

---

# 매스콘크리트의 주변환경조건에 대한 수치실험

Numerical Experiment on Environmental Conditions of Mass Concrete



이장화\*

Lee, Jang Hwa



변근주\*\*

Byun, Keun Joo

---

## ABSTRACT

When mass concrete is placed, it is necessary that the temperature history must be analyzed reasonably by considering the constructional and environmental conditions. In this study, a numerical experiment is carried out using the analysis computer program, that is developed to take into account the environmental conditions. The objectives of this test is to control the temperature history of mass concrete efficiently by evaluating the effect of conditions quantitatively. The results show that mass concrete is very sensitive to concrete placing time, placing temperature, form conditions, form removal time, curing temperature, and weather in addition to the structural design conditions.

**Keywords :** mass concrete, environmental conditions, numerical experiment.

---

\* 강회원, 한국건설기술연구원 구조연구실장

\*\* 강회원, 인세대학교 토목공학과 교수

• 본 논문에 대한 토의를 1997년 12월 30일까지 학회로 보내주시면 1998년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서론

매스콘크리트의 타설시 구조물 요인, 배합요인, 시공요인, 환경요인 및 콘크리트의 온도요인 등이 수화열로 인한 온도상승에 큰 영향을 미치게 된다<sup>1)2)3)</sup>. 온도이력 해석에 있어 기존의 연구에서는 대부분이 정량적요인에 해당하는 구조물요인과 배합요인 및 콘크리트의 온도요인을 주로 고려하여 왔다<sup>4)5)6)</sup>. 따라서 콘크리트 타설후 재령별 변화에 해당하는 시공요인과 주변환경요인을 고려하여 해석하는 것이 대단히 중요하다고 하겠다. 이러한 매스콘크리트의 온도이력을 정확히 예측하기 위해서는 재령별로 민감하게 변하는 시공 및 주변환경요인을 엄밀히 반영하여 온도이력을 합리적으로 해석하는 것이 필요하다.<sup>7)</sup>

본 연구에서는 시공시에 발생하는 주변환경조건을 고려한 상태에서 온도이력을 해석할 수 있도록 개발된 해석프로그램<sup>8)</sup>을 이용하여 수치실험을 수행하고자 한다. 수치실험의 목적은 매스콘크리트 타설시 각종 인자가 매스콘크리트의 온도이력에 미치는 영향 정도를 정량적으로 파악하여 실제 매스콘크리트의 설계 및 시공시 사정에 콘크리트의 온도이력을 예측하여 효율적으로 관리하는데 있다.

## 2. 수치실험 계획

강제거푸짐은 거푸짐 자체만으로는 보온효과가 전혀 없으므로 온도이력이 거푸짐의 영향을 거의 받지 않는다. 따라서 수치실험은 주로 목재 거푸짐으로 시공하는 경우의 경계조건에 대하여 1)타설시기, 2)설계강도, 3)타설온도, 4)부재최소치수, 5)거푸짐제거시기등 5가지 주요인자에 관하여 실시한다. 이들 요인중 설계강도와 부재최소치수는 구조물요인으로서 설계시에 결정되어 주어지는 요인이며 시공과정에서는 변하지 않는다. 또한 부재최소치수는 해석과정에서 특별히 수화열을 고려할 경우에는 이에따라 조정될 수 있으나 시공단계에서는 거의 변하지 않는다. 그리고 타설시기, 타설온도 및 거푸짐제거시기는 시공계획의 조정에 따라 변화될 수 있는 요인이며 대기 온도 혹은 양생온도는 재령별로 계속 변화되면서 부가적으로 위의 다섯가지 인자에 지대한 영향을 미친

다.

