

매스 콘크리트의 온도분포에 영향을 주는 주요 변수에 관한 연구

A Study on the Effects of Variables in Temperature
Distribution of Mass Concrete

정철현*

강석화*

정한중**

Chung, Chul Hun Kang, Suck Hwa Jeong, Han Jung

박철림***

오병환****

Park, Chil Lim Oh, Byung Hwan

요 약

콘크리트는 경화도중 시멘트의 수화발열로 인한 비선형 온도분포가 발생한다. 이는 초기재령시 콘크리트의 인장강도를 초과하는 인장응력을 유발시키고, 결국에는 균열을 발생시킨다. 본 연구에서는 온도분포에 주요한 영향을 주는 매스콘크리트의 발열특성을 평가하기 위해서 주요 변수에 따른 단열온도 상승시험을 수행하였으며, 실험결과를 바탕으로 단위시멘트량과 플라이애쉬 혼입량에 따른 콘크리트의 발열특성을 평가하였다. 이에 의해서 결정된 변수에 의해서 현장실험을 실시한 모의시험체에 대해서 유한요소 열전도해석(ADINA-T)을 수행하여 현장실험에서 결정된 실측결과와 비교분석을 수행하였다. 해석결과와 실험결과는 잘 일치함을 알 수 있었다. 따라서, 본 연구결과는 향후 콘크리트 반죽 온도 변화가 콘크리트의 발열특성에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 수행되면 보다 광범위하게 현장에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

The setting and hardening of concrete is accompanied by nonlinear temperature distribution caused by developing heat of cement hydration. This leads to tensile stresses that may exceed the strength of the young concrete, and cracks occur. In this present study, the heat of hydration characteristics are obtained from a study in which insulated concrete cubes were tested. Based on test results, concrete heat of hydration characteristics according to unit weight cement and flyash replacement quantity are determined, then employed in a numerical temperature analysis that considers both environmental interaction and concreting phases. The numerical results are performed by ADINA-T. The analytical results are in good agreement with experimental data.

Keywords : mass concrete, adiabatic temperature rise, temperature distribution

* 정회원(주)대우 건설기술연구소 선임연구원, 공학박사
** 정회원(주)대우 건설기술연구소 선임연구원, 기술사
*** 정회원(주)대우 건설기술연구소 소장, 전무이사, 기술사
**** 정회원 서울대학교 공과대학 토목공학과, 교수

• 본 논문에 대한 토의를 1994년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 1995년 2월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

1.1 연구배경

현장 타설시 매스콘크리트 구조물에서의 온도응력 해석정도의 향상은 구조물의 대형화와 내구성의 관점에서 볼때 그 중요성이 증대되고 있다. 매스콘크리트 타설시 온도응력에 가장 민감한 영향을 주는 주요 요인으로는 시멘트의 수화발열에 수반되는 온도상승량과 단면내에서 발생하는 온도분포가 우선적으로 거명되고 있으며⁽¹⁾, 시멘트의 수화발열로 인한 온도상승량과 온도분포에 영향을 주는 요인으로는 콘크리트 반죽시의 온도, 단위시멘트량, 플라이애쉬 첨가량 및 양생시 외기 온도등이 있다. 일반적으로 콘크리트 반죽시 온도가 낮을수록 매스콘크리트의 단면내에서 발생하는 최고온도 상승량은 증가하고, 상승속도는 감소하며, 보통 포틀랜드 시멘트의 경우 단위시멘트량에 비례해서 단열온도 상승량과 상승속도가 증가한다. 또한, 일정 비율까지 플라이애쉬 첨가량이 증가할수록 최고온도와 상승속도가 감소하는 것으로 알려져 있다⁽²⁾. 따라서 현장 시공되는 매스콘크리트 구조물에서 발생하는 온도분포에 의한 온도응력을 정확하게 예측하기 위해서는 이들 주요 변수에 의한 영향을 정확하게 평가하는 작업이 선행되어야 한다.

지금까지 국내에서 수행되어 온 매스콘크리트의 온도분포에 관한 연구에서는 유한요소 해석시 요구되는 콘크리트의 단열온도 특성을 일본의 기존 연구결과나 간접적인 방법으로 측정된 결과들이 이용되어 왔다. 그러나 일본에서 수행된 단열온도에 관한 실험결과는 국내에서 생산되는 시멘트의 발열특성을 정확히 표현하기는 어려우며, 또한 간접적인 방법으로 결정되는 발열특성으로 현장 시공되는 매스콘크리트의 온도분포 및 온도응력을 정확하게 예측하기가 어렵기 때문에 온도응력에 의한 균열을 방지하기 위한 합리적인 시공대책을 수립하기가 어려운 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국내산 시멘트의 수화발열특성을 분석하고, 매스콘크리트 시공시 수화발열로 인한 콘크리트내의 온도분포에 영향을 미치는 주요 변수에

대한 연구를 수행하였다.

