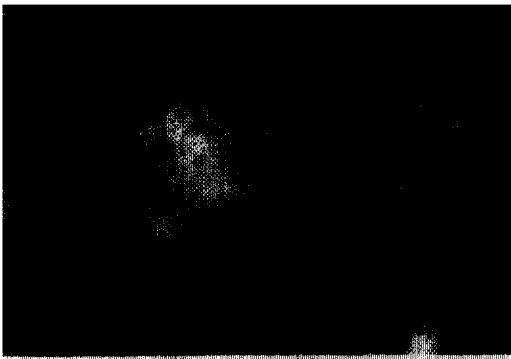


사진 4. 오동나무 거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (400×)

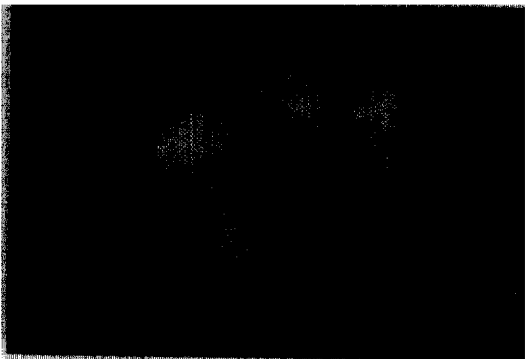
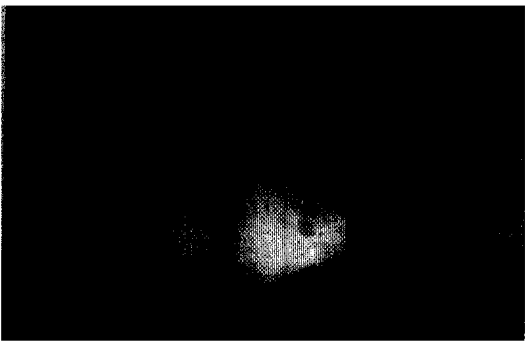
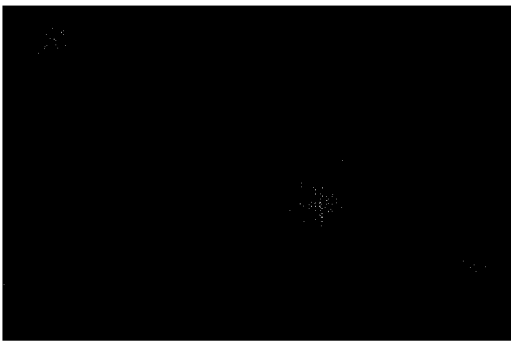
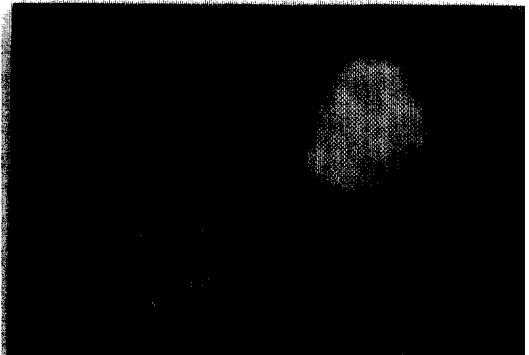
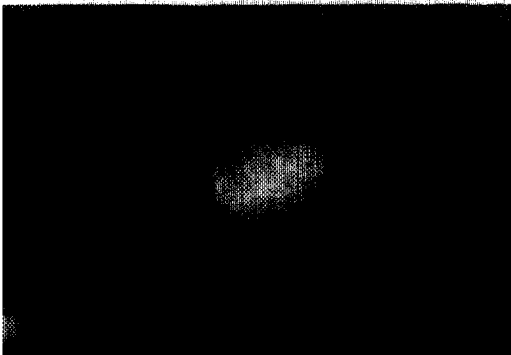
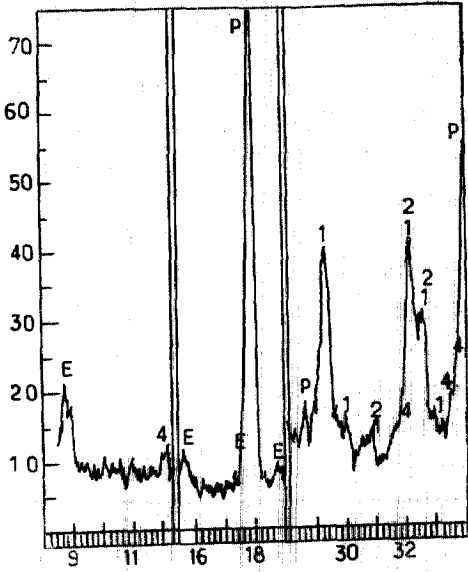