이와 같이 주어진 요인과 변화될 수 있는 요인이 미치는 영향정도를 각각의 인자별로 정량적으로 파악하고, 이들 각각의 인자별 영향정도를 종합적으로 이용하여 실제의 온도이력을 예측하기 위해서는 각 인자별로 중심부 최고온도, 표면부 최고온도, 최고온도 도달시간, 거푸짐제거후 일일온도하강량 등에 미치는 영향을 정량화시켜야 한다. 이들 5가지 주요인자에 대한 수치실험은 전체 온도이력의 예측 및 평가가 가능하도록 적정조건을 조합하였으며 이러한 목적에 따라 선정된 조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Conditinons of Numerical Experiment

Classification	Experimental Conditions
(1) Placing Time	· Mar., Apr., May, Jan., Jul., Aug., · Sep., Oct., Nov. in 1994 · Curing Duration : 168 hours
(2) Design Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	250, 300, 350, 400
(3) Placing Temperature (°C)	5, 10, 15, 20, 25, 30
(4) Minimum Size of Element (cm)	50, 80, 100, 150, 200, 250, 300
(5) Form Removal Time (hours)	Age 48, 72, 96

Table 1에서 타설시기 3월 ~ 11월중 매월 1일부터 7일간의 대기온도를 적용한 것은 매월의 대기온도에 대해 최고온도, 최저온도 및 일교차를 분석한 다음 매스콘크리트의 시공에 불리하게 작용되는 측면의 대기온도를 선정하고자 의도했기 때문이다. 본 수치실험에서의 양생온도는 3월 ~ 11월의 매월 1일 10시부터 8일 10시까지 168시간의 대기온도를 적용하였다. 그리고 4가지 강도의 조합은 매스콘크리트 구조물의 시공시 자주 사용되는 배합을 대상으로 하였으며, 7종의 부재최소치수의 조합도 구조부재로서 사용이 빈번한 치수를 선정하였다. 타설온도의 범위는 보통콘크리트 타설온도 범위와 하절기의 서중콘크리트 타설 범위를 포함하는 온도를 대상으로 하였다. 또한 본 수치실험은 2차원 해석을 실시하여 분석하였으며 정육면체에 대하여 3차원 온도이력해석을 실시하여 분석해 본 결과 2차원해석에 비해 최고온도재령에서 중심부 온도가 약 8% 낮게 해석되었으며 길이방향의 부재치수가 최소치수의 2배의 경우에는 중심부온도가 거의 같게(2%이내), 4배의 경우에는 완전히 일치할 정도로 해석되었다.

### 3. 수치실험 및 분석

#### 3.2.1 타설시기

우리나라는 4계절이 뚜렷하게 구분되고 봄과 가을에는 일교차가 대단히 크고 여름에는 서중 콘크리트 시공이 요구되며 겨울에는 한중콘크리트 시공이 요구되는 기후조건이다.

일반 시공현장에서 12월, 1월, 2월에 한중 콘크리트공사를 강행하는 불가피한 경우를 제외하면 가능한 한 콘크리트 공사를 지양하고 있어 사실상 우리나라의 일반적인 콘크리트 타설시기는 3월부터 11월까지로 볼 수 있다.

3월~11월 중 일교차가 큰 시기는 4월, 5월, 10월, 11월이며 이 기간은 일별 최저기온의 변화도 큰 편이다. 매스콘크리트 시공시 대기온도가 높은 온도에서 콘크리트를 타설하여 일장기간 높은 온도로 유지되다가 거푸집 제거 직후부터 1일이상 낮은 온도로 유지될 경우 일일 온도하강량이 커지므로 상당히 불리한 조건이 되며 일교차가 큰 경우에는 더욱 불리한 조건이 된다. 우리나라에서의 매스콘크리트 시공시 월별 타설시기에 대한 영향을 분석하기 위해, Table 1에서 (1)의 조건에 따라 거푸집제거직후 일일온도하강량과 거푸집유지시 일일온도하강량을 월별로 도시하면 Fig.1과 같다.

