

# 슬립폼공법 적용된 동절기 케이슨의 온도에 따른 응결시간 및 압축강도

## Setting Time and Strength of Slip-form Method Applied Caisson in Low-temperature Period

김 봉 주\* / 김 재 훈\*\* / 김 찬 수\*\*\* / 조 호 규\*\*\*\*

Kim, Bong Joo / Kim, Jae Hun / Kim, Chan Soo / Jo, Ho Kyoo

### Abstract

In the harbor construction work, caisson is made by slip-form method and curing temperature of caisson concrete need heating in the low-temperature. To get the setting time and compression strength of slip-form method applied caisson at various curing temperature. The curing temperature is divided to the temperature of slip-form and the temperature of second curing curtain. In consideration of setting time, compression strength of concrete and form-removal time, the best temperature is 25°C at 6 hours slip-form curing time.

**key words** : slip-form, curing temperature, curing time, form-removal time

### 요 지

항만공사에 사용되는 케이슨의 제작은 slip-form을 사용한 연속타설공법을 적용하고 있다. 국내 공사에서는 동절기에도 소요의 압축강도를 발현하기 위해서 양생시간의 조절과 slip-form 자체에 온도조절이 가능한 가열보온기기를 설치하여 시공하고 있다. 외기온에 따른 최적 양생온도 및 탈형시간을 추정하여 다음과 같은 결론을 도출하였다. 양생온도 30°C에서 6시간의 양생시간을 거쳐 탈형되는 것이 압축강도의 발현이나 탈형의 부착 등의 문제가 없는 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 슬립폼, 양생온도, 양생시간, 탈형시간

### 1. 서 론

케이슨의 제작에 짧은 기간에 양질의 품질로 제작이 가능한 슬립폼 공법을 도입하여 사용하였다. 특히, 연속타설공법 중에서도 복잡한 평면을 소화하여 거푸집의 상승이 가능하면서 수직상승의 기법이 증명

된 공법이다. 그러나 기존의 이 공법은 상온의 환경하에서 사용되었다. 본 공법의 국내 적용에는 다음과 같은 환경변화에 적응하여야 했다. 즉 동절기가 길어, 저온상태로 바람이 많고, 바닷물의 온도까지 저온인 환경에 노출된다. 따라서 국내 동절기의 양생의 정도를 판별하기 힘들었다. 특히, 동절기에 공사를 계속할

\* 정회원 · 공주대학교 천안공과대학 건축공학부 · 교수 (e-mail : bingma@kongju.ac.kr)

\*\* 정회원 · 경민대학 실용건축과 · 조교수

\*\*\* 현대건설 기술연구소 · 수석연구원

\*\*\*\* 현대건설 기술연구소 · 책임연구원

경우 콘크리트가 동해를 입어 압축강도에 지대한 영향을 줄 것으로 예상할 수 있었다. 이에 따라 케이슨 제작 시 초기 동해를 방지하기 위해 가열 양생 방법을 도입하였다. 이는 작업장 환경에 의거 화재 위험, 케이슨 제작 작업성, 콘크리트의 균열 등 품질확보 등을 고려하였다. 이를 감안한 방법으로 거푸집에 발열시트를 설치 가열하는 급열 양생 공법을 도입하였다. 이 과정에서 기존의 콘크리트와 같다는 전제하에 슬립폼 안에서 양생되는 기간의 양생온도와 그 후 급격한 온도변화를 방지하여 균열 및 수화작용을 유지시키기 위한 2차 급열을 가하게 되었다. 2차 급열 후 동절기 저온 바람의 영향으로 인한 콘크리트의 급격한 온도변화를 줄이는 보호막을 설치하였다. 그러나 상기 각 단계는 물론 케이슨 제작 공사를 수행하고 봄까지의 저온기에 타설된 콘크리트의 강도발현의 정도와 날씨와 기온에 따른 슬립폼의 상승시기의 적정설여부 등의 자료가 없어 최적의 양생조건을 파악하지 못하고 있다.