사진 5. 광명합판 거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (400×)



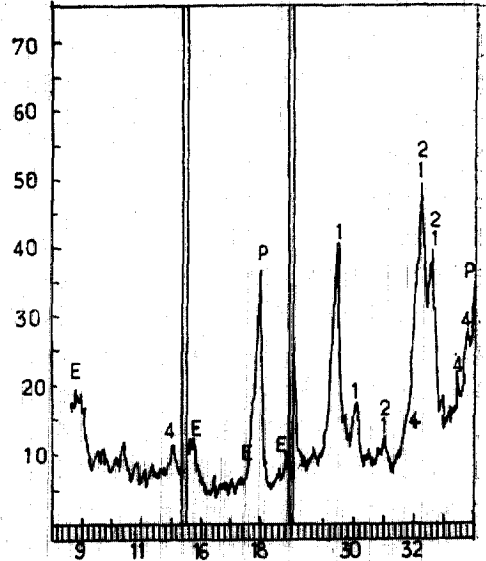




Cu K $\alpha$

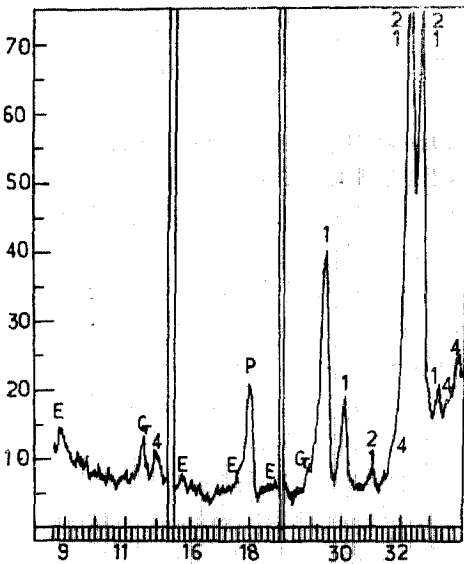
그림 1. 강재거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (X.R.D)

P: Portlandite, E: Ettringite, 1: Alite  
2: C<sub>2</sub>S 4: C<sub>4</sub>AF G: Gypsum



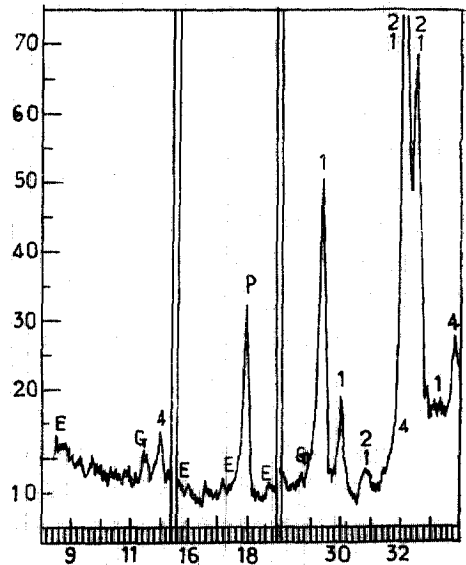
Cu K $\alpha$

그림 2. 미송거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (X.R.D)



Cu K $\alpha$

그림 3. 오동나무 거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (X.R.D)



Cu K $\alpha$

그림 4. 광명합판 거푸집 접촉부의 시멘트의 수화상태 (X.R.D)

거푸집의 반복사용으로 표면의 경화불량 두께가 약 50%정도 감소됨을 알 수 있었고, 태양광선에 노출시간과 경화불량두께와는 상당한 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 이 실험결과는 Jacob Feld<sup>(25)</sup>나 永井<sup>(26)</sup>의 보고 내용과도 잘 일치한다고 하겠다.