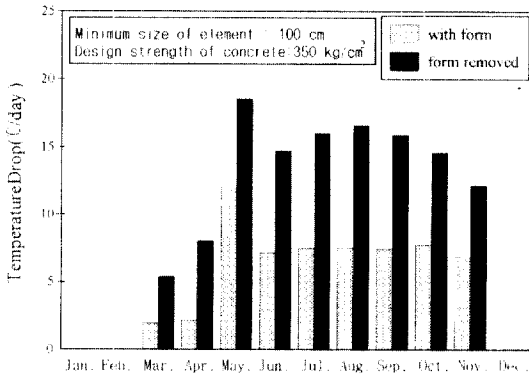


Fig.1 Monthly Surface Temperature Drop According to Formed and Form Removal

Fig.1에서 볼 때 거푸집제거후 콘크리트면의 일일 온도하강량은 타설시기 5월이 18.5°C로 가장 크고, 다음은 8월이 16.5°C, 가장 적은 시기는 3월로서 5.4°C이다.

Fig.1에서 타설시기 5월의 경우 콘크리트면의 일일온도하강량은 거푸집을 유지한 경우에도 12.0°C를 나타내고 있어 일교차나 일 최저기온에 따른 영향이 큰 것을 알 수 있다. 따라서 일반적인 콘크리트 타설 범위에서 대기온도가 높은 것이 매스콘크리트공사에 항상 불리하거나, 5월의 대기온도가 매스콘크리트 타설에 반드시 좋은 것이 아님을 유의해야 한다.

그리고 본 연구에서 적용한 타설시기는 매월 초순이므로 이 시기의 대기온도는 전월 하순과 유사하게 생각할 수 있다. 위에서 분석된 사항을 종합하여 요약하면 우리나라의 시공계획에 따른 대책 수립시 대표할 수 있는 매스콘크리트 타설시기는 대기온도 및 일교차로 인해 3월, 5월, 8월의 3개의 대표시기로 구분할 수 있다. 즉, 3월은 11월 하순을 포함하여 대기온도가 낮은 시기를 대표하며, 5월은 일교차가 큰 시기를, 8월은 대기온도가 높은 시기를 대표하도록 적용하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

#### 3.2.2. 콘크리트의 설계강도

매스콘크리트의 시공시 콘크리트의 설계강도에 따른 단위재료량중 특히 단위시멘트량이 콘크리트의 온도상승에 지대한 영향을 미친다. 일반적으로 1종 포틀랜드시멘트의 경우 단일상태에서 시멘트 10kg/m<sup>3</sup> 증가시 콘크리트의 온도는 1.2°C정도 상승<sup>11)</sup>하거나 1.0°C정도 상승<sup>12)</sup>하는 것으로 보고되어 있다. 본 연구에서 적용한 콘크리트의 설계강도별 재료배합은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 배합으로서 Table 2와 같다.

Table 2 Mix Proportion According to Design Strength of Concrete

Design Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	W/C (%)	Slump (cm)	s/s (%)	Content of Materials (kg/m <sup>3</sup> )			
				Water	Cement	Sand	Gravel
250	50	15	41	183	336	689	1025
300	45	15	38	177	393	655	1073
350	40	15	36	171	428	607	1099
400	37	15	35	176	490	588	1101

Fig. 2는 설계강도별로 중심부 최고온도, 표면부 최고온도 및 거푸집 제거시 일일 표면온도하강량에 대한 수치실험 결과를 도시한 것이다.

Fig. 2에서 볼 때 단위시멘트량이 10kg/m<sup>3</sup> 증가

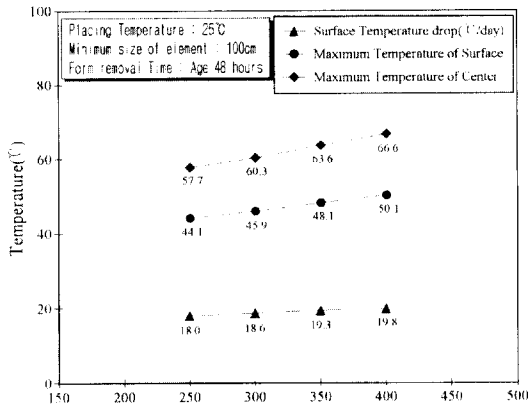


Fig.2 Temperature Variation According to Design Strength of Concrete

시 중심부 최고온도는 약 1.0℃, 표면부 최고온도는 0.7℃, 거푸집 제거시 표면부 일일온도하강량은 약 0.2℃만큼 각각 증가한다. 따라서 설계강도를 과대 만족하는 배합설계는 매스콘크리트의 온도상승과 직접되므로 부배합설계를 지양해야 한다.

