

상하부 배합을 달리함에 의한 기초 매트 매스콘크리트의 수화열 균열저감

Reducing Thermal Cracking of Mat-foundation Mass Concrete Applying Different Mix Designs for Upper and Lower Placement Lifts

한 천 구*

김 민 호

Han, Cheon-Goo*

Kim, Min-Ho

Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, Naduk-Dong, Cheongju-City, 360-764, Korea

Abstract

In this research, considering the practical conditions at field, thermal cracking reducing method was suggested based on the comparative analysis between predicted value and actual value obtained from the actual structure member with optimum mix design. The optimum mix design was deduced from the various mix designs with various proportions of cementitious binder for upper and lower placement lifts of mat-foundation mass concrete. Therefore, before field applications, the mix designs were obtained from the theoretical analysis obtained by MIDAS GEN for upper lift was OPC to FA of 85 to 15, and for lower lift was OPC to FA to BS of 50:20:30. Based on this mix design, the actual concrete for field was determined and all concrete properties were reached within the predicted range. Especially, the temperature properties of mass concrete at core was approximately 39°C of temperature difference for low-heat mix design, while approximately 54°C was shown for normal mix design currently used. Additionally, in the case of cracking index, the low heat mix design showed about 1.4 of relatively high value while the normal mix design showed 1.0. Therefore, it can be stated that applying low heat mix design and different heating technique between upper and lower placement lifts for mass concrete are efficient to control the thermal cracking.

Keywords : mat-foundation mass concrete, low heat mix design, heat of hydration analysis, temperature history, thermal cracking

1. 서 론

최근 도심지의 건축물은 자가상승에 따른 토지의 효율적 활용 및 건설기술의 발달로 말미암아 점점 더 고층화하는 경향이다. 이에 따라 건축물의 기초는 구조체의 안정성과 관련하여 두꺼운 매스콘크리트 형태의 매트콘크리트가 설계

되어지고 있다[1].

그런데, 이와 같은 매트 매스콘크리트는 건축물의 하부구조를 안전하게 지지하는 역할에는 긍정적일 수 있지만, 800mm 이상의 두꺼운 부재로 설계되는 경우가 많아짐에 따라 수화열에 의한 균열이 문제점으로 제기 되고 있다. 즉, 콘크리트는 시멘트 경화과정 중 화학반응에 의해 수화열이 발생하는데, 특히 매스콘크리트 구조물일 경우는 두꺼운 부재의 크기와 낮은 열전도율 때문에 내부에서 발생하는 수화열이 외부로 방출되기까지는 상당한 시간이 소요되므로 이로 인한 내부 수화열의 축적은 부재 내·외부 온도차 등에 의해 온도응력을 발생시킨다[2]. 이렇게 발생한 온도응력에 의한 균열은 표면 망상균열도 존재하지만 경우에 따라 관통

Received : September 22, 2016

Revision received : October 27, 2016

Accepted : December 26, 2016

* Corresponding author : Han, Cheon-Goo

[Tel: 82-43-229-8480, E-mail: cghan@cju.ac.kr]

©2017 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

균열로 진행되는 경우도 있으므로 시공계획 단계부터 균열에 대비한 적절한 대책 수립이 필요하게 된다.

또한, 국내의 기존 매트 매스콘크리트의 시공양상은 전체 높이를 일체타설 할 경우 침하균열이 발생하므로 이를 방지하기 위해 절반정도 이상 높이를 먼저 타설하고 어느 정도 시간이 경과한 후 나머지를 타설하는 이른바 돌려치기로 타설하고 있다. 그러나 이러한 경우 두꺼운 부재에 기인한 침하균열은 방지할 수 있으나, 타설 시간차에 따른 응력발생에 의해 균열이 추가적으로 발생하게 된다. 이에, 상부와 하부의 배합을 효율적으로 달리하여 타설하게 된다면 침하균열도 방지하면서 매스콘크리트의 수화열 균열을 크게 저감할 수 있을 것으로 예상된다.