본 연구에서는 태양광선에 노출된 거푸집을 사용한 모르타르표면의 경화불량부분과 강제 및 미송거푸집을 사용한 표면경화상태가 양호한 부분의 시멘트를 각각 채취하여 편광현미경과 X.R.D로 각각 관찰 분석한 결과가 사진 2~5 및 그림 1~4이다. 사진 2, 3 및 그림 1, 2는 모르타르의 표면상태가 양호한 시료의 분석 결과이며, 사진 4, 5 및 그림 3, 4는 태양에 20~40시간 노출한 오동나무 및 광명합판을 거푸집으로 사용한 표면경화상태가 불량한 시료의 분석결과를 나타낸 것이다. 먼저 모르타르의 경화가 정상적인 시료를 편광현미경으로 관찰한 사진 2, 3에서 yellow색상을 가진  $C_2S$ 가 소량 관찰되었으나,  $C_3S$ 는 수화된 상태로 나타났다. 한편 표면경화상태가 불량한 시료에 대한 사진 4, 5에서는 light yellow색상의 球狀  $C_2S$  skeleton crystal이 상당수 관찰되었으며,  $C_3S$ 는 대부분 수화되어 검출되지 않지만 소량의 未水和상태의 결정이 검출되는 등 水和狀態가 불량함을 알 수 있다.

다음으로 X.R.D 분석결과인 그림 1~4에서 기호 1, 2, 4는 시멘트의 未水和 鑛物을 나타낸 것이며, E는 ettringite, P는 portlandite를 나타낸 기호이다. 그림 1, 2는 모르타르표면의 경화상태가 양호한 시료를 분석한 것으로서 水和物의 피크가 크게, 未水和物의 피크가 작게 나타나 있으나, 그림 3, 4의 모르타르표면의 경화상태가 불량한 시료의 분석결과를 살펴보면 未水和 鑛物의 피크 부분이 정상적으로 경화한 시료의 피크 부분보다 크게 나타났으며, 水和物 E, P 등의 크기는 반대로 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 경화불량부분의 시멘트 시료에서는 석고가 검출되는 등 水和進行狀態가 매우 불량함을 보이고 있다. 이 X.R.D 분석결과는 편광현미경으로 관찰한 결과와도 잘 일치되므로 이들 실험결과로 미루어 보아 목제에서 용출된

有害物質이 모르타르나 콘크리트 속의 시멘트水和에 나쁜 영향을 미치는 중요한 요인임을 확인한 결과로 생각된다.

이번에는 표면경화상태가 콘크리트의 강도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 실시한 실험결과가 표 15이다. 콘크리트의 강도 실험결과 콘크리트표면에 3mm 정도의 경화불량을 일으킨 콘크리트의 경우, 경화불량을 일으키지 않은 콘크리트와 압축 및 휨강도를 비교해 볼 때 재령 28일의 압축, 휨강도가 10%정도 감소하는 경우도 있었으나 콘크리트표면의 가벼운 경화불량현상은 콘크리트의 강도에 큰 영향을 미치지 않는다고 생각된다.

표 15. 콘크리트의 강도 시험 결과

목제의 종류	노출시간 (시)	경화불량의 두께 (mm)	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	휨강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
한국합판	0	0	343	63.8
성창합판	120	3.0	349	64.3
광명합판	120	3.0	307	59.3

그러나 耐磨耗性, 水密性 등에는 상당히 유해할 것으로 예상되며, 특히 타일 등을 부착하여야 할 경우 부착력은 크게 감소될 것으로 예상된다. 이상의 실험결과로부터 콘크리트의 표면경화불량을 방지하기 위한 수단으로 목제거푸집이 태양광선에 노출되지 않도록 보관할 필요가 있겠다.

### 3.4 乾燥시킨 木製거푸집을 사용한 모르타르의 表面硬化狀態에 대한 고찰

목제를 거푸집으로 사용하는 경우, 목제거푸집이 건조하게 되면 시멘트수화에 필요한 수분이 거푸집에 흡수되어 수분이 부족하게 되는 dry-out 현상이 발생하여 모르타르 및 콘크리트표면에 경화불량현상이 발생될 것으로 예상되므로 목제의 건조상태에 따른 표면경화상태를 조사하기 위한 실험을 실시하였다.

표 8의 목제거푸집의 종류에서 표면경화불량현상을 일으키지 않았던 칠레송, 광명합판 및 청구합판 등을 선택하여 건조로에서 100°C 3시간과 6시간씩 각각 건조시킨 경우와 수중에서 1시간 동안 침수시킨 후에 거푸집으로 사용한 경우 모르타르표면의 경화상태를 비교 관찰하였

다. 이때 건조로에서 건조시킨 경우나 수중에서 침적시킨 경우 다같이 모르타르표면의 경화불량현상은 발생하지 않았다. 따라서 이 실험결과로서 목제를 태양광선에 노출시킨 경우에 발생하는 경화불량현상이 건조에 의한 dry-out 현상에 의한 것이 아니고 태양광선의 자외선에 의한 영향일 것으로 추정하는데 도움이 되는 결과로 생각된다.