1.2 연구목적

본 연구에서는 국내에서 생산되는 시멘트에 대한 단열온도 상승시험을 실시하여 반죽시 온도, 단위시멘트량 및 플라이애쉬 첨가량등의 주요 변수에 대한 영향을 평가하였다. 또한 단열온도 상승시험에서 결정된 주요 변수들의 실측치를 입력치로 하여 범용 온도해석 프로그램인 ADINA-T에 의한 유한요소 해석을 수행하여 결정된 온도분포와 현장실험을 통해서 측정된 온도분포에 대한 비교분석을 실시하였다.

2. 단열온도 상승시험

매스콘크리트 구조물의 온도응력 해석의 정도를 향상시키기 위해서는 그 전 단계로서 콘크리트내에서 발생하는 온도이력을 정확히 추정하는 것이 선행되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 매스콘크리트 구조물 시공시 단위시멘트량과 플라이애쉬 첨가량에 따른 온도특성을 알아보기 위해서 단열온도 상승시험을 수행하였다. 실험에 사용된 시멘트는 동양시멘트에서 생산되는 제 1종 포틀랜드시멘트이다. 실험에 사용된 단열온도 측정기기는 CONTROL사에서 제작된 ADIABATIC CON-CRETE CALORIMETER 이다.

본 실험에서는 매스콘크리트 구조물 시공시 단위시멘트량이 변화하는 것으로 인한 단열온도 특성을 평가하기 위하여 시멘트량을 변수로 하여 실험을 수행하였다. 또한 매스콘크리트 구조물에서 수화열로 인한 온도를 감소시키기 위해서 많이 사용되는 플라이애쉬 첨가량에 따른 영향을 평가하기 위해서 추가실험을 실시하였다.

2.1 단위시멘트량에 따른 영향

물-시멘트비가 각각 67, 50, 33%인 콘크리트에 대해서, 반죽시 온도를 대략 17℃로 일정하게 한 상태에서 단열온도 상승시험을 실시하였다. 여기서, 단위시멘트량의 변화에 따른 온도특성을 확

인하기 위해서 단위시멘트량을 300, 400, 500kg/m³ 으로 변화시켜 실험을 수행하였으며, 단위시멘트량 변화에 따른 단열온도 측정결과는 Fig.1과 같다.

일반적으로 콘크리트 단열온도 실험에서 나타내는 단열온도 상승식의 형태는 식(1)과 같고, 단열온도 상승 실험결과로부터 얻어진 K와 α의 측정치는 Table 1에 수록하였다.

$$Q_{(t)} = K(1 - \exp^{-\alpha t}) \quad (1)$$

여기서, K : 단열온도 상승의 종국치(°C)

α : 단열온도 상승속도

t : 재령(일)

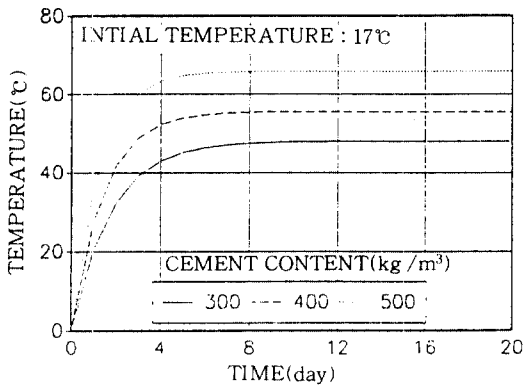


Fig.1 Adiabatic temperature rise of mass Concrete according to cement content

Table 1 K and α according to cement content(unit of cement content : kg/ m³)

| cement content | K | α | W/C(%) |
|----------------|------|-------|--------|
| 300 | 48.0 | 0.564 | 67 |
| 400 | 55.6 | 0.700 | 50 |
| 500 | 66.0 | 0.810 | 33 |

(placing temperature : 17°C)

Fig.1에서 보면, 단위시멘트량의 증가에 따라 단열온도 상승식에서 나타나는 주요 변수인 K와 α가 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 매스 콘크리트 구조물 시공시, 수화열로 인해서 발생하는 단면내의 시간에 따른 온도분포 및 응력상태를 정확히 예측하기 위해서는 K와 α가 정확히 평가

되어야 한다.

본 실험결과를 토대로 단위시멘트량의 변화에 따른 K와 α의 변화를 Fig.2에 나타냈으며, 회귀분석을 통해서 평가된 예측식은 식(2)와 같다.

$$K = 20.53 + 0.09xC \quad (2.a)$$

$$\alpha = 0.199 + 0.00123xC \quad (2.b)$$

여기서, K : 단열온도 상승시험에서 나타나는 최종 온도(°C)

α : 단열온도 상승속도

C : 단위시멘트량(kg/m³)

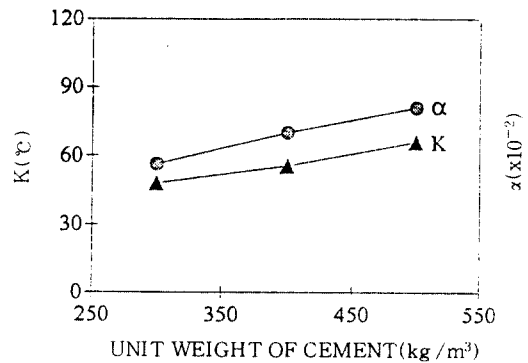


Fig.2 Variation of K and α according to cement content

2.2 플라이애쉬 첨가량에 따른 영향

플라이애쉬 첨가량에 따른 단열온도 특성을 알아보기 위해서 플라이애쉬 첨가 비율을 0%, 15%, 30%로 변화시켜 단열온도 상승시험을 수행하였으며, 실험결과는 Fig.3에 나타내었다. 실험결과로부터 식(1)을 통해 K와 α를 결정하였으며, Table 2에 수록하였다. 여기서, 각 경우의 시멘트량은 단위시멘트량과 플라이애쉬 첨가량을 합한 양을 일정하게 500kg/m³으로 유지하였다.