이러한 설계강도에 따른 영향정도를 실제 시공에 이용할 경우, 해당콘크리트의 단위시멘트량을 Table 2의 단위시멘트량과 비교하여 시멘트량차이에 영향 정도를 곱하여 가감하고 타설온도, 부재치수등 다음 항에서 수행하는 인자별 각각의 영향정도를 고려하면 된다.

그리고 이러한 값들은 같은종류의 시멘트일지라도 생산회사 및 생산지에 따라서 최대 단열온도상승량과 반응속도상수가 달라지고 이로 인해 수치실험값이 다소 차이가 날 수 있으므로 이러한 특성을 별도로 고려할 필요가 있다.

### 3.2.3 타설온도

Table 3은 Table 1의 (3), (4)조합 즉, 타설온도 6가지, 부재최소치수 7가지 및 타설시기 5종에 대해 중심부의 최고온도 및 최고온도 도달시간, 거푸집제거직전 표면온도, 거푸집제거직후 일일 표면온도하강량에 대한 해석치를 나타낸 것이다.

Table 3 Temperature Variation According to Placing Temperature and Minimum Size of Element

Placing temp (°C)	Minimum size of element (cm)	Placing time*											
		Mar. 1994				May. 1994				Aug. 1994			
		T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>max</sub> (hr)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>max</sub> (hr)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>max</sub> (hr)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)
5	50	14.2	18	9.4	3.1	31.4	40	28.0	13.1	37.4	40	31.9	9.3
	80	20.8	38	14.1	4.1	35.1	48	30.2	10.8	40.5	52	36.2	7.9
	100	25.1	46	16.1	4.1	37.5	56	30.7	9.9	42.3	58	36.2	7.1
	150	34.8	68	18.4	3.3	43.1	71	30.8	8.4	47.3	84	35.5	5.8
	200	42.4	88	19.0	2.8	48.3	96	30.7	8.0	51.8	110	35.2	5.5
	250	48.4	110	19.2	2.5	52.6	118	30.6	7.8	55.5	131	35.0	5.4
10	50	22.3	16	11.2	5.4	35.1	36	29.8	15.3	41.1	38	36.7	11.6
	80	31.0	26	18.4	7.9	42.2	42	34.5	14.7	46.8	44	40.5	11.7
	100	36.5	34	21.7	8.3	46.1	46	36.3	14.1	50.1	48	41.8	11.3
	150	47.7	50	25.9	7.6	54.0	60	38.2	12.7	56.5	62	43.0	10.2
	200	55.1	61	27.0	6.9	59.1	74	38.6	12.0	60.9	78	43.1	9.6
	250	60.2	80	27.3	6.4	62.8	88	38.8	11.9	64.0	92	43.2	9.4
15	50	29.2	14	11.1	6.3	39.0	20	29.6	16.2	43.2	22	36.6	12.5
	80	39.6	22	19.8	10.2	47.3	28	35.9	17.0	50.8	34	41.9	14.0
	100	45.5	26	24.0	11.1	52.0	31	38.6	16.8	55.0	40	44.1	14.0
	150	56.7	40	29.5	10.7	60.8	48	41.9	15.8	62.6	50	46.6	13.2
	200	63.4	54	31.1	9.9	65.9	60	42.8	15.1	66.9	62	47.2	12.5
	250	67.6	61	31.6	9.4	69.1	72	43.0	14.7	69.7	74	47.4	12.3
300	50	70.2	78	31.8	9.1	71.0	81	43.1	14.5	71.3	88	47.5	12.2

Annotation T<sub>1</sub>: Maximum temp. of center, H<sub>max</sub>: Age attained maximum temp. of center, T<sub>1</sub>: Surface temp. before from removal, T<sub>2</sub>: Daily surface temp. drop before form removal.