### 3.5 부패한 목재거푸집을 사용한 모르타르의 표면硬化狀態에 대한 고찰

부패한 목제를 거푸집으로 사용했을 때 모르타르의 표면경화상태에 어떤 영향을 미치는지에 대하여 조사하기 위하여 목제를 습도 95~100%, 온도 23°C의 습한 실내에서 25일간 저장하였다. 이때 합판은 표면에 검은 반점이 발생하는 정도였으나 보통 목제는 표면이 검은색으로 변색되거나 곰팡이가 약간 발생하는 정도였다. 이런 상태의 목제들을 거푸집으로 사용한 모르타르와 신선한 거푸집을 사용한 모르타르의 표면경화상태를 조사한 것이 표 16이다.

표 16. 신선한 목제와 부패한 목제거푸집 사용시 모르타르의 경화불량두께 비교(mm)

목제의 종류	항 목		신선한목제	부패한목제
	미	송		
침엽수	칠레송	0	0	0.2
	육송	0	0	0.2
	낙엽송	0	0	0.5
	낙엽송	0.2	0.2	0.5
활엽수	나왕	0	0	0.2
	오동나무	0.2	0.2	0.5
	포푸라	0	0	0.5
	참나무	0	0	0.2
	아카시아	0.2	0.2	1.5
합판	5종류		0	0

이 표에서 합판을 제외한 부패한 목제를 거푸집으로 사용했을 때 모르타르표면의 경화불량 두께가 약 0.2~0.5mm 정도임을 알 수 있다. 합판을 사용한 경우 표면경화불량현상이 나타나지 않은 이유는 합판 제조시 방부제를 사용하였기 때문에 합판이 부패되지 않은 탓으로 생각된다. 목제가 부패하게 되면 부패균이 목제 속에 여러 종류의 효소를 분비하여 목제를 화학적으로 변

화시키며, 또한 조직중의 합수탄소가 50~60% 감소되며, 이렇게 하여 생긴 低級의 합수탄소중 콘크리트의 경화에 유해한 물질인 당분 등이 함유되어 있기 때문에 경화를 해치는 장애요인이 되는 것으로 설명할 수 있다. 奥田<sup>(27)</sup>씨에 의하면 미송의 부패과정과 성분의 변화를 나타낸 연구보고가 있으나, 부패의 진행과정과 함께 셀룰로오즈, pentosan이 감소되는데 반해 알카리, 온수에 의한 추출물이 크게 증대함을 나타내고 있다. 이 연구결과 역시 부패한 목제를 거푸집으로 사용할 경우 표면경화불량이 발생하기 쉬움을 나타낸 결과로 생각된다.

### 3.6 시멘트풀로 처리한 목재거푸집을 사용한 모르타르의 표면硬化狀態에 대한 고찰

지금까지 목제거푸집을 사용한 모르타르나 콘크리트의 표면경화상태를 조사하기 위하여 목제의 종류, 박리제의 종류, 건조한 목제, 부패한 목제 및 태양에 노출시킨 목제 등의 영향에 대하여 고찰하였다. 그런데 미국 ACI의 Special publication<sup>(28)</sup>에서는 표면경화불량을 예방하기 위한 방법으로 white wash나 lime water를 거푸집표면에 칠함으로써 표면경화불량현상을 감소시킬 수 있다고 하며, 사용전에 거푸집 표면을 깨끗이 씻어서 사용하도록 권장하고 있다. 여기서는 목제거푸집을 사용할 경우의 모르타르나 콘크리트표면의 경화불량을 방지하기 위한 한수단으로 목제거푸집에 시멘트풀을 칠하는 처리 방법에 대하여 검토하고자 한다. 목제거푸집표면에 시멘트풀로 처리한 경우와 시멘트풀을 칠하지 않은 경우를 목제의 종류별로 비교한 결과 및 목제거푸집을 시멘트풀로 처리하기 전에 태양광선에 0, 10, 20, 40, 80, 120분간 노출시킨 실험결과를 나타낸 것이 표 17이다.