플라이애쉬 첨가량에 따른 단열온도 측정결과인 Fig.3에서 보면, 플라이애쉬 첨가량 증가에 따라 K와 α가 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 매스콘크리트 시공시, 단면내에서 발생하는 온도를 감소시키기 위한 하나의 방법으로서 플라이애쉬 첨가량에 따른 온도특성을 평가하는 것이 선행되어야 한다.

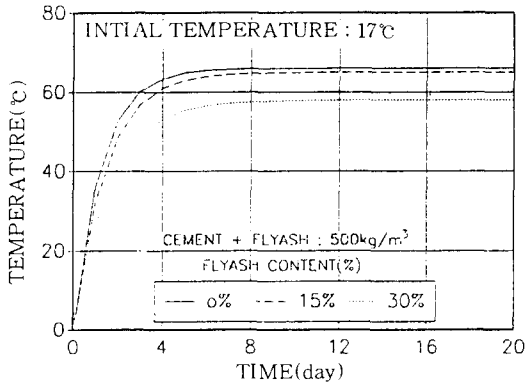


Fig.3 Adiabatic temperature rise of mass concrete according to flyash replacement quantity

Table 2 K and α according to flyash replacement quantity

| cement content | flyash | K | α |
|----------------|--------|------|----------|
| 500 | 0 % | 66.0 | 0.810 |
| 425 | 15 % | 65.0 | 0.693 |
| 350 | 30 % | 58.0 | 0.620 |

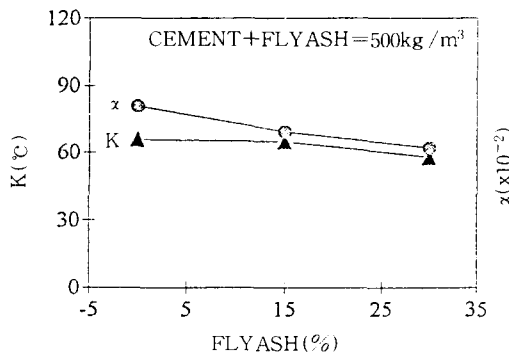


Fig.4 Variation of K and α according to flyash replacement quantity

본 실험에서는 이들 실험결과를 토대로 플라이애쉬 첨가량에 따라 K와 α 가 변화하는 양을 Fig.4에 나타냈으며, 회귀분석을 통해서 평가된 예측식은 식(3)과 같으며, F는 플라이애쉬 첨가량이다.

$$K = 67.0 - 26.67xF \quad (3.a)$$

$$\alpha = 0.82 - 0.634xF \quad (3.b)$$

3. 열전달 해석(Heat Transfer Analysis)

매스콘크리트 구조물에서 발생하는 수화열에 의한 온도응력은 콘크리트가 설계강도를 발현하기 이전에 발생한다. 이 온도응력이 콘크리트의 인장강도를 초과하는 경우 균열을 일으켜 구조물의 안전성과 기능성에 치명적인 문제를 초래할 수 있다. 따라서, 매스콘크리트 구조물 시공시, 예비단계로서 현장 모의실험을 통해서 콘크리트 내부에서 발생하는 수화열로 인한 온도분포 및 변형, 응력을 예측하는 것이 선행되어야 한다.

대형구조 실험동에 시공예정인 반력상과 반력벽은 콘크리트의 두께가 각각 1.5m, 2.5m인 매스콘크리트 구조물로서, 본실험을 통해서 반력벽에 대한 온도분포의 수치해석 결과를 검증함과 동시에 매스콘크리트에서의 온도분포를 추정하여, 실제 구조물의 합리적인 시공방법을 수립하는데 이용하며, 또한, 단열온도 상승시험에서 결정된 K와 α 를 이용하여 유한요소 온도분포 해석을 수행한 결과와 실측 온도분포 실험결과의 비교분석을 수행하였다.

3.1 현장실험을 통한 온도 측정

본 실험에서는 대상구조물(Fig.5)의 최소치수인 2.5m을 기준으로 하여 실시공에 사용하는 동일한 재료로 모의시험체를 현장 제작하여, 구조물에서 발생하는 수화열로 인한 온도분포를 계측하였다. 실험에서는 공시체 크기의 한계가 있고, 수화열 실험은 구조물 크기에 따라 수화열의 발생정도가 달라지므로 실험체의 크기를 결정하는 것이 중요한 문제이다.