따라서, 새로운 공법의 국내도입으로 인한 콘크리트의 타설과 양생과정에서 현장에서 가장 적합한 양생온도와 환경을 평가하여 공사여건과 현장조건에 맞는 양생온도 및 기간의 적용이 필요하다. 이를 위해서 본 연구에서는 케이슨 제작의 공정에 따른 양생조건에서 양생온도와 유지기간별 콘크리트의 응결시간과 각 조건별 강도발현상황을 실험하여 케이슨 제작시 양생온도 및 기간의 결정에 필요한 자료의 제공에 그 목적이 있다.

## 2. 연구의 내용 및 방법

### 2.1 해석조건 및 가정사항

본 연구의 내용은 케이슨 제작에 사용되는 콘크리트의 양생온도별 응결시간과 압축강도의 발현정도를 알기 위한 연구로서 다음과 같은 내용을 연구의 내용 및 방법으로 한다.

1. 케이슨 현장에서 사용되는 공장에서 제작 타설되는 콘크리트의 배합과 같은 배합으로 하여 1종의 콘

크리트에 대해서 실험한다.

2. 콘크리트의 양생온도를 케이슨 현장의 여건과 같이하여 시간적으로 다음과 같이 세분하여 적용한다. 즉, 슬립폼(높이 약 1m)의 내부에 있는 시간(약 6시간)에서는 높은 양생온도를 적용한다. 다음 급격한 냉각을 막기 위한 막내에서 급열온도로 약 1일의 재령에 공급되는 추후 온도로 10℃와 20℃로 하여 적용하였다. 이후 바다에 침수시키기 전까지 약 7일동안을 기중온도를 5℃로 하여 적용하였다. 이후에는 광양만 겨울철 바다 수온으로 10℃를 적용하였다.

3. 슬립폼안에 있을 시간동안 수화열을 측정하여 가열온도에 따른 수화열의 변동을 검토한다.

4. 각 온도조건에 맞춰 응결시간을 측정하고 가능한 그 때의 압축강도 발현정도를 측정한다. 이상과 같은 내용과 방법을 실험을 통해 구현하고자 한다.

## 3. 실험

### 3.1 실험개요

본 실험은 양생온도 변화에 따른 콘크리트의 응결시간을 측정하여 슬립폼 인발을 위한 적정 탈형시간과 압축강도 추정한다. 또한, 초기양생온도가 콘크리트의 강도증진에 미치는 영향을 파악하기 위하여 먼저 초기양생온도에 따른 콘크리트의 응결시간을 측정한다. 초결 이후에는 양생온도 및 탈형 후 급열온도 변화가 콘크리트 강도에 미치는 영향을 검토한다. 표 1에 실험인자 및 수준을 나타낸다. 이상의 실험은 가장 온도가 낮은 1월을 대상으로 광양만의 현장 상황을 가장 비슷하게 상정하여 실제의 결과와 유사한 결과를 얻고자 하였다. 초기양생온도는 슬립폼의 거푸집 전열판의 온도를 상정하였으며, 이에 따라 콘크리트의 내부수화온도는 보다 상승할 것으로 판단된다. 물론 실제 케이슨의 경우 대규모인 크기에 의해 최외측 벽체보다 내부벽체의 수화열은 보다 상승할 것으로 판단된다. 그러나 본 실험에서는 외기 쪽에 면한, 인공가열양생을 받는 Slip-form의 초기양생온도인 30℃, 또는 40℃의

표 1. 실험인자 및 수준

인자	수준	비고
초기양생온도	10도, 20도, 30도, 40도	1. 거푸집 전열판 온도 2. 콘크리트 초결까지의 온도
급 열 온 도	10도(A), 20도(B)	탈형 후 재령 1일까지의 막양생온도
양 생 온 도	5도	재령 1일 후 재령 7일까지의 양생온도