그러므로, 본 연구에서는 국내 W건설사 아파트 신축공사 현장에서 매트 매스콘크리트의 온도균열 저감을 목적으로, 상·하부를 구분하여 타설하는 실무조건을 고려하여, 컴퓨터 프로그램상으로 하부와 상부의 혼화재 치환율 변화에 따른 배합 조건 변화로부터 최적치를 도출한 다음, 실구조체에 적용 해석치와 실측치간을 비교하므로써 효율적인 수화열균열 저감방안을 제안하고자 한다.

2. 현장개요

본 연구의 대상건축물은 충북 청주시에 위치한 ○○아파트 신축공사 현장으로, 공사개요는 Table 1과 같고, 현장에 대한 조감도는 Figure 1과 같다.

Table 1. Field conditions

Project	○○ apartment construction
Period	2014.10.21.~2016.12.31
Location	Cheongju in Korea
Scale	2 basement floors and, 22~25 ground floor 10 buildings of apartment
Construction area	164,497m ²
Structure	Wall structure of reinforced concrete
Organization	988 housings and amenities Subsidiary facility - management office and small library etc.
Mat concrete standard	25-24-150
Quantity of object concrete	255m ³
Depth of mat concrete	1,200mm



Figure 1. Bird's eye view

3. 수화열 해석

3.1 수화열해석 계획

본 기초 매트 매스콘크리트의 수화열 해석계획은 Table 2와 같다. 즉, 콘크리트의 규격은 25-24-150의 레디믹스트 콘크리트(이하 레미콘)을 사용하는 것으로 매스콘크리트의 상·하부배합은 현장의 기설계된 조건인 상·하부 플라이애시(이하 FA)를 15% 치환하는 것을 기준으로 하였다.

Table 2. Analysis plan

Items		levels
Ready mixed concrete		· 25-24-150
Mix-ture	Plan 1	Upper · OPC : FA : BS = 85 : 15 : 0
		Bottom · OPC : FA : BS = 85 : 15 : 0
	Plan 2	Upper · OPC : FA : BS = 70 : 20 : 10
		Bottom · OPC : FA : BS = 50 : 20 : 30
	Plan 3	Upper · OPC : FA : BS = 80 : 10 : 10
		Bottom · OPC : FA : BS = 50 : 20 : 30
	Plan 4	Upper · OPC : FA : BS = 85 : 15 : 0
		Bottom · OPC : FA : BS = 50 : 20 : 30
Analysis point ¹⁾		· Temperature history of concrete · Crack index of concrete

1) Using the MIDAS GEN V845(MIDAS IT) hydration analysis program

수화열해석 변수로 상부배합의 경우는 단위결합재량에 대한 질량비로 FA 및 고로슬래그 미분말(이하 BS)을 각각 20, 10% 치환사용한 배합, FA 및 BS를 각각 10% 치환사용한 배합 및 FA를 15% 치환사용한 배합을 이용하였고, 하부배합의 경우는 FA 및 BS를 각각 20, 30% 치환사용한 3성분계를 공통적으로 조합하여 혼화재 사용량에 따른 응력차이의 비교를 위해 총 4개의 시안을 해석하는 것으로 계획하였다. 또한, 본 현장의 기초 매트 매스콘크리트 공법의 적용기간은

2014년 12월~2015년 3월로써 추운 겨울철 기온에 해당되어 타설 후 시안 2~4는 상부측에 이중버블시트의 단열보온 양생을 적용하도록 계획하였다.

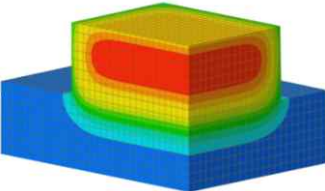
측정사항으로는 컴퓨터 프로그래밍을 이용하여 각 시안에 대한 온도이력 및 균열지수를 해석하는 것으로 하였다.