본 실험에서 시험체의 크기는 반력벽의 크기 및 1회 타설두께를 고려하여 2.5m x 2.5m x 1.0m로 설정하였으며, 배합특성은 실제 반력벽 시공시와 동일한 재료로 Table 3과 같고, 자세한 형상은 Fig.6과 같다. Fig.6에서 기초콘크리트의 크기는 3.5mx3.5x0.3m이며, 실제 시험체를 타설하기 7일전에 타설을 완료하였다. 본 실험에서는 수화열에 의한 온도이력을 알아보기 위한 실험으로 하중에 의한 설계를 하지 않았기 때문에, 철근배근시

Table 3 Mix proportion of concrete

| water | cement + flyash | W/C ratio | S.P. | agg. ratio | slump | air content |
|-------|-----------------|-----------|------|------------|-------|-------------|
| 175 | 378.38+94.59 | 37.0(%) | 1.5% | 42.5(%) | 23.5 | 1.7 |

(unit : water=kg /m³, cement + flyash=kg /m³, slump=cm)

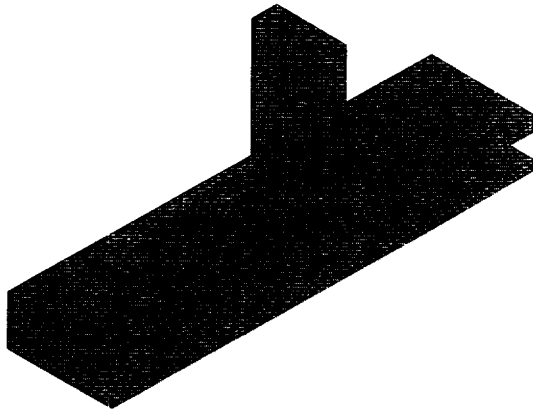


Fig.5 Reaction wall(1/ 2 symmetric model)

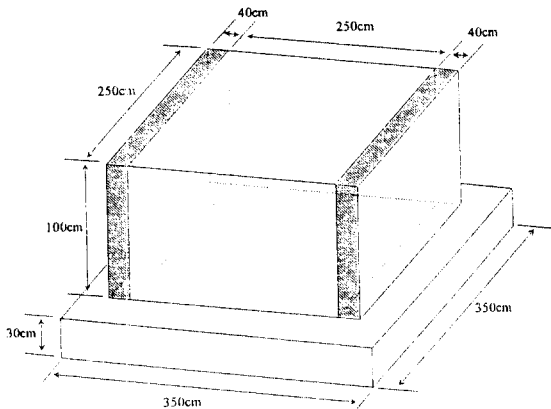


Fig.6 The size of test member

에는 ACI에서 규정하고 있는 수화열에 의한 균열 방지책을 위한 최소철근비($\rho=0.15\%$)를 적용하였다.

3.1.1 단열온도 상승시험

현상실험을 수행하기 앞서 본 배합특성(Tabel 3)을 갖는 콘크리트에 대한 단열온도 상승시험을 수행하였으며, 시험결과는 Fig.7과 같다. 초기의

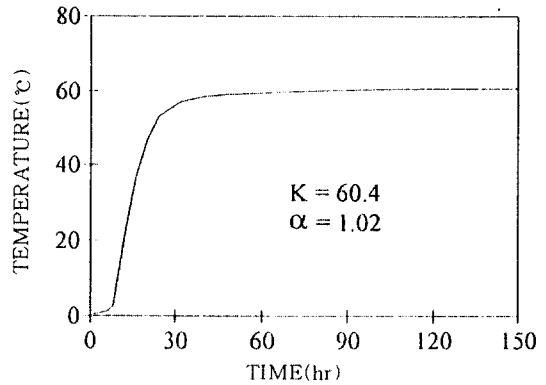


Fig.7 Results of adiabatic temperature rise(test member)

콘크리트 반죽온도는 29.8°C 이며, 실험치로 부터 회귀분석한 단열온도 특성은 $K=60.4$, $\alpha=1.02$ 이다. Table 3의 배합특성에서 시멘트량중 플라이애쉬 첨가량은 20%로서 식(3)을 통해서 K , α 를 산정하면, $K=61.6$, $\alpha=0.69$ 과 같다. 두 결과를 비교하면 최종 온도상승량은 일치하나, 온도상승속도는 큰 차이를 보이고 있다. 이는 콘크리트의 반죽온도가 각각 17°C, 29.8°C로 이 차이에 의해서 단열온도 상승속도가 큰 영향을 받는 것으로 판단되며, 기존의 연구결과에서도 콘크리트의 반죽온도 증가에 따라 상승속도가 증가하는 것으로 나타나고 있다⁽³⁾.

