

동절기 콘크리트 양생방법의 현장 실태조사 및 개선방안에 관한 연구

A study of a plan for better curing methods
through a research for a field of construction work

박성준*^o 문형수* 김창덕**
Park, Sung-June Moon, Hyung-Soo Kim, Chang-Duk

요 약

공사시 콘크리트는 온도와 습도 등 알맞은 환경을 유지해야만 제 강도를 발휘할 수 있으나 주변환경은 일정하지 않고 많은 변수를 내포하고 있다. 더욱이 우리나라는 겨울철과 여름철의 온도차이가 심한 지역으로 특히나 기후적 요소가 변수에 많은 부분을 차지하고 있다. 여름철은 콘크리트 공사시 그다지 어려움이 없지만 겨울철에는 -4℃이하로 내려가는 등 기후환경으로 인한 공사 저해요인으로 공사 진행에 차질이 생긴다. 그러나 공사는 계획된 공정대로 진행되어야 한다. 그러므로 동절기 콘크리트 공사는 기후적 변수등의 저해요인을 특별관리를 하여 품질확보에 만전을 기해야 한다. 무엇보다 콘크리트 타설 후 소요기간까지 경화에 필요한 온도, 습도조절을 유지하며, 유해한 작용의 영향을 받지 않도록 충분히 양생하여야 제 강도를 발휘하는 만큼 양생과정은 중요하다. 그러면 양생방법은 환경조건 등 각각의 상황에 따라 정해지는데, 본 논문에서는 현장에서 이루어지는 양생과정의 분석을 통해 양생법에 대해 고찰해보고 문제점을 예상하여 개선방안을 제시하고자 한다.

키워드: 동절기 콘크리트 공사, 콘크리트 양생방법, 양생절차

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

작년 공사 착공량 <표 1>보면 작년 한해 공사량의 약 18%가 동절기에 이루어 졌다는 것을 알 수 있듯이 동절기에도 적지 않은 양의 공사가 진행되어지는데, 계획된 공정대로 공사를 진행해야 하기 때문이다. 그러나 우리나라는 동절기에는 -4℃이하로 내려가는 등 기후로 인해 공사진행에 차질이 생기고 콘크리트 품질을 떨어뜨릴 위험성이 있다. 그러므로 동절기 콘크리트 공사는 기후적 변수등의 저해요인을 특별관리 하여 품질확보에 만전을 기해야 하는데, 무엇보다 콘크리트 타설 후 소요기간까지 경화에 필요한 온도, 습도조절을 유지하며, 유해한 작용의 영향을 받지 않도록 충분히 양생하여야 제 강도를 발휘할 수 있는 만큼 콘크리트 강도를 확보하는데 있어 양생과정은 중요하다. 양생의 구체적인 방법은 환경조건 등 각각의 상황에 따라 정해지는데 실제로 어떻게 양생법을 적용하는지 국내 공사현장과 기타 문헌을 통해 고찰해보며 문제점을 예상하여 개선방안을 모색하는데 목적이 있다.

<표 1> 2002년 공사 착공량¹⁾

절기	년 도	착공량	분기별 착공량
동절기	2002년 12월	7,469,708	25,875,179
	2002년 1월	5,101,657	
	2002년 2월	5,926,506	
춘절기	2002년 3월	10,347,045	34,602,039
	2002년 4월	11,003,413	
하절기	2002년 5월	13,251,581	24,056,383
	2002년 6월	8,058,426	
	2002년 7월	9,078,030	
추절기	2002년 8월	7,325,607	27,541,065
	2002년 9월	7,652,746	
	2002년 10월	11,494,052	
총공사량		105,103,038	

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국내 건설현장의 동절기 양생법과 관리실태를 조사하여 분석하여 다른 양생법과 관리법의 비교를 통하여 양생법의 올바른 이해와 개선방향을 제시하고자 한다.

본 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

- 1) 기존 문헌을 통해서 양생방법과 절차를 고찰한다.
- 2) 국내 건설 현장의 동절기 양생법 실태 파악 및 분석한다.
- 3) 문제점과 개선방안을 도출한다.