3.2 온도이력 해석 모델링 개요 및 해석방법

3.2.1 모델링 개요

온도이력해석 모델은 기초 부재를 대상으로 가정하여 Table 3과 같이 대칭성을 고려한 1/4 해석 모델을 사용하였고, 부재의 중심부와 표면 및 모서리 절점에서 온도이력을 평가하였다. 또한, 열전도율 및 열팽창계수 등의 열특성 데이터는 콘크리트 표준시방서[3]를 근거하여 적용하였고, 압축 강도 및 발열함수는 실험에 의한 값을 적용하였다. 본 해석을 위한 사용재질 및 열특성 데이터는 다음 Table 4와 같다.

Table 3. Hydration heat analysis and boundary condition

Modeling	Detail
	- Ground : 16 × 12 × 1.2 m
	- Upper con. : 10 × 8 × 0.6 m
	- Bottom con. : 10 × 8 × 0.6 m
	(1/4 Symmetry model)

3.2.2 수화열 해석방법

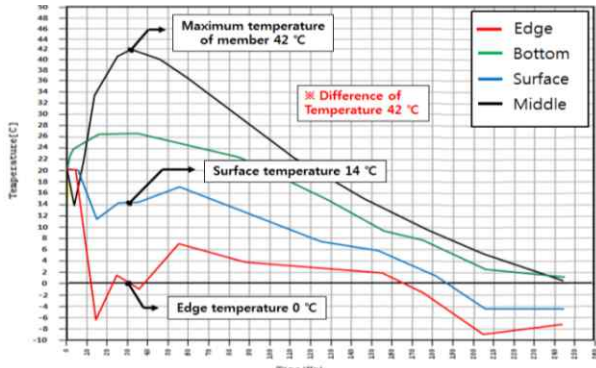
본 수화열 해석은 Midas Gen의 수화열 해석프로그램을 이용하여 매트 매스콘크리트 기초를 대상으로 해석을 실시하였다. 즉, 전처리 과정으로 기초재료 및 외기환경 특성 등의 계수를 입력하였고, 후처리 과정으로 허용인장강도의 산출을 위해 콘크리트의 강도/강성 발현에 등가재령을 반영하여 지점 표면부와 중심부에 대한 결과치를 산출하였다[4,5].

3.3 수화열 해석결과 및 분석

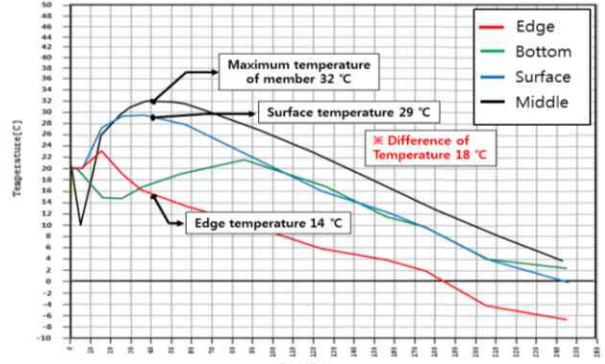
Figure 2는 각 시안 별 콘크리트 타설시 예상온도 및 양생 등의 변수를 가정하여 수화열해석 프로그램으로 해석한 온도이력을 나타낸 것이고, Figure 3은 균열지수의결과치를 나타낸 것이다. 먼저 시안 1의 경우 타설시간 40시간에 약 42℃의 최고온도를 기록하였으며, 표면부 온도는 14℃로 기록되어, 중앙부와의 온도차이가 약 28℃로 예상되었고, 모서리부는 0℃로 약 42℃의 온도차가 예상되었다. 수화열 해석에 의한 균열지수는 표면부와중앙부의 극심한 온도차이로 취약점인 모서리부에서 유해한 균열이 발생하는 범위인 0.8 이하의 균열지수를 나타내어, 이에 대한 대책을 강구해야만 하였다. 시안 2의 경우는 타설시간 55시간에 약 33℃의 부재최고온도가 예상되며, 표면부 온도는 32.6℃로 예상되어, 중앙부와의 온도차이가 약 1℃미만으로 예상되었고, 모서리부는 7℃로 약 26℃의 온도차가 예상되었다. 해석에 의한 균열지수는 취약점인 모서리부가 시안 1의 균열지수에 비해 0.3정도 높아 약 1.1의 균열지수를 나타내었으나, 이는