Table 3 Continued

Placing temp (°C)	Minimum size of element (cm)	Placing time <sup>a</sup>											
		Mar. 1994				May. 1994				Aug. 1994			
		T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>max</sub> (hr)	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>avg</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>max</sub> (hr)	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>avg</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	H <sub>max</sub> (hr)	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>avg</sub> (°C)
20	50	34.7	12	10.9	6.6	43.2	16	29.5	16.6	46.9	18	36.4	12.8
	80	46.2	20	20.7	11.5	52.6	21	36.8	18.3	55.4	26	42.8	15.2
	100	52.4	24	25.6	12.7	57.7	30	40.2	18.4	60.0	32	45.7	15.6
	150	63.9	36	32.1	12.5	67.0	42	44.5	17.6	68.4	44	49.2	15.0
	200	70.4	48	31.0	11.6	72.3	52	45.6	16.8	73.0	54	50.1	14.3
	250	74.4	58	31.6	11.0	75.4	64	46.0	16.4	75.8	64	50.4	13.9
	300	76.6	70	31.8	10.7	77.4	76	46.1	16.1	77.4	78	50.5	13.4
25	50	11.5	10	9.4	6.0	48.5	14	28.0	16.0	51.3	16	34.9	12.2
	80	53.6	16	19.8	11.8	58.5	20	35.9	18.6	60.6	22	41.9	15.6
	100	59.7	20	25.3	13.5	63.6	24	39.9	19.3	65.2	26	46.3	16.1
	150	70.2	30	32.7	13.7	72.2	34	45.1	18.8	73.0	36	49.8	16.2
	200	75.4	40	35.0	12.9	76.5	44	46.6	18.0	76.9	44	51.1	15.6
	250	78.3	52	35.7	12.2	78.8	52	47.4	17.6	79.0	54	51.5	15.1
	300	79.8	60	35.9	11.9	80.0	62	47.3	17.3	80.4	64	51.7	15.0
30	50	47.0	10	8.7	5.6	53.0	12	27.2	15.5	55.2	14	34.2	11.8
	80	59.6	14	19.6	12.0	63.8	18	35.7	18.8	65.3	18	41.7	15.8
	100	65.8	18	25.5	14.0	68.9	22	40.1	19.7	69.9	20	45.5	16.7
	150	75.8	28	33.7	14.5	77.3	30	46.1	19.6	77.9	32	50.8	17.0
	200	80.4	36	36.2	13.6	81.2	38	47.9	18.9	81.5	40	52.4	16.4
	250	82.8	46	37.0	12.9	83.2	48	48.5	18.3	83.3	48	52.9	15.9
	300	84.0	52	37.3	12.6	84.1	56	48.7	18.1	84.2	58	53.0	15.6

중심부의 최고온도는 Table 3에서 보는 바와 같이 타설온도가 높아짐에 따라 선형에 가깝게 증가한다. 부재최소치수 100cm의 경우 타설온도가 5°C 높아짐에 따른 중심부의 최고온도증가량은 타설시기 5월의 경우 5.3°C~8.6°C(평균 6.3°C), 3월의 경우 6.1°C~11.4°C(평균 8.1°C), 8월의 경우 4.7°C~7.8°C(평균 5.5°C) 정도 높아지며 주변 대기온도가 높을수록 중심부의 온도상승량은 적은 편이다. Table 3에서 부재최소치수 100cm, 타설시기 5월의 경우 타설온도가 20°C에서 10°C로 낮아지면 중심부의 최고온도는 57.7°C에서 46.1°C로 되어 11.6°C만큼 낮아진다.