* 학생회원, 광운대학교 건축공학과 학사과정

**종신회원, 광운대학교 건축공학부 교수 공학박사

1) 건설교통부 통계자료(2002)

2. 콘크리트 양생에 대한 이론적 고찰

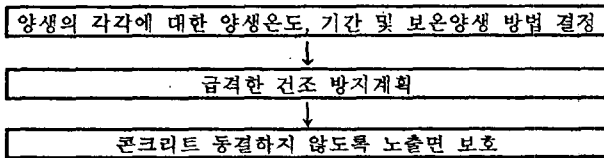
2.1 콘크리트 양생의 정의

콘크리트 양생은 콘크리트 치기가 끝난 다음 온도·하중·충격·파손 등의 유해한 영향을 받지 않도록 충분히 보호 관리하는 것이다. 일반사항으로 콘크리트는 타설 후 소요기간까지 경화에 필요한 온도, 습도조절을 유지하며, 유해한 작용의 영향을 받지 않도록 충분히 양생하여야 한다.

2.2 콘크리트 양생의 계획 및 관리

양생 계획은 콘크리트가 초기동해를 받지 않고, 기준재령내에서 배합강도가 얻어지도록 초기양생 및 보온양생 양자를 고려하여 계획하는데 절차는 다음과 같다.²⁾

<표 2> 양생 계획의 절차



양생시 준수사항은 콘크리트의 양생온도는 10℃를 표준으로 하고, 과도한 표면 건조현상을 방지하고, 기온이 10℃인 경우 상대습도 40%정도 유지해야 하고 <표 3>, <표 4>와같이 방법과 기간을 준수하여야 한다.

<표 3> 양생방법의 준수(ACI 기준)

평균 대기 온도 최소 단면 치수		콘크리트 타설 양생 방법
1M 미만	1M 이상	
0℃	-5℃	적절한 보호막 + 가열, 단열
0℃ ~ 5℃	-5℃ ~ 5℃	적절한 보호막 + 단열
5℃ ~ 25℃	5℃ ~ 20℃	보통 양생
25℃ 이상	20℃ 이상	수분 양생

<표 4> 초기 강도 50ka/cm²를 위한 최소 양생 기간

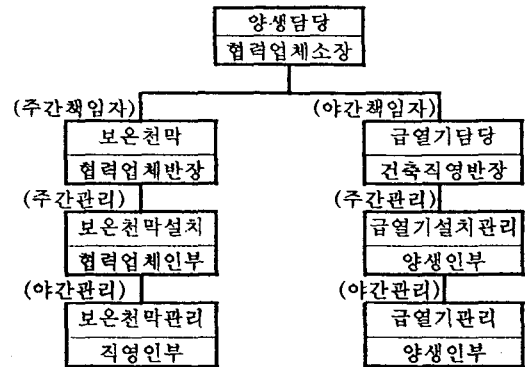
평균양생온도	5℃ 이상	10℃ 이상	15℃ 이상
물시멘트비			
W/C : 65 %	6.5일	4.5일	3.5일
W/C : 60 %	5일	4일	3일
W/C : 55 %	4일	3일	2.5일

3. 현장의 양생법 실태 파악

3.1 현장 조사

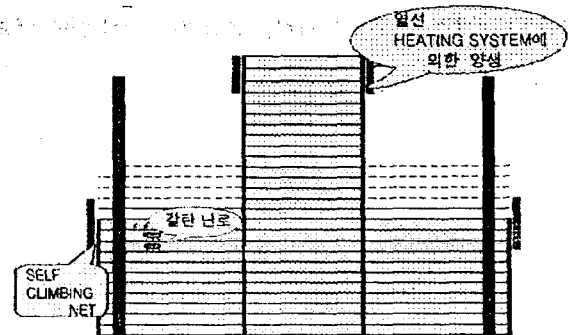
국내 현장에서 이루어지는 양생과정을 조사하여 양생법을 분석해보고자 국내 현장 H건설 현장을 조사하였다. 사

례현장은 공동주택 현장으로, 양생절차는 우선 공사 추진 조직을 체계화하는 것으로 시작하였는데 <그림 1>와 같이 보온과 급열기 담당 주간관리와 야간관리자로 나눠책임을 명확히 하였다.