Table 4. Physical properties of material and thermal

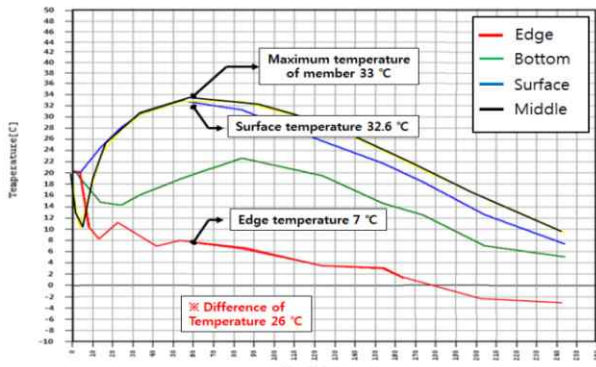
Physical property of materials	Low heat concrete OPC:FA:BS=50:20:30	Low heat concrete OPC:FA:BS=70:20:10	Low heat concrete OPC:FA:BS=80:10:10	Low heat concrete OPC:FA:BS=85:15:0	Ground area
Specific heat (kcal/N℃)	0.025	0.025	0.025	0.025	0.02
Density (kg/m ³)	2 292	2 300	2 302	2 326	1 700
Heat conduction (W/m·K)	2.3	2.3	2.3	2.3	1.7
Outdoor temperature (℃)				- 4℃	
Concrete temperature (℃)	15	15	15	15	-
Compressive strength at 28 days (MPa)	24	24	24	24	-
Compressive strength at 91 days (MPa)	27.93	27.93	27.93	27.93	-
Modulus of elasticity (GPa)	24.8	24.8	24.8	24.8	0.98
Coefficient of expansion	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵
Poisson's ratio	0.167	0.167	0.167	0.167	0.2
Compressive strength index	a=6.2 b=0.93	a=6.2 b=0.93	a=6.2 b=0.93	a=6.2 b=0.93	-
Maximize adiabatic temperature(Q)	36.05	43.99	48.13	48.40	-
Reactive velocity coefficient(r)	0.312	0.494	0.979	0.594	-
	Convection coefficient(W/m ² ·K)				
Outdoor			12		12
Bubble sheet			2		-
Form			8		-