이때 시멘트풀은 목제거푸집 표면에 칠하기에 적당하다고 생각되는 반죽질기 W/C=1.25로 정하였으며 이 시멘트풀을 목제에 2회 도포하고 거푸집으로 사용하기 전에 시멘트풀의 분말을 털어냈다. 표 17에서 알 수 있듯이 태양광선에 노출시키지 않은 목제거푸집을 사용한 경우에는 거푸집에 시멘트풀의 처리 여하에 관계없는 결과를 나타냈다. 그러나 거푸집을 태양광선에 노출시킨 경과시간에 따라 거푸집을 시멘트풀로

표 17. 목제거푸집의 시멘트풀 처리 유무에 따른 모르터 표면의 경화불량두께 (mm)

목제의 종류		노출시간(시)	처리유무		시멘트 풀 무처리						시멘트 풀로 처리					
			0	10	20	40	80	120	0	10	20	40	80	120		
침엽수	미 송	0	0	0	0.2	3.0	2.0	0	0	0	0.2	0.5	0.5			
	칠 래 송	0	0	0	0	0.5	1.0	0	0	0	0	0.5	0.5			
	육 송	0	0	0	0.2	2.0	1.5	0	0	0	0.2	1.0	1.0			
	낙엽 송	0.2	0.2	0.5	0.5	1.5	1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
활엽수	나 왕	0	0	0	0	0.2	0.5	0	0	0	0	0	0			
	오동나무	0.2	2.0	3.0	3.0	3.0	3.5	0.2	0.5	2.0	1.5	3.0	1.5			
	포 푸 라	0	9	0	0.2	1.5	1.5	0	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2			
	참 나 무	0	0	0.5	1.0	0.5	2.0	0	0	0.2	0.5	1.5	1.5			
	아카시아	0.2	0.2	0.2	1.0	2.0	2.5	0.2	0.2	0.5	0.5	1.0	1.5			
합 판	한국합판	0	0	0.2	0.2	1.0	1.0	0	0	0	0	0.5	0.2			
	광명합판	0	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	0	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5			
	대성합판	0	0	0	0.2	1.0	1.0	0	0	0	0.2	0.2	0.2			
	성창합판	0	0.2	0.2	0.2	1.0	2.0	0	0.2	0.2	0.5	0.5	1.5			
	청구합판	0	0	0	0.2	1.0	1.0	0	0	0	0.2	0.2	0.2			
합 계		0.6	4.1	6.1	7.9	19.7	22.5	0.6	1.8	3.8	4.7	10.4	9.5			

주) 사용 모르터의 물시멘트비 53%

처리한 경우의 모르터와 처리하지 않은 경우의 모르터의 경화불량두께의 차이는 상당히 크며, 시멘트풀로 처리한 거푸집을 사용함으로써 경화불량두께를 약 50% 전후로 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이상의 실험결과 태양광선에 장시간 노출시킨 목제거푸집을 사용하기 전에 반드시 시멘트풀 등으로 처리하여 사용함으로써 모르터나 콘크리트의 표면경화불량현상을 어느 정도 방지할 수 있다고 생각된다.

#### 4. 結 論

木製거푸집을 사용한 모르터나 콘크리트의 표면에 발생하는 경화불량현상의 원인을 규명하기 위하여 실시한 일련의 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 목제거푸집의 종류에 따라 모르터의 표면에 발생하는 경화불량 두께를 조사해 본 결과, 낙엽송, 오동나무, 아카시아 나무를 거푸집으로 사용한 경우 약간의 표면경화불량현상이 나타났다. 그 원인은 목제속의 유해성분이 알카리 등에 의해 추출되어 시멘트의 수화를 방해한 것으로 생각된다.

(2) 박리제의 종류에 따른 모르터의 표면경화상태를 조사해 본 결과 본 실험에 사용한 경우, 폐유, 콜탈 및 Reebol emulsion 과 같은 박리제는 모르터 및 콘크리트의 표면경화에 크게 유해한 영향을 미치지 않는다고 생각된다.

(3) 건조 또는 부패한 목제거푸집을 사용한 모르터의 표면경화상태를 조사해 본 결과 건조된 목제거푸집을 사용하더라도 모르터의 표면에 경화불량현상이 발생하지 않았으나, 부패한 목제를 거푸집으로 사용한 경우 모르터표면에 약간의 표면경화불량현상이 발생되었다. 그 원인은 부패균이 목제를 화학적으로 변화시켜 시멘트의 경화를 해치는 요인이 되었다고 생각된다.