3.1.2 단열재 두께의 결정

시험체를 실제 반력벽 타설시의 상황과 가능한 동일하게 설정하기 위해서 시험체의 4개의 옆면중 2면에 단열재(스티로폼)를 설치하였다(Fig. 6 참조). 단열재의 두께를 결정하기 위해서 두께가 20cm, 40cm, 60cm인 경우에 대해서 유한요소법에 의한 2차원 비정상 열전도해석(ADINA-T)을 실시하였다⁽⁴⁾. 해석모델은 Fig.8에 나타내었으며, 해석에 사용된 물성치 및 해석 CASE를 Table 4에 수록하였다. 유한요소 해석에서 사용된 단열온도 상승곡선은 식(4)와 같다.

$$Q_{(t)} = 60.4(1 - \exp^{-1.02t}) \quad (4)$$

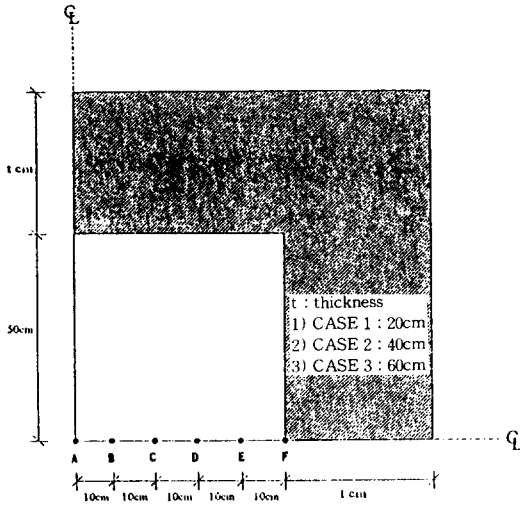


Fig.8 Finite element model

Table 4 Thermal properties of the material

| | unit | concrete | insulator | wood form |
|-------------------|----------------------------|----------|-----------|-----------|
| conductivity(K) | Kcal / m hr °C | 2.54 | 0.018 | 0.35 |
| specific heat(C) | Kcal / kg °C | 0.258 | 0.20 | 0.29 |
| initial temp.(T) | °C | 26.0 | - | 26.0 |
| density(ρ) | kg / m ³ | 2320 | 30.0 | 170 |
| convectivity(H) | Kcal / m ² hr°C | - | - | 8.0 |

단열재의 두께에 따른 유한요소 해석결과 콘크리트의 중심부와 표면부의 온도차이를 최고온도 도달시점과 재령 27일 일때에 대해서 Table 5와 Table 6에 수록하였으며, 콘크리트의 위치별 시간에 따른 온도분포를 Fig.9에 나타내었다(해석결

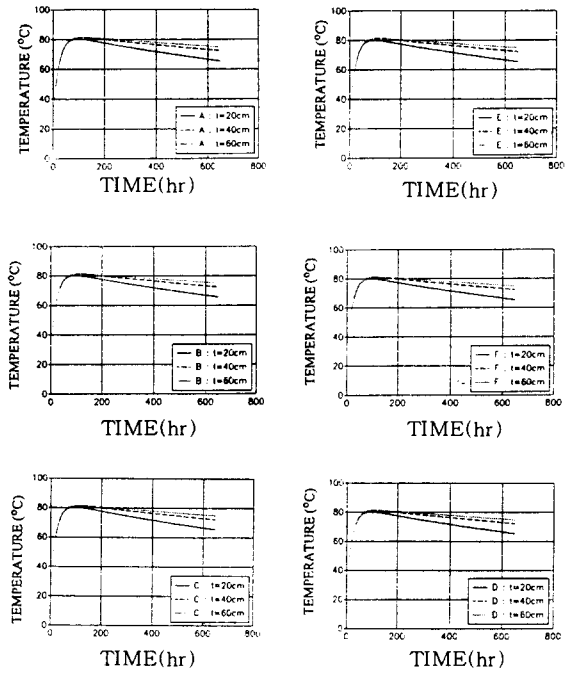


Fig.9 Temperature history

과에서 나타내는 위치 A, B, C, D, E, F 는 Fig.8 참조).

Table 5에서 보면, 최고온도 도달시 단열재 두께에 따라 단면내 온도분포가 크게 차이가 없음을 보여주고 있다. 그러나 Table 6에서 보면 콘크리트의 재령이 27일인 경우에는 단열재의 두께가 20cm인 경우에 비해서 40cm일때 6.7°C(10.5%)의 차이를 보이고 있으며, 40cm에 비해서 60cm인 경우에는 2.5°C(3.4%)의 작은 차이를 보여주고

Table 5 Temperature distribution at peak time

| insulator thickness | analytical locations | | | | | | temp. difference | |
|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|
| | A | B | C | D | E | F | A - D | A - F |
| t = 20 cm | 80.25 | 80.23 | 80.18 | 80.08 | 79.96 | 79.80 | 0.17 | 0.45 |
| t = 40 cm | 81.22 | 81.20 | 81.17 | 81.12 | 81.05 | 80.97 | 0.10 | 0.25 |
| t = 60 cm | 81.48 | 81.47 | 81.45 | 81.41 | 81.36 | 81.30 | 0.07 | 0.18 |

Table 6 Temperature distribution at t=27 days

| insulator thickness | analytical locations | | | | | | temp. difference | |
|---------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|
| | A | B | C | D | E | F | A - D | A - F |
| t = 20 cm | 65.58 | 65.57 | 65.53 | 65.46 | 65.37 | 65.26 | 0.12 | 0.32 |
| t = 40 cm | 72.45 | 72.44 | 72.42 | 72.37 | 72.32 | 72.25 | 0.08 | 0.20 |
| t = 60 cm | 74.98 | 74.97 | 74.95 | 74.92 | 74.88 | 74.83 | 0.06 | 0.15 |

있다(Fig.9 참조). 콘크리트의 중심부에서 재령(최고온도 도달시와 재령 27일)에 따른 온도강하량은 단열재 두께가 20cm일때 15.0℃, 40cm 일때 8.7℃, 60cm 일때 6.5℃의 차이를 보여주고 있다.