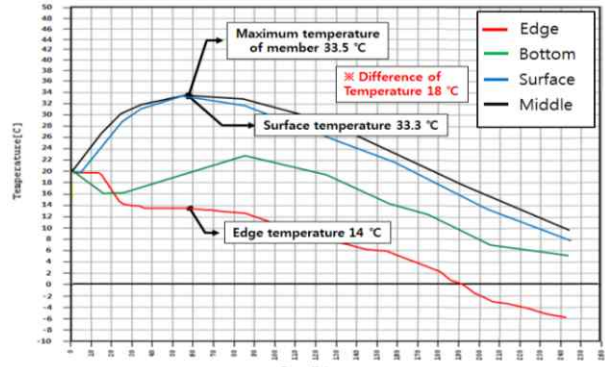
1) Plan 1



3) Plan 3

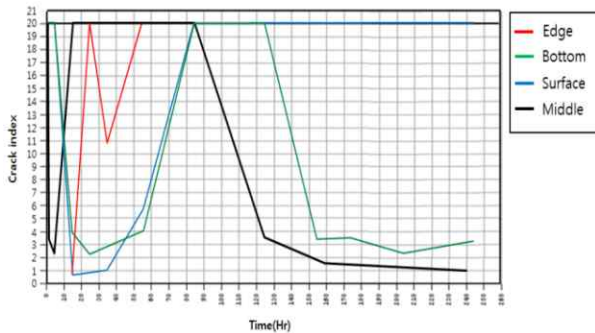


2) Plan 2

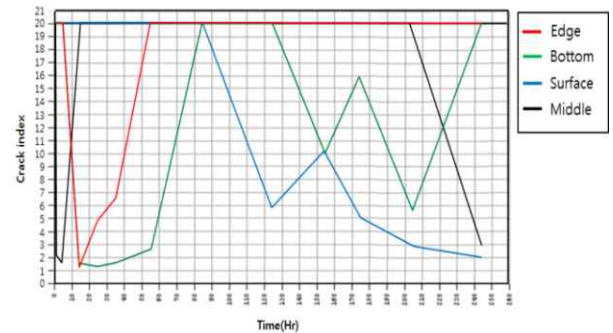


4) Plan 4

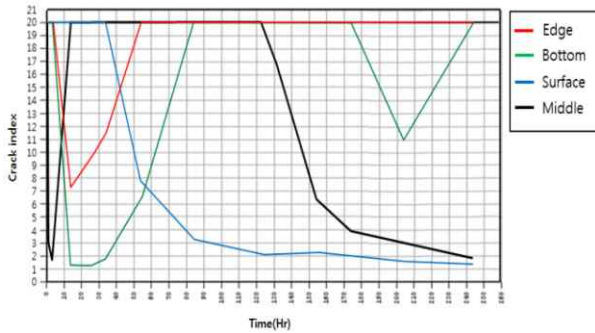
Figure 2. Hydration heat analysis for concrete temperature history of kinds plan



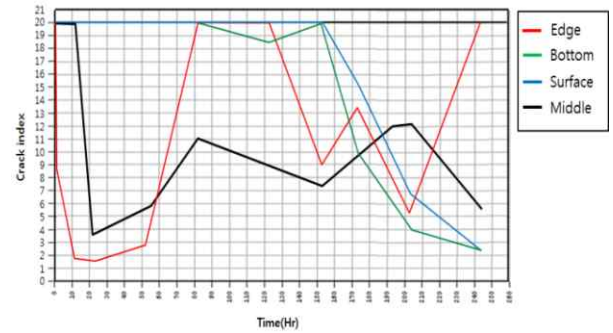
1) Plan 1



3) Plan 3



2) Plan 2



4) Plan 4

Figure 3. Hydration heat analysisfor crack index of kinds plan

유해한 균열이 발생할 수 있음에 추가적인 대책방안을 강구할 필요가 있었다.

시안 3의 경우는 타설 시간 40시간에 약 32℃의 부재최고 온도가 예상되며, 이중버블시트를 이용한 단열보온양생에 의해 표면부 온도는 29℃로 예상되어, 중앙부와의 온도차이는 3℃ 미만으로 예측되었고, 모서리부는 14℃로 약 18℃의 온도차가 예상되었다. 해석에 의한 균열지수는 저발열 배합 사용에 따른 수화열 저감으로 취약점인 모서리부가 시안 1의 균열지수에 비해 0.4정도 높은 것으로 균열을 제한하는 범위인 1.2의 균열지수를 나타내었다. 그러나, 1.2의 균열지수는 유해한 균열발생 기준치에 근접하므로, 더 높은 균열지수의 확보가 필요한 것으로 평가되었다.