<그림 1> 등열기공사 추진 조직도

콘크리트 양생계획은 <그림 2>와 같이 이루어졌는데 이를 분석해보면, 방풍·보온으로 Self Climbing Net을 사용하였으며, 열선 Heating System에 의한 양생을 사용하였으며 급열 장치는 갈탄난로를 사용하였다. 각 환경에 맞는 양생법을 복합적으로 적용하였다.



<그림 2> 양생 계획

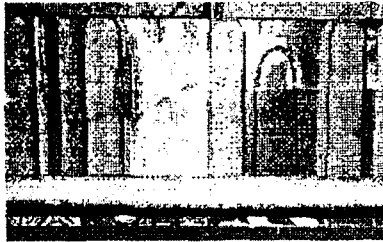
각 부분을 자세히 알아보면, 단열양생으로 <그림 3>과 같이 Self Climbing Net 을 사용하였는데 Self Climbing Net는 고층 공사에 있어서 쾌적한 작업 환경의 조성 및 안전 사고의 방지를 목적으로 개발된 가설기법으로서, 5~6개 층을 한 Cycle로 하여 공정에 맞추어 자체 시스템으로 상승되는 조립식 건축 공사용 보양 Fence이다.



<그림 3> Self Climbing Net

2)건설교통부 "콘크리트 표준 시방서" 1997

표면가열에 의한 방법으로 열선 Heating System <그림 4>은 천막, 열풍기, 난로 등의 설치가 어려운 것에 쓰이는 방법으로 Form외피에 열선을 배치하고, 보온재를 덮어서 Form 밀착시켜 타설 직전 전원을 연결하여 발열시켜서 콘크리트의 초기 응결시 동해를 예방하고 외기와의 온도차에 의한 표면의 온도균열을 예방하기 위하여 24시간까지 존치시킨다. 이 방법은 발열량 및 양생온도를 조정, 유지하기 위한 시설이 간편하고, 강추위 및 돌발적인 기후에도 콘크리트의 양생이 용이하고 화재의 우려가 없다는 장점이 있으나 설치비가 고가이고, 전력요금에 비싸다.

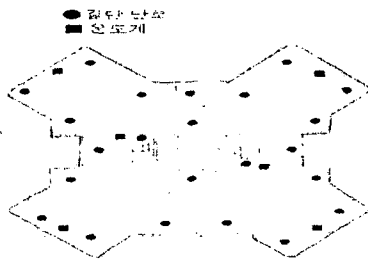


<그림 4> 열선 Heating System

급열 장치로는 갈탄난로를 사용하였는데, 급열장비 소요량 산출표와 난로설치위치를 요약해 보면 <표 5>, <그림 5>와 같다.

<표 5> 급열장비 소요량 산출 과정

급열조건	외기온도 -5℃, 실내20℃ 표면적 A동:3,154.38 m ² 필요열량 Q= KA(T1-T2)
난방부하	A동:2Kcalm ² h ⁻¹ ℃×3,154.38×(20-(-5)) =131,836kcal/h
난방기 필요량	갈탄난로(15,000Kcal/h, 대) 일 때: A동:131,836 / 15,000 ≈ 9(대)
열손실할증 50%적용시	A동: 8.79 × 1.5 = 14대



<그림 5> 갈탄난로 설치 위치

콘크리트 타설 후<표 6>과 같이 관리일지를 통해 양생온도 및 보양시설에 대해 관리점검을 하였다.

양생관리 측면 주요 검토사항을 알아보면 다음과 같다.

- ① 타설장소 온도조건 유지
- ② 급열 시설 가동 관리
- ③ 보양막 설치 관리
- ④ 콘크리트 양생온도 유지관리

콘크리트 보양기준으로는 <표 7> 외기 온도에 따른 조치사항을 취하였다.