경우를 상정할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 시간 경과로 Slip-form의 상승에 따라 탈형된(약 6시간 이후) 콘크리트 표면을 막으로 덮어 2차로 추가 양생 조건하에서 보양한다. 이 때 보양막은 Slip-form의 상승에 따라 동시에 따라 상승할 수 있는 구조로 전열판이 내재된 막으로 형성된 2m 높이의 가열부분과 전열판이 없는 1m의 비가열부분으로 구성되어 있다. 이 양생막 중 전열판이 있는 곳의 콘크리트 양생온도를 모두 10℃와 20℃로 두가지의 경우를 수준으로 하였다. 이때 양생기간은 slip form 상승속도와 연관되어 가열 12시간과 비가열 보호 6시간동안 양생된다. 또한, 재령 1일 이후 1월 광양만의 대기중에 노출된 6일을 양생한 후에 재령 8일부터는 광양만 앞바다에 잠수시키므로 이를 실험의 인자 결정에 적용하였다.

### 3.2 사용재료 및 배합표

실험에 사용된 재료의 물성 및 골재 입도분포는 표 2와 그림 1과 같다.

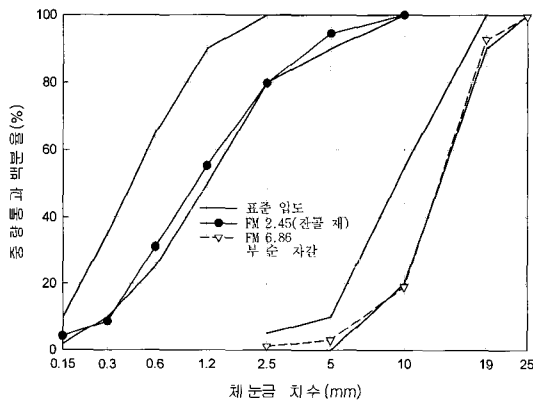


그림 1. 사용골재의 입도분포 곡선

표 2. 사용재료의 물성

재료 구분	종 류	재 료 물 성
시멘트	포틀랜드시멘트	비중:3.15, 분말도 : 3,190cm <sup>2</sup> /g
혼 화 제	고성능감수제 (SIKA PC-1000)	나프탈렌계(액상)
잔 골 재	강 모 래 (대천산 : 5mm)	비중: 2.57 조립률: 2.73
굵은골재	부순자갈 (대천산 : 25mm)	비중: 2.70 조립률: 6.86

표 3. 콘크리트 배합표

기준강도 (MPa)	W/C	S/A (%)	단위재료소요량 (kg/m <sup>3</sup> )				
			물	시멘트	잔골재	굵은골재	혼화제
30	0.414	45.5	174	420	789	943	2.1

### 3.3 콘크리트 혼합 및 측정

#### 3.3.1 콘크리트 혼합 및 시험체 제작

콘크리트는 강제식 믹서(팬타입 : 100 l)를 사용하여 표 3의 배합표의 배합에 따라 시멘트, 잔골재 및 굵은골재를 넣고 건비빔한 후 혼합수(고성능감수제 첨가)를 투입하여 1분 30초간 혼합하였다. 잔골재 표면수율의 변화에 따른 콘크리트 품질변동을 방지하기 위하여 신속수분계(SMT:영국산)를 이용하여 표면수율을 일정하게 유지시켰다. 콘크리트 혼합 완료 후 관입저항과 온도변화 측정용 시험체 및 압축공시체를 제작하였다.