중심부의 최고온도 도달시간은 Table 3에서와 같이 타설온도가 높을수록 작아진다. 이것은 콘크리트내의 수화반응은 타설온도가 높을수록 촉진되고 타설온도가 낮을수록 완화되기 때문이다. Table 3에서 5월의 경우 부재치수가 큰(250cm, 300cm) 경우 타설온도가 5°C에서 10°C로 혹은 10°C에서 15°C로 높아짐에 따라 중심부의 최고온도 도달시간이 다소 급격하게 감소한다. 이것은 콘크리트의 타설온도가 주변

온도보다 낮을 때 부재최소치수가 작은 경우에는 중심부도 외부온도의 영향을 받아 반응이 다소 촉진되지만 부재최소치수가 큰 경우의 중심부는 외부온도에 따른 수화반응 촉진효과가 거의 없기 때문이다.

기부집재거치후 표면부의 일일온도 하강량은 Table 3에서 보는 바와 같이 타설온도가 높을수록 커진다. 그러나 타설온도가 임의의 온도에서 5°C 증가함에 따른 일일온도하강량의 증가율은 임의의 온도가 높은 상태일수록 감소한다. 일반적으로 특수구조물 등에서 비교적 사용빈도가 높은 부재최소치수 100cm의 경우 타설시기 5월에서 타설온도가 임의의 온도에서 5°C 증가함에 따른 기부집재거치후 일일 표면온도하강량은 임의의 온도가 5°C의 경우 4.2°C, 10°C의 경우 2.7°C, 15°C의 경우 1.6°C, 20°C의 경우 0.9°C, 25°C의 경우 0.4°C만큼 각각 증가한다. 따라서 만약 타설온도를 20°C에서 10°C로 낮추게 되면 일일 표면온도하강량은 4.3°C만큼 줄어든다. 이러한 값의 변화는 타설시기 3월, 8월의 경우에도 Table 3에서 알 수 있다.

### 3.2.4 부재최소치수

부재의 최소치수에 따른 중심부의 최고온도는 Table 3에서와 같이 부재최소치수가 커짐에 따라 증가한다. 일반적인 타설온도인 20°C의 경우, 부재의 최소치수가 50cm, 100cm, 150cm, 200cm, 250cm에서 각각 50cm 증가할 때 콘크리트 중심부의 온도 상승량은 타설시기 3월의 경우 17.7°C, 11.5°C, 6.5°C, 4.0°C, 2.2°C 증가하고 타설시기 5월의 경우에는 14.5°C, 9.7°C, 5.3°C, 3.1°C, 1.7°C 증가하며, 타설시기 8월의 경우 13.1°C, 8.4°C, 4.2°C, 2.8°C, 1.7°C 증가한다. 즉, 부재의 최소치수가 임의의 치수에서 일정량 증가함에 따른 중심부의 온도증가율은 임의의 치수가 작을 경우에는 커지고 클 경우에는 작아지며, 주변온도가 높아짐에 따라서도 작아진다.

최고온도 도달시간은 Table 3과 같이 최소치수가 커질 수록 증가하며 증가량은 동일한 타설온도일 경우에는 대체로 비슷한 편이다.

거푸집제거직후 일일 표면온도하강량은 Table 3에서와 같이 부재최소치수가 100cm까지는 부재치수가 커질 수록 일일 표면온도하강량이 커지나 100cm 이상으로 커지면 오히려 다소 작아진다. 이것은 부재 최소치수가 50cm에서 300cm까지 50cm씩 커짐에 따라 중심부의 최고온도는 계속 증가하지만 표면부의 최고온도는 150cm 이후부터는 중심부로 부터 표면부까지의 열전달거리가 멀어 표면부는 대기온도나 양생온도의 영향을 지배적으로 받게되어 표면부의 온도가 거의 일정하기 때문이다.

### 3.2.5 거푸집 제거시기

베스콘크리트 시공시 강제거푸집을 사용할 경우에는 온도상승이력에 있어서 거푸집제거영향이 적지만 목재거푸집은 거푸집제거 영향이 대단히 크다. 강제거푸집은 콘크리트 수화반응에 따른 열을 주변으로 바로 전달하여 거푸집 존치 중에도 균열이 발생할 수 있다. 반면에 목재거푸집은 상당한 보온효과를 가지고 있어 거푸집 존치중에는 균열이 거의 발생하지 않는다. 따라서 목재거푸집은 대체로 거푸집 제거시기가 늦을 수록 문제점이 적게 발생하게 되며 강제거푸집의 경우에는 수화열에 따른 문제점이 거푸집제거 이전에도 빈번하게 발생한다.