이상의 해석결과에서 볼때 단열재의 두께가 20cm인 경우에는 40cm인 경우에 비해서 재령에 따라서 온도차가 큰 경향을 보여주고 있어 보온효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 단열재의 두께가 40cm 이상인 경우에는 작은 온도차를 보여주고 있으며, 60cm인 경우에 비해서도 큰 차이를 보이지 않으며, 보온효과도 우수한 것으로 나타났다. 따라서, 최소한의 단열재 두께는 40cm 정도가 확보되어야 할 것으로 판단된다. 이상의 결과를 바탕으로, 본 실험에서는 단열재의 두께를 40cm로 하여 현장실험을 수행하였으며, 자세한 형상은 Fig.6에 나타내었다.

3.1.3 실험방법 및 측정

모의 시험체의 현장실험에 사용된 콘크리트의 배합특성은 표 3과 같고, 실험에서는 콘크리트내에서 발생하는 온도이력, 대기 온도이력, 단열재의 온도이력을 측정하는 것에 주안점을 두었다. 실험에 사용된 측정 게이지 및 실험장비는 다음과 같다.

1) 측정 게이지

- 온도측정 : T-Type 열전대($\Phi 0.65$, 비닐 피복품 1 Roll)

2) 측정장비(DATA LOGGER SYSTEM)

- 온도측정 : UCAM-50AT

본 시험체의 단면이 대칭이므로 1/4 구간에 측정게이지를 매설하였다. 총 11개소에 열전대계를 매설하였으며, 이중 9개소는 콘크리트 내부, 1개소는 대기중, 1개소는 단열재내에 매설하였다. 자세한 온도 측정위치는 Fig.10과 같으며, 측정시간의 간격은 타설완료후 3일(1시간 간격)+7일(3시간 간격)+10일 이후(6시간 간격)으로 하였다.

3.1.4 실험결과 및 분석

Fig.11에 전체 측정지점의 온도이력 표시하였으며, Fig.12에는 각 측정지점별 온도이력을 나타

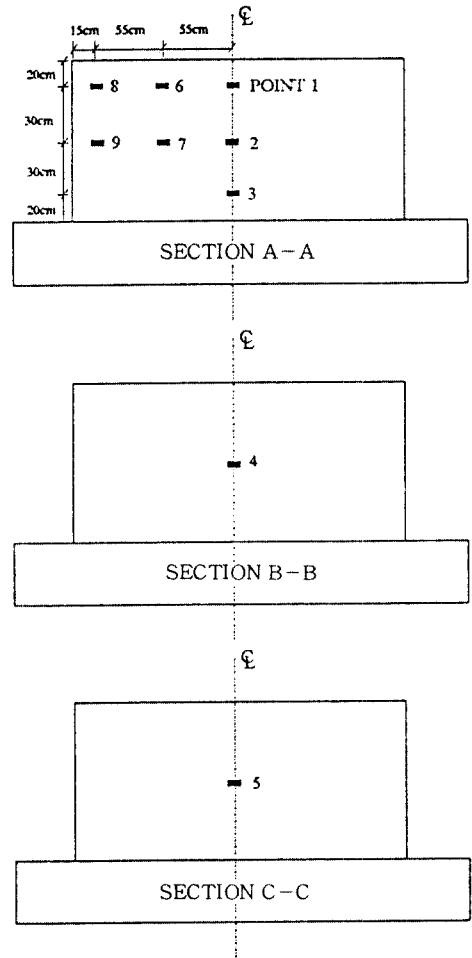
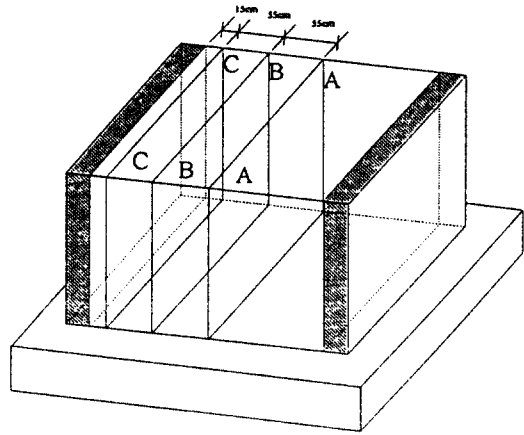


Fig.10 Measurement locations

내었다. 측정결과에서 나타난 각 지점의 최고온도 도달시간은 타설완료후, 대략 21-25 시간 정도이며, 시험체의 중심부에서 최고온도는 73.5℃ 이다. Fig.13은 시험체의 표면부근과 중심부와의 온도차의 경시변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 온도차는 중심부(point 2)을 기준치로 하여 point 3, point 1, point 8, point 9에서 측정된 온도를 뺀 결과치이다. 온도차가 약 7℃를 초과하는 기간이