#### 3.3.2 실험 및 측정방법

본 실험은 먼저 양생온도에 따른 콘크리트의 초결 시간 및 종결시간을 측정하기 위하여 KS F 2436의 측정방법에 따랐다. 즉, 콘크리트 제조 후 습윤체가름으로 모르터를 분리 채취하여 공시체 몰드에 넣고 진동다짐으로 공기포를 제거한다. 그 후 습도 90%로 유지시킨 항온항습기에서 양생온도를 10℃, 20℃, 30℃, 40℃의 조건으로 콘크리트의 초결 및 종결시간을 측정하였다. 한편, 초기양생시간 동안 콘크리트의 수분공급 및 증발을 막기 위하여 밀봉양생을 하였으며, 관입저항값은 측정 공시체 3개의 평균으로 했다. 콘크리트가 초결 및 종결되었을 때 압축강도는 UTM (shimaz 100ton)을 사용하여 측정하였다. 관입저항 측정용 이외의 공시체는 초결에 도달한 즉시 탈형시켜 슬립폼이 대기 중에 노출되었을 때 막으로 양생하는 것을 가정한 양생조건을 주었다. 이 때 막 내부 온도를 10℃와 20℃의 조건으로 각각 1일간 양생시켰다.

1일 경과한 후에는 대기 중에 완전히 노출되는 것으로 가정하여 1월 광양만 평균온도인 5℃로 6일간 기중 양생시켰다. 7일 이후에는 콘크리트 구조물이 바다 속으로 들어가는 것으로 가정하여 광양만의 1월 평균 수온인 10℃로 재령 28일까지 수중 양생시켰으며 압축강도는 재령 1일, 3일, 7일, 28일에 측정하여 각 양생온도조건에 따른 압축강도 발현 및 증진률을 검토하였다.

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 4.1 콘크리트 응결시간

각 온도조건에서 시간의 경과에 따른 콘크리트 관입저항값을 그림 2와 표 4에 나타내었다. 온도조건에 따른 관입저항값으로 콘크리트의 초결과 종결시간을 계산한 결과 표 4와 같이 온도가 높을수록 빠른 시간 안에 응결되는 것으로 나타났다. 급열온도 10℃인 경우 양생 후 6시간에 탈형했을 때에는 시험체가 제대로 굳지 않아 형상의 변형이 발생되었다. 양생온도 조건 40℃인 경우에는 6시간 후 탈형할 때 시험체 몰드에서 공시체가 탈형이 힘들 정도로 부착력이 커져 있었다. 그러나 20도와 30도에서는 양생 6시간내에 초결이 발생되었다. 또한, 두 온도 조건의 초결 및 종결시간은 그 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 슬립폼 탈형이 쉽게될 수 있으면서 종결이 되어 형태유지를 위한 소요강도를 갖는 조건으로 양생온도 조건 20~30℃에서 약 6시간에 탈형되도록 하는 것이 적정할 것으로 판단된다.

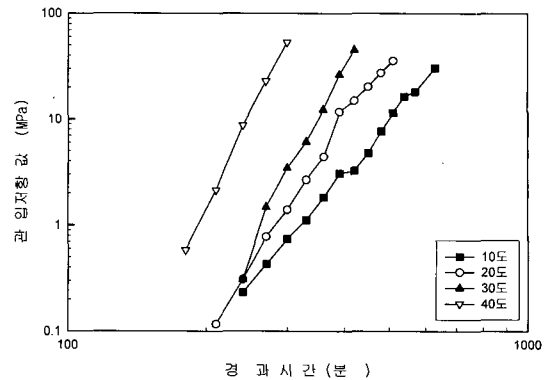


그림 2. 관입저항값과 경과시간

##### 4.2 콘크리트 응결시 압축강도

초결이 완료된 후 공시체를 탈형 후 압축강도 측정 결과는 표 5 및 그림3과 같다. 양생온도 10℃에서는 공시체 탈형 후 콘크리트 형상이 주저앉는 등의 변화가 있거나, 일부 표면이 박리되어 탈형시 콘크리트가 몰드에 붙어 나오는 현상을 나타냈다. 양생온도 10℃ 경우의 압축강도는 이러한 현상으로 인하여 콘크리트 제작 후 8시간에 측정하였다. 공시체 몰드 탈형 후 초결 및 종결시 압축강도는 표 5와 같다. 그림과 표를 보면 초결 및 종결시의 압축강도는 온도증가와 함께 급격하게 증가됨을 알 수 있었다. 양생온도 40℃의 조건에서는 4시간재령에 17.46kg/cm<sup>2</sup>으로 매우 높은 압축강도를 나타냈다. 그러나 30℃ 이하에서는 온도변화에 따른 차이가 크지 않은 것을 알 수 있다.