대부분의 경우 우리나라에서의 5월은 콘크리트공

사에 가장 적절한 시기라고 인식되고 있다. 그러나 베스콘크리트를 5월에 타설하게 되면 일반적으로 대기온도의 일교차가 크기 때문에 콘크리트에 예상외의 균열이 발생하게 되므로 온도이력관리에 별도의 주의를 기울여야 한다.

Fig.3은 5월에 베스콘크리트를 타설할 경우 거푸집 제거시기에 따른 일일 표면온도하강량을 나타낸 것이다.

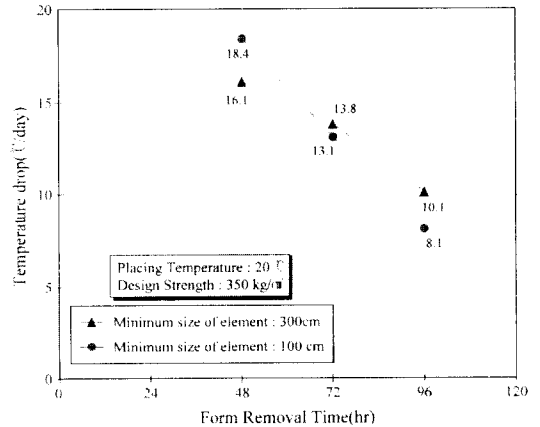


Fig.3 Temperature Drop According to Form Removal Time

Fig.3에서 부재최소치수 100cm의 경우 거푸집 제거시기에 따른 일일 표면온도하강량은 재령 48시간에 거푸집제거시 18.4°C, 재령 72시간에 거푸집제거시 13.1°C, 재령 96시간에 거푸집제거시 8.1°C로서 거푸집 제거시기가 1일 늦춰질 경우 약 5°C 정도 줄어든다. 부재최소치수가 300cm인 경우는 각각 16.1°C, 13.1°C, 10.1°C로서 거푸집제거시기를 1일 늦추면 일일 표면온도하강량은 2.3~3.7°C 작아진다. 미국 개척국에서 제시하는 균열방지를 위한 일일 온도하강량의 하한값은 11°C<sup>(11)</sup>로서, Fig.3의 결과에서 볼 때 거푸집제거시기를 재령 3일로 하면 하한값 11°C를 초과하게 된다. 실제 시공계획 수립시에는 Table 3에서 재령 48시간에 거푸집제거시의 일일 표면온도하강량을 산정한 다음 Fig.3에서 근사적으로 거푸집제거재령에 따른 일일 하강온도의 감소량을 고려하여 거푸집제거시기를 결정할 수 있을 것으로 판단된다.

거푸집 제거시기 1일 연장시 부재최소치수 100cm의 경우가 300cm의 경우보다 일일 표면온도하강량

이 작은 원인은 최소치수 100cm의 경우는 중심부 및 표면부 모두 최고온도에 도달한 후 식는 과정에서 거푸집이 제거된 반면 300cm의 경우는 표면부는 식는 과정에 있으나 중심부는 온도상승과정에 있어 표면부의 온도하강속도를 작게 하기 때문이다.

이러한 현상에서 볼 때 거푸집제거로 인해 표면온도이력에 미치는 영향은 부재최소치수가 상대적으로 작은 경우가 큰 경우보다 민감한 것을 알 수 있다. 따라서 부재최소치수가 상대적으로 작은 경우(100cm 내외)의 거푸집 제거시기 결정에 특히 유의해야 한다.