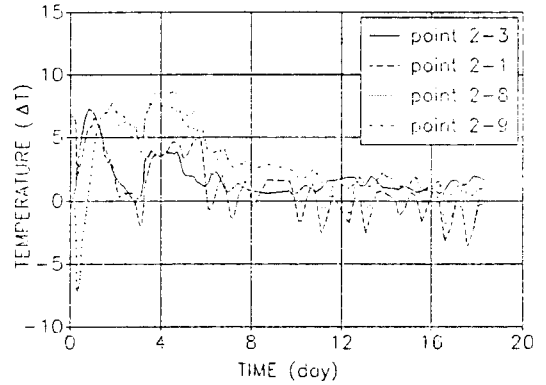


Fig.13 Temperature difference between center and surface of the test member

재령 0.5일 부터 1일 사이에 발생하지만, 이로 인한 응력은 콘크리트가 경화되는 도중이기 때문에 큰 의미는 없을 것으로 판단된다. 재령 3일에서 6일 사이에 발생하는 내외부의 온도차는 약 8℃ 정도로 이 부근의 온도차가 실제 발생응력에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

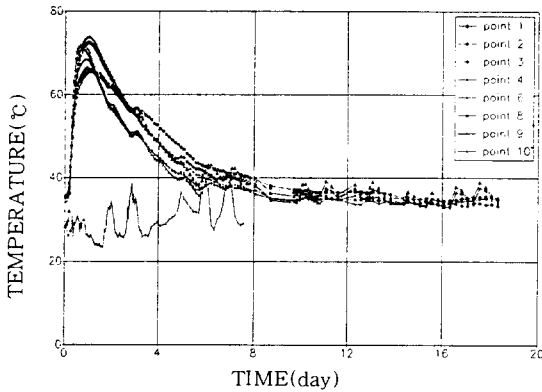


Fig.11 Temperature history according to time

3.2 유한요소법에 의한 온도해석

현장에서 수행된 모의시험체에 대해서 ADINA-A-T을 이용한 3차원 유한요소 온도분포해석을 수행하였으며, 해석시 요구되는 콘크리트의 단열온도 특성은 본 실험체의 배합특성과 식(3)을 통해서 계산하였으며 ($K=60.4, \alpha=1.02$), 이외의 요구되는 재료특성을 Table 7과 같다. 유한요소 모델 구성시에는 단열재를 포함하여 Fig.6의 형상을 그대로 모델하였으며, Fig.14와 같다.

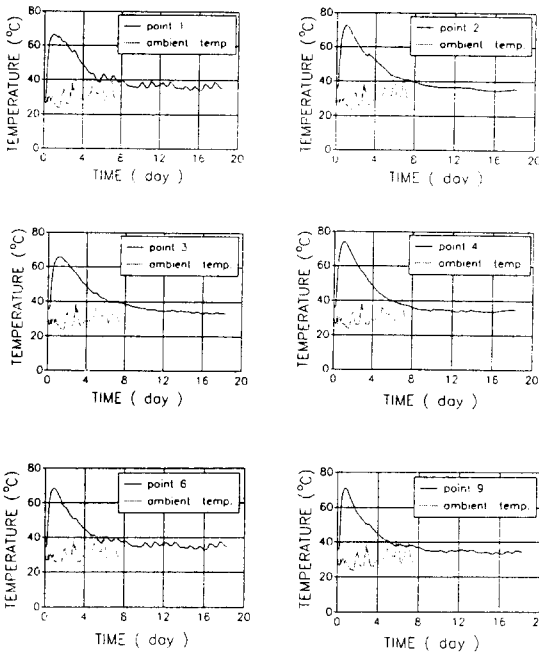


Fig.12 Temperature history of measurement locations

Table 7 Thermal properties of concrete(test member)

| | unit | concrete | insulator | wood form |
|-------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|
| conductivity(K) | Kcal / m hr °C | 2.54 | 0.018 | 0.35 |
| specific heat(C) | Kcal / kg °C | 0.258 | 0.20 | 0.29 |
| initial temp. (T) | °C | 33.0 | 33.0 | 33.0 |
| density (ρ) | kg / m ³ | 2320 | 30.0 | 170 |
| convectivity(H) | Kcal / m ² hr °C | 10.0 | - | 8.0 |

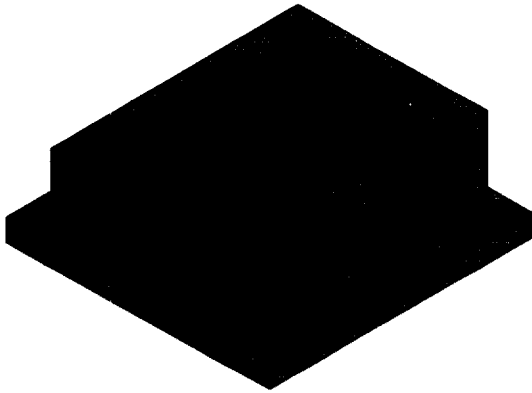


Fig.14 Finite element mesh of the test member

3.3 실험결과와 이론해석의 비교분석

실험체의 각 측정위치별 해석결과와 실험결과를 비교한 것은 Fig.15와 같다. 유한요소법을 통한 온도해석시 입력자료로 요구되는 주요 변수인 K 와 α 를 시멘트량과 플라이애쉬 혼입량에 따라 제안된 식(2), 식(3)를 통해서 계산하였다. 이를 통한 해석결과와 실측치를 각 측정점에 대해서