표 4. 온도에 따른 콘크리트 관입저항값에 의한 초결 및 종결시간

온도(℃)	관입저항값	초결시간 (분)	종결시간 (분)	비고
10	$\log(\text{PR}) = -13.065 + 5.2046\log(t)$	411	614	R2=0.9956
20	$\log(\text{PR}) = -16.143 + 6.5761\log(t)$	344	473	R2=0.992
30	$\log(\text{PR}) = -20.658 + 8.5187\log(t)$	308	393	R2=0.9879
40	$\log(\text{PR}) = -21.015 + 9.1856\log(t)$	223	279	R2=0.9973

표 5. 초결과 종결시의 압축강도 (온도: 10, 20, 30, 40℃)

	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )			
	10도	20도	30도	40도
초결	1.11	1.24	3.26	17.46
종결	2.39	4.71	10.02	-
비고	초결: 8시간에 측정	초결: 6시간에 측정	초결: 4시간에 측정	

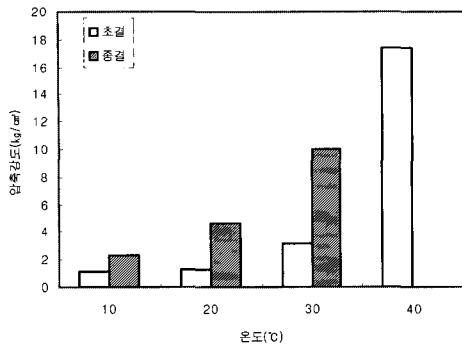


그림 3. 초결 및 종결시 압축강도변화

### 4.3 콘크리트 압축강도

그림 4 ~그림 5는 콘크리트 타설 뒤 각 양생온도에서 6시간(10℃ : 8시간, 40℃ : 4시간에 강도 측정) 양생한 후 탈형하여 대기 중에 노출될 때의 발열시트 온도를 10℃, 20도℃로 설정, 1일간 양생하고, 6일간 5℃로 재령 8일부터 28일까지 10℃로 수중양생 하였을 때의 콘크리트의 강도변화를 나타낸 것이다. 이 때 20S는 상온에서 타설 습기함에 1일 양생한 후 탈형하여 표준양생한 것으로 일반적인 강도발현을 나타내고 있다.

그림에서 초기양생부터 재령 7일까지의 강도변화를 살펴보면 초결 이후 10℃ 양생한 경우는 재령 3일까지는 양생온도가 높을수록 강도가 크게 되지만 7일 이후에는 초기양생온도가 높을수록 강도가 낮게 나타났다. 또한, 20℃의 발열시트를 사용한 경우에도 10℃의 발열시트를 사용한 경우와 같이 초기에는 양생온도가 높을수록 강도가 크게 나타났으나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 또한 초기양생온도 40℃인 경우 강도가 10℃경우보다 작게 나타났다.

그 이후의 28일까지의 양생온도에 따른 강도변화는 기존 연구결과와 같은 경향을 나타내고 있다. 즉, 초기 양생온도가 클수록 장기강도가 낮은 것으로 나타났다. 또한 거푸집 탈형 후 발열시트로 보온하는 경우에도 콘크리트의 온도를 10℃로 하는 것이 20℃로 가열 보온한 것보다 강도면에서 효과적인 것으로 판단된다. 특히, 28일강도를 기준으로 보면 초기 슬립폼 양생온도 40℃의 경우 소요의 강도(본 배합은 300kg/cm²)가 겨우 충족되었지만, 그 외의 모든 초기 슬립폼 양생온도 조건에서는 목표의 배합강도를 10%이상 넘어서는 것으로 나타나 충족시키고 있다. 따라서 응결시간과 초기 강도와 이를 결정하는 관입저항값과 재령 28일의 강도변화를 고려할 때, 양생온도는 25℃,