<표 6> 관리일지

양생일	기상예보	수변기준	콘크리트 표면온도(℃)					날씨	기타
			상면		중상면				
			최	최	최	최	최		
타설 후 (양생관리 온도)	일차 시간	최저	℃						
	일차 시간	최고	℃						
	일차 시간	최저	℃						
	일차 시간	최고	℃						
	일차 시간	최저	℃						
	일차 시간	최고	℃						
	일차 시간	최저	℃						이월 2회(오전오후)
	일차 시간	최고	℃						
	타설완료후 일종중저, 최고기준	최저:		최대:					이월(24시간)이내
보양시설 및 장비	가동시기	관리상태	1. 타설부위, 가열 보양막 / 보온단열 시공 설치 <input type="checkbox"/> 실시함 <input type="checkbox"/> 실시하지 않음 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음						급열시설?
	타설 전	<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량 <input type="checkbox"/> 기타	2. 가열시설(난로 또는 열풍기) 가동 <input type="checkbox"/> 실시함 <input type="checkbox"/> 실시하지 않음 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음						난로?
	타설 중	<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량 <input type="checkbox"/> 기타	3. 타설 후, 모서리/가장자리 보양 및 보온시설 <input type="checkbox"/> 실시함 <input type="checkbox"/> 실시하지 않음 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음						(사용대수: 대)
	타설 후	<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량 <input type="checkbox"/> 기타	4. 안전시설 및 보양지킴이 등 설치? <input type="checkbox"/> 실시함 <input type="checkbox"/> 실시하지 않음 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음						(사용대수: 대)
특기사항	타설 전	<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량 <input type="checkbox"/> 기타	5. 기타 양생방법 TOWER COREWALL ACS FORM HEATING SYSTEM가동						기타?
	타설 후	<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량 <input type="checkbox"/> 기타	① 콘크리트가 타설될 표면온도 17℃ 이상 유지 ② 타설시, 콘크리트 온도 10℃ 이상 10℃ 이하유지 ③ 양생온도관리(연속용시/콘크리트 표준시험서 JASS 기준용) 초기 용해방지 관점에서 소요 입속강도표본 50kg/cm ² 을 확보하기 위해 콘크리트 온도는 일의 어느부분에서 최소 0℃이상(일간) 유지해야 하며, 5℃이상에서 3일간 초기양생을 실시한다. ④ 초기양생기간 후, 콘크리트의 균열한 건조 및 온도차 발생조치 요망 ⑤ 콘크리트 보호공간의 수분온도는 콘크리트 표면온도가 5℃ 이상 유지되도록 유지 건조 방지를 위해 10%이하 유지 함.						

<표 7> 외기 온도에 따른 조치사항

일 최저기온	4℃이상	비닐덮기 등 가벼운 보양
	0℃~4℃	부직포 덮기 등 두꺼운 보양
	0℃이하	급열장치 투입으로 적정온도 유지
	-8℃이하	콘크리트 타설금지

3.2 현장 조사 결과 및 분석

이 현장은 몇 가지 양생방법 적용하는 복합양생방법으로서 보양효과를 극대화 할 수 있으며, 혹한기등 저온하에서의 콘크리트 타설이 가능하도록 하였다.

열선 Heating System의 표면가열방법, 갈탄난로로 공간가열방법, Self Climbing Net의 보온단열방법이 사용하였는데 각 방법들의 특성을 알아보면, 열선 Heating System의 표면 가열방법은 노출면이나 거푸집 표면을 가열하는 방법으로서 장점으로는 공간가열방법에 비해 열효율이 높으며, 열원이 되는 전열선이나 전기 발열시트의 재사용이 가능하다. 그러나 외기로의 열손실이 매우 크게 되므로, 이를 방지하기 위하여 표면가열형 열원의 외측에 고성능의 단열재로 반드시 피복 하여야 하는 단점을 내포하고 있다.

갈탄난로 공간가열방법 콘크리트가 타설 되는 해당 층의 측부와 상부에 비계와 보양천막을 이용하여 양생지붕을 설치하고 그 내부공간을 갈탄난로 등에 의해 가열하는 양생방법이다. 현재 국내에서 가장 널리 적용되고 있는 양생공법이다. 영하의 외기 조건 하에서도 콘크리트 타설 작업이 용이하다. 열효율이 매우 낮고 내부공간에서의 상부와 하부간의 온도편차가 크게 발생하는 단점이 있다. 또한 열원이 위치하고 있는 부위는 국부적으로 과열되어 급속 건조에

따른 균열발생우려가 있으며, 화재 발생 우려가 있어 담당자가 상주하여 관리해야 하는 번거로움도 있다.