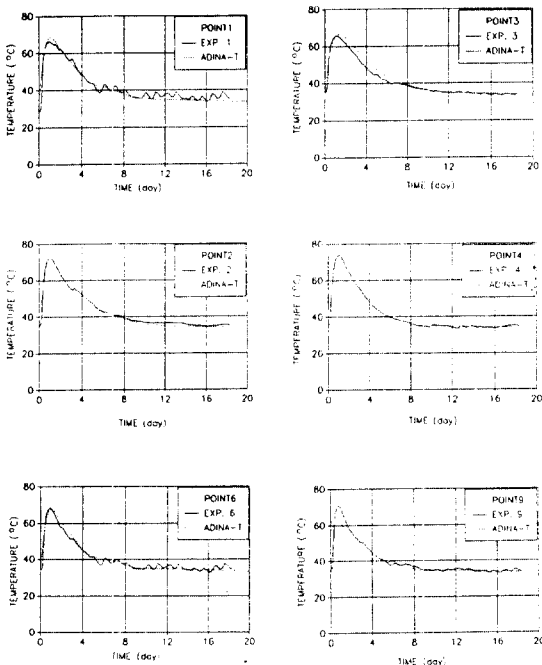


Fig.15 Comparison of experimental and analytical temperature history

Fig.15에 나타내었다. 그림에서 보면 실측치와 해석치가 전반적으로 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다. 따라서, 앞에서 지적했듯이, 타설시 반죽온도와 단위시멘트량, 혼화재 혼입량등이 단열온도 상승속도인 α 에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 보완되면, 식 (2)와 식 (3)의 형태와 같은 추정식이 수화열로 인한 매스콘크리트의 온도해석에 보다 광범위하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 매스콘크리트 구조물 시공시, 시멘트의 수화발열로 인해서 콘크리트내에 발생하는 온도이력을 추적하는데 요구되는 주요변수에 대한 영향을 평가하였다. 현장 시공되는 매스콘크리트 구조물에서 발생하는 온도응력을 정확히 예측하기 위해서는 온도분포에 영향을 주는 주요 변수에 대한 평가가 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이에 대한 연구를 수행하였으며, 주요 결론은 다음과 같다.

(1) 매스콘크리트 온도해석시 콘크리트내의 온도이력에 절대적인 영향을 주는 콘크리트의 발열 특성 변수인 K 와 α 의 단위시멘트량과 플라이애쉬 첨가량에 따른 변화를 알아보기 위해서 단열온도 상승시험을 수행하였으며, 이에 대한 영향을 평가하였다.

(2) 매스콘크리트 현장 시공시, 실 구조물내에서 발생하는 온도특성을 합리적으로 표현할 수 있는 모의시험체에 대한 수화열 실험이 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 현장실험시 실제 구조물의 발열특성을 잘 나타낼 수 있도록 모의시험체 제작시 필요한 단열재의 두께를 결정하였다.

(3) 본 연구에서 제안한 K 와 α 을 이용한 유한요소 온도분포 해석결과와 현장 실험결과가 잘 일치함을 보여주고 있다. 따라서, α 에 영향을 주는 콘크리트 반죽온도, 혼화재 혼입량을 고려한 단위시멘트량의 변화에 따른 추가실험이 보완되면 K 와 α 의 제안식이 보다 광범위하게 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Fernando A. Branco, Pedro A. Mendes, and E. Mirambell., Heat of Hydration Effects in Concrete Structures, ACI Materials Journal Technical Paper, V.89, No.2, March-April 1992.
2. 日本コンクリート工學協會, マスコンクリートの溫度應力研究委員會 報告書, 1985. 11.
3. 日本コンクリート工學協會, コンクリート工學, Concrete Journal, JCI, Vol.27, No.11, 1989. 11.
4. ADINA-T., A Finite Program for Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis of Temperatures, ADINA Engineering, U.S.A, December 1984.
5. 장봉석., 매스콘크리트의 수화열 및 온도특성에 관한 연구, 서울대학교 대학원 토목공학과, 석사학위논문, 1994. 2.
6. 日本コンクリート工學協會, 工事記録, 長大橋梁アンカジェイシの マスコンクリート對策, Concrete Journal, JCI, Vol.29, No.4, April 1991.
7. Rawhouser, and Clarence., Cracking and Temperature Control of Mass Concrete, ACI Journal, Proceedings V.41, No.4, Feb. 1945, pp. 305-348.
8. 오병환, 정철현외 2인., 강변북로(제1-1공구) 프리캐스트 세그멘탈 교량의 균열조사 연구, 서울대학교 공학연구소, 1993. 7.
9. Harold L. Ickes, John C. Page, and S. O. Harper., Thermal Properties of Concrete, Boulder Canyon Project Final Reports, Denver, Colorado, 1940.
10. ACI Manual of Concrete Practice, Mass Concrete., Cracking for Mass Concrete, 207.1R-207.2R, 1992.

(접수일자 : 1994. 9. 6)