발열시트는 15℃전후로 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 그러나 케이스 제작 시 각 단계에서 이동이 되며 이 이동시 케이스의 각 부위의 필요한 강도 등은 본 연구자가 파악할 수 없다. 따라서 주어진 실험값을 기초로 각 단계의 재령에서 필요한 강도가 확보되는지는 검토하여야 한다고 사료된다. 이 값을 표 6에 나타내었다.

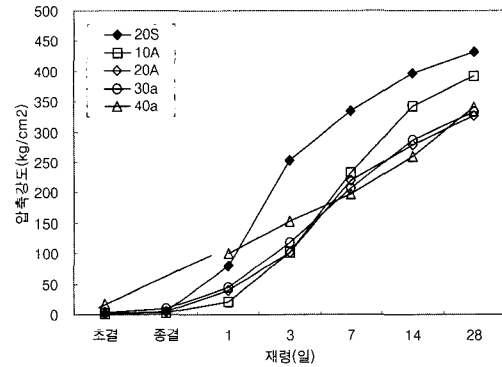


그림 4. 양생온도와 압축강도 (10℃)

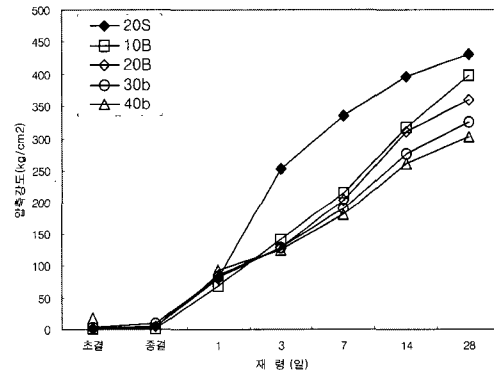


그림 5. 양생온도와 압축강도 (20℃)

### 4.4 콘크리트 내부온도분포

본 실험실시가 6월말부터 7월의 매우 더운 시기로 실험실에 향온향습기가 있어서 고온 상태에서 실험하였다. 이로 인해 초기 수화열 측정에 문제가 있음은 인정된다. 그러나 실험실 내부온도는 거의 27℃~29℃로 비교적 일정하여 실험 조건별 차이는 없다고 볼 수 있다. 광양만 현장도 레미콘 회사의 콘크리트의 온도를 20℃~24℃정도로 유지하여 타설하는 것으로 조사되었다. 그림 6~그림 9에서 각 향온향습실의 양생온도별 콘크리트의 깊이별 내부온도분포를 나타내었다. 각 외부의 온도조건에 의해 추중형의 변화가 되어 최대 5℃정도의 차이를 보이고 있다. 다만, 30℃와 40℃는 그 차가 다소 크게 나타났다.

표 6. 양생조건에 따른 재령별 콘크리트의 압축강도 (단위 : kg/cm<sup>2</sup>)

기호	재령	1일	3일	7일	14일	28일
20S(수중양생)		80.13	252.74	334.78	396.18	431.25
10A		21.30	102.00	232.87	341.78	391.59
10B		68.94	140.76	216.22	316.86	398.56
20A		39.92	101.87	219.00	277.88	325.65
20B		85.41	127.69	204.00	310.28	359.41
30A		44.97	118.00	207.01	286.43	333.12
30B		82.60	128.80	190.90	275.92	325.16
40A		99.75	153.42	197.54	260.30	341.02
40B		94.27	124.20	181.10	261.15	302.85