보온단열방법 외기 온도가 과혹하게 낮지 않은 기상 조건 하에서 적용이 가능한 방법 적용 가능한 재료로는 각종 단열재, 보온매트, 부직포, 방수시트 등이 있으며, 콘크리트 노출면이나 거푸집 표면부를 덮어서 시멘트의 수화발열을 최대한 활용할 수 있으므로 에너지 절감이 가능한 장점이 있다. 적용 가능한 외기온 조건은 0℃ 이상으로 한정되는 것이 일반적이다.

3.3 문제점 및 개선방안

1) 공간 가열방법인 갈탄난로를 사용하였는데 화석연료인 갈탄은 연소 시 이산화탄소를 배출하여 콘크리트 표면과 반응하여 이 물질 및 균열의 원인이 될 수 있는데, 난로 이외의 대안법들은 다음<표 8>과 같다.

<표 8> 가열에 의한 방법

방 법	특 징
Lamp	콘크리트 표면중에서 열적에너지로 변화하여 그 최대 부분이 표면에서부터 콘크리트의 열전도율에 따라서 타설된 콘크리트의 깊이까지 가열한다.
열풍기	따뜻한 공기에 의해 부재의 위 또는 주위를 가열한다.

2) 단열 보온으로 기존의 천막 시공 방법대신 비교적 고가인 Self Climbing Net 공법을 사용하여 초기 공사비가 증가할 수 있다.

<표 9> SCN과 천막시공 비교

방 법 별	장 점	단 점
Self Climbing Net 공법	-안전성 우수 -전천후로 시행가능	-고가
천막 시공 방법	-제작기간이 짧고 설치간단. -제작비 비교적 저렴 -중장비 LOAD저감	-안전성 문제 -분진 및 낙하물 발생 -강풍으로 인한 잦은 보수 -원만한 공정 진행 어려움

3) 가열로 인한 건조방지 대책미흡-수분증발 방지 차원에서 비닐을 부착하였지만 급열기 사용으로 인하여 수분증발의 위험성을 가지고 있다. 스프링클러 등의 급수 설비 필요하다.

4. 결론

위의 양생 현장실태를 분석한 결과 난로의 설치가 용이하지 못한 곳에 열선 Heating System을 사용하였고, 천막 대신에 Self Climbing Net를 사용하여 단열보온을 실시하였는데, 환경 조건에 따라 양생법을 선택하였다는 것을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 안전성과 시공성을 위해 신기술을 적용시켰다는 점에서 향후 우리가 나아가갈 방향을 제시했다고 할 수 있다. 앞으로 양생에 대한 많은 연구 개발이 이루어져 안전하고 시공성이 우수한 양생공법이 보편화되어 우리 건설의 질이 향상 될 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

이 논문을 쓰도록 기회를 주시고 도와주신 김창덕 교수님과 이하 대학원생형들 김봉년, 신봉수, 정태식께 감사드리고 그리고 무엇보다도 자료를 협조해주신 동부건설의 안용연 과장님 정말 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설부, "콘크리트 표준시방서"1997
2. 현대건설주식회사 기술 연구소, "동절기 타설 콘크리트의 양생 및 강도확보방안 검토"2002
3. 건축사업본부 건축기술팀 "동절기 콘크리트 품질관리 지침"1997
4. CPCA "design and control of concrete mixture (chapter 11)"1995

Abstract

Construction concrete needs to maintain suitable environment which contains temperature and humidity etc. Then concrete shows own strength. The environment is not regular and contains many variables. Especially the climate element occupies many parts of variables. We have the climate environment which goes down to -4℃. The factor that obstruct to construction is the failure at a construction progress. But it must be processed to be scheduled. Therefore we have to do the special care for factor of climate that obstruct to construction. We must make assurance doubly sure at the quality of concrete. We need maintenance of temperature and humidity for the hardening until the requirement period after a concrete cured in. We must do the care of curing sufficiently not to take the influence of injurious activity. This causes strength of concrete. Specific method of curing is according to each situation which is environment element. We wish to analyze curing course in construction of concrete at the paper. Also we wish to predict the problem as to consider curing and suggest the improvement plan through the paper.

Keywords : Construction, Concrete, Curing