(4) 태양광선에 노출시킨 목제거푸집을 사용한 모르터의 표면경화상태를 조사해 본 결과, 태양광선에 노출된 시간에 따라 모르터의 표면경화불량 두께가 현저히 증가함을 알 수 있었다. 그 원인으로는 자외선에 의해 목제의 성분이 分解 또는 變質되어 시멘트의 수화에 유해한 성분이 다량 추출되기 때문으로 생각된다.

(5) 목제거푸집을 사용한 모르터의 표면경화

불량현상을 방지하기 위한 한 수단으로 태양광선에 장시간 노출된 목재 거푸집 표면에 시멘트풀로 처리하는 방법을 검토해 본 결과 모르타르면의 경화불량 두께를 약 50% 정도 감소시킬 수 있는 성과를 얻었다.

### 參 考 文 獻

1. M.K. Hurd, Dusting of formed concrete surfaces, *ACI Journal*, Vol. 65, Sept. 1968.
2. Frank A. Randall, Carbonation of fresh concrete floor surfaces, *Concrete construction*. Nov. 1979.
3. Kauer J.A. and Freeman R.L., Effect of carbon dioxide on fresh concrete, *ACI Journal*, Vol. 52, No. 4, Dec. 1955.
4. Finishing problems and surface defects in flatwork, *Concrete construction*, Apr. 1979.
5. J. Ralph Dalzell, *Simplified concrete masonry planning and building*, McGraw-Hill book company, 1972, p.107~108.
6. ACI manual of concrete practice (*Recommended practice for concrete floor and slab construction*), 1976.
7. *Concrete manual*, Bureau of reclamation, U.S.A 1975, page 463.
8. 콘크리트便覽, 日本콘크리트工學協會, 技報堂, 1976.
9. 콘크리트技術の要點, 日本콘크리트工學協會, 1977, page 152.
10. 篠澤清見, 最近의 型わく材料, 콘크리트工學, Vol. 17, No. 4, 1979.
11. Joseph J. Waddel, *Concrete construction handbook*, McGraw-Hill book company, 1974.
12. 近藤泰夫, 콘크리트工學ハンドブック, 朝倉書店, 1978, page 704-705.
13. 森茂二郎, 實用콘크리트技術, 建築技術, 1977.
14. Tests of form lumber and form oil, *Miscellaneous paper*, No. 6-80, U.S Army corps of engineers, waterways experiment station, Mar. 1954.
15. B.H. Morth, Appearance matters, *Concrete*, may, 1973.
16. 今泉勝吉, 木製せき板とコンクリートの未硬化, 建築技術, No. 117, 1961.
17. M.K. Hurd, Defects in formed concrete surfaces, *ACI Journal*, Vol. 66, Dec. 1969.
18. 近藤基樹, 木製型わくによるコンクリート表面の硬化不良現象における紫外線の影響について, 日本建築學會論文報告集, 69號, 1961.
19. 丸一俊雄, 木製パネルのコンクリート硬化不良防止, 建築技術, No. 117, 1961.
20. 中堂昭, 檜垣一夫, 木製型わくに起因するモルタルおよびコンクリートの硬化不良, セメント技術年報, 1966.
21. Geroge E.T., *Composition and properties of concrete*, McGraw-Hill book company, 1956. p. 169.
22. 近藤基樹, 打放し 콘크리트表面の硬化不良の原因とその對策, 建築技術, No. 117, 1961.
23. 南享二, 木製とセメントの相互的作用について, 콘크리트 ジセーナル, Vol. 4, No. 5, 1966.
24. Guide to trouble-shooting site-cast architectural concrete problem, *Concrete construction*, Oct. 1978.
25. Jacob Feld, Study of dust concrete ceilings, *ACI Journal*, May, 1949.
26. 永井久雄, 콘크리트用型わくの新しい動向について, セメント・콘크리트, No. 238, Dec. 1966.
27. 奥田日出男, 阿部忠雄, 세키板的腐敗とガビによる硬化不良, 建築技術, No. 117, 1961.
28. ACI Special publication, *Formwork for concrete*, No. 4, 1977.

(接受 : 1983. 2. 22)