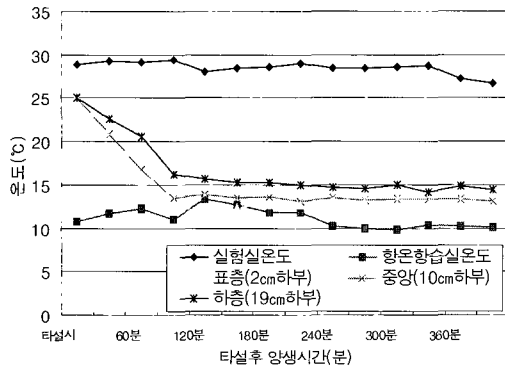


그림 6. 단열함내의 콘크리트 노출면 깊이별의 온도(조건:10℃)

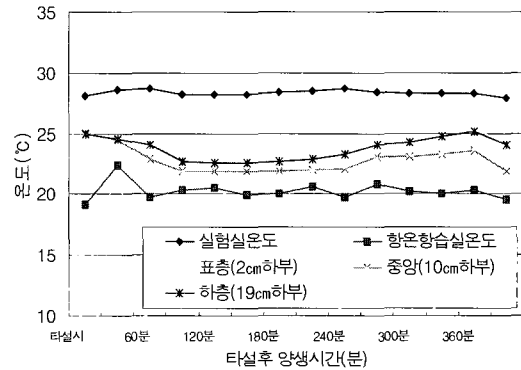


그림 7. 단열함내의 콘크리트 노출면 깊이별의 온도(조건:20℃)

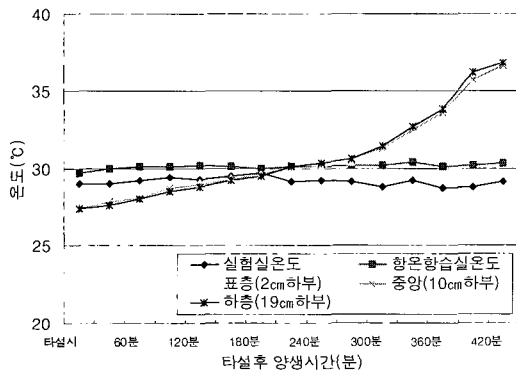


그림 8. 단열함내의 콘크리트 노출면 깊이별의 온도(조건:30℃)

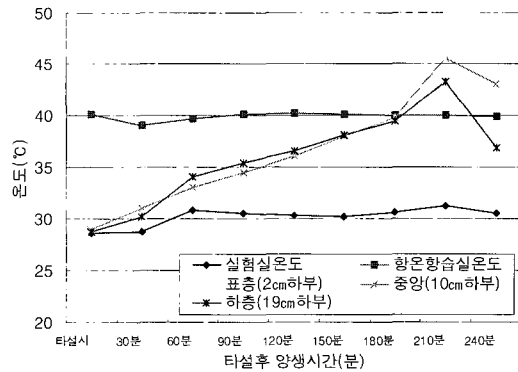


그림 9. 단열함내의 콘크리트 노출면 깊이별의 온도(조건:40℃)

### 5. 결 론

본 연구는 동절기 Slip-form 공사시 콘크리트가 저온의 외기에 노출되는 것에 의해 동해입는 것을 방지하고 나아가 소기의 압축강도 발현을 달성시키

기 위한 새로운 가열양생공법의 운전조건을 결정하기 위한 것이다. 이에 따라 다음과 같은 연구결과가 얻어졌다.

1. 본 실험에 의해 양생온도에 따른 관입저항 값은 다음의 식에 의해 구할 수 있다.

표 7. 양생온도에 따른 관입저항 값

양생온도(℃)	관입저항 값
10	$\log(\text{PR}) = -13.065 + 5.2046\log(t)$
20	$\log(\text{PR}) = -16.143 + 6.5761\log(t)$
30	$\log(\text{PR}) = -20.658 + 8.5187\log(t)$
40	$\log(\text{PR}) = -21.015 + 9.1856\log(t)$

2. 응결시간은 다음과 같다.