#### 4. 결론

위에서 분석한 바와 같이 매스콘크리트 공사시에는 시공과정에 따른 주변환경조건이 콘크리트의 품질에 상당히 큰 영향을 미친다. 특히 콘크리트의 설계강도 및 배합비, 부재최소치수등과 같은 주어진 구조물요인에 부가하여 타설시기, 타설온도, 거푸집조건 및 제거시기, 양생 및 대기온도 등의 시공시 주변환경조건이 영향을 대단히 민감하게 작용한다. 따라서 이러한 주변환경조건이 영향을 콘크리트 타설이전에 미리 예측한 다음 시공계획을 수립하여 시행함으로써 구조물의 품질을 확보하고 내구성을 향상시켜야 할 것으로 판단된다.

#### 참고 문헌

1. Carlson, R.W. and Johnson, R., "Curing of Mass Concrete", J of ACI, No.9, Vol.48, 1952, pp.716-718.
2. ACI Committee 207, "Mass Concrete for Dams and Other Massive Structures", J. of ACI, No.4, Vol.67, 1970, 4, pp.273-309.

3. マスコンクリートの温度応力研究小委員会, "マスコンクリートの温度応力推定方法に 関する既往の研究その總括(その1)", 콘크리트工学, Vol.21, No.8, 1983, 8, pp.4-17.
4. 변근주, 이상화, "매스콘크리트 수화온도의 합리적 평가를 위한 실험 및 해석 연구", 대한토목학회 논문집, 제15권, 제2호, 1995, 3, pp.337-346.
5. 塚田隆一, "マッシュ鉄筋コンクリートの温度上昇ならびに温度ひびわれに關する基礎研究", 學位論文, 1974.
6. ADINA Engineering, Inc. ADINAT - A Finite Element Program for Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis of Temperatures, Dec., 1984.
7. 이종대, 김진근, "크리이프를 고려한 매스 콘크리트의 수화열에 대한 온도응력 해석", 대한토목학회 논문집, 제14권 제4호, 1994, 7, pp.771-781.
8. 오병환, 백신원, 임주용, 임동환, "현장조건을 고려한 콘크리트 기초 및 교각구조의 온도 및 열응력에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 1994, 5, pp.233-237.
9. 平賀友晃, 倉林清, "マスコンクリートの断熱温度上昇に關する既往の研究成果について", マスコンクリートの温度応力発生メカニズムに關するコロキウム論文集, 日本コンクリート工学協會, 1982, pp.1-6.
10. 변근주, 이상화, "매스콘크리트 구조체의 주변환경을 고려한 온도이력 해석", 콘크리트학회논문집, 제8권, 제4호, 1996, 8, pp.191-199.
11. Neville, A.M., Properties of Concrete, 3rd ed., Pitman, 1981, p.253.
12. 日本コンクリート工学協會, マスコンクリートのひびわれ制御指針, 1986, p.10.
13. Bureau of Reclamation, Concrete Manual, U.S. Department of the Interior, 8th Edit, 1975, p.385.
14. Hansen T.C., "Surface Cracking of Mass Concrete Structures at Early Form Removal", RILEM Bulletin, No.28, Sept, 1965, pp. 145-152.

#### 요 약

매스콘크리트의 타설시 온도이력을 정확히 예측하기 위해서는 재령별로 민감하게 변하는 시공 및 주변 환경요인을 입밀히 반영하여 온도이력을 합리적으로 해석하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 시공시에 받

생되는 주변환경조건을 고려한 상태에서 온도이력을 해석할 수 있도록 개발된 해석프로그램을 이용하여 주변환경조건에 대한 수치실험을 수행하고자 한다. 수치실험의 목적은 매스콘크리트 타설시 각종 인자가 매스콘크리트의 온도이력에 미치는 영향정도를 정량적으로 파악하여 실제 매스콘크리트의 설계 및 시공시 사전에 콘크리트의 온도이력을 예측하여 효율적으로 관리하는데 있다. 수치실험을 수행한 결과 주어진 구조물의 설계조건에 부가하여 타설시기, 타설온도, 거푸집조건 및 제거시기, 양생 및 대기온도 등의 시공시 주변환경조건이 상당히 민감하게 작용하는 것으로 나타났다.

(접수일자 : 1997. 7. 1)