표 8. 양생온도에 따른 응결시간

양생온도(℃)	초결 시간(분)	종결시간(분)
10	411	614
20	344	473
30	308	393
40	223	279

3. 초결과 종결 때의 압축강도는 다음 표와 같다.

표 9. 압축강도

	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )			
	10도	20도	30도	40도
초결	1.11	1.24	3.26	17.46
종결	2.39	4.71	10.02	-
비고	초결측정 8시간후	초결:6시간에 측정	초결: 4시간에 측정	

4. 각 양생온도 조건에 의한 압축강도 발현은 각 재령에서 20℃ 수중양생의 상태가 가장 큰 1일 80.13kg/cm<sup>2</sup>, 3일 252.74kg/cm<sup>2</sup>, 7일 334.78kg/cm<sup>2</sup>, 14일 396.18kg/cm<sup>2</sup>, 28일 431.25kg/cm<sup>2</sup>로 나타났다.
5. 수중양생을 제외한 양생조건에 의해서는 3일 강도까지는 40A형이 큰 값을 나타내어 온도가 높을수록 큰 값을 나타낸다. 그러나 7일 강도를 기준으로 온도가 낮을수록 큰 값을 나타내어 10B와 10A조건이 28일 강도가 398.56kg/cm<sup>2</sup>과 391.59kg/cm<sup>2</sup>를 나타내고 있다.
6. 탈형 후 1일까지의 온도조건(A와 B)에 의해서는 40℃를 제외하면 B조건이 1일 재령에서는 100%정도의 큰 값을 나타내고 있으며, 3일 재령에서는 20%정도 크게 발현하고 7일과 14일 재령에서는 A조건이 다소 크게 나타나고 있다.
7. 상기 응결시간과 압축강도의 결과를 이용하여

케이슨 제작시 공기와 공정간의 속도에 따라 양생온도를 조절하여 적절한 시공이 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 슬립폼 6시간 탈형, 막양생 18시간에 맞는 양생온도에서 25℃정도 발열 시트는 15℃정도로 하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

본 연구의 결과로 케이슨은 물론 Slip-form의 현장 적용시 동절기 공사에서도 동해를 입지 않고, 소요의 강도를 소요의 기일에 얻을 수 있는 자료의 하나가 얻어진 것으로 사료되며, 본 연구의 후속연구의 결과가 나오면 최종적으로 압축강도의 발현상태를 측정할 수 있을 것으로 판단된다. 이런 자료를 통해 균열의 감소로 본 케이슨 제작의 경우는 해양에 있게되어 철근의 부식을 방지해야 하는 것도 필요한 성능이다. 또한, 다양한 배합비에서 다양한 변화를 갖는 양생온도 조건의 적용을 통해 동절기 보온양생의 방법과 기간 및 온도조건을 검토할 연구가 후속되어야 한다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 김무한외 4인 (2003). 적산온도 방법에 의한 강도에 예측모델 개발 및 건설생산현장에서의 강도관리에 관한 연구, 한국콘크리트학회 논문집, 한국콘크리트학회, Vol.15 No.1 pp. 87~94.
- 이준구의 4인 (2004). 적산온도에 의한 동절기 콘크리트의 품질관리, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 한국콘크리트학회, Vol.16 No.2, pp. 245~248.
- 지남용외 2인 (2003). 성숙도 개념을 이용한 한중콘크리트의 양생관리 프로세스에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 대한건축학회, Vol.19, No. 10, pp. 51~58.
- ACI Committee 308, Standard Practice for Curing Concrete, (ACI 308-92),
- ACI Committee 347, Guide to Formwork for Concrete (ACI 347R-94).
- A.M.Neville, Propertise of Concrete 4th pp. 370~374, 390~394

- ◎ 논문접수일 : 2005년 10월 25일
- ◎ 심사의뢰일 : 2005년 10월 27일
- ◎ 심사완료일 : 2005년 12월 28일