시안 4의 경우는 타설 시간 55시간에 약 33.6℃의 부재최고 온도가 예상되며, 이중버블시트를 이용한 단열보온양생에 의해 표면부 온도는 33.3℃로 예상되어, 중앙부와의 온도차이가 약 1℃ 미만으로 예측된다. 해석에 의한 균열지수는 시안 1의 균열지수에 비해 0.7정도 높은 것으로 균열을 방지하는 범위인 1.5의 균열지수를 나타내었다. 즉, 상·하부에 다량의 혼화재를 사용하는 저발열 배합이 부재 내부의 온도 및 응력저하에 따른 균열저감을 예상하는 것[6,7] 달리 하부에는 다량의 혼화재 사용으로 응결 지연을 유도하고, 상부에는 소량의 혼화재 사용으로 하부에 비해 응결 촉진성을 나타낸 배합이 효과적인 것으로 나타났다. 이는 상부층 콘크리트는 먼저 타설된 하부층 콘크리트가 응결 발열하기 전에 발열하여, 상·하부간의 응결시간 및 발열량차를 축소시켜 균열지수가 증가된 것으로 판단된다. 또한, 표면부에서의 이러한 결과는 일평균 기온 -4℃이하인 악조건의 외기온 설정과 타설 시 콘크리트의 온도, 발열함수의 차이 및 타설 후 양생 등의 예측 변수에 따라 나타난 결과이다. 그러나 실제 현장에서 매스콘크리트 타설 시의 콘크리트 온도는 예상 온도 범위 보다 다소 높을 것으로 사료되고, 현장의 여건에 따라 실제 현장 콘크리트의 수화열은 낮아질 것으로 예상되어 균열지수 또한 다소 높아질 것으로 판단된다.

따라서, 현장에서 관리하고자 하는 온도균열지수를 1.2이상으로 설정할 경우 목표관리기준을 만족하는 것으로 나타나, 본 Draft 4의 배합으로 현장기초 MAT 매스콘크리트 타설을 결정하였다. 추가적으로 표면부와 중심부와의 극심한 온도차이를 줄이기 위해 철저한 단열보온양생(이중버블시트)의 필요성이 제기되었다.

4. 현장 적용

4.1 현장 적용 계획

본 현장적용을 위한 계획은 Table 5와 같고, 배합사항은 Table 6과 같다. 콘크리트의 규격은 25-24-150의 레미콘을 사용하는 것으로 계획하였고, 선행해석에서 도출된 저발열 배합과 당 현장에 기설계된 기존배합을 110동 기초 매트 에 타설하여 비교하는 것으로 계획하였다. 실험사항으로 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량 및 콘크리트 온도를 측정하는 것으로 하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 별 압축 강도 및 수화열 온도이력을 측정하는 것으로 계획하였다.

Table 5. Experimental plan

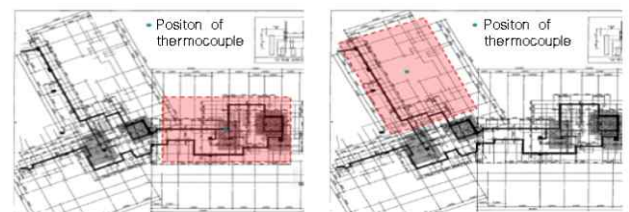
Items		Levels
Mixture	Ready-mixed concrete	1 · 25-24-150
	Applied spot (floor)	· 110 building BF1
	Field application binder(%)	· Existing mixture · Low heat mixture
Experiment	Fresh concrete	4 · Slump · Air contents · Concrete temperature
	Hardened concrete	1 · Compressive strength(7, 28 days) · Concrete temperature history

Table 6. Mix design

Division	W/B (%)	W (kg/m³)	S/a (%)	SP/C (%)	Weight mix(kg/m³)						
					C	FA	BS	S1	S2	G	
Existing mixture	50	169	48.9	0.8	287	51	-	607	264	938	
Low heat mixture	Upper	50	169	48.9	0.8	287	51	-	607	264	938
	Bottom	50	169	48.9	0.8	169	68	101	600	261	927

4.2 현장 적용 방법

본 실무현장 적용방법으로 구조체의 현장타설 방법은 두께 1 200mm의 매스부재를 FA 15%를 상·하부 치환사용한 기존배합을 타설하는 구간과 상·하부 배합을 달리한 저발열 배합을 타설하는 구간을 비교하는 것으로 하였다. 또한, 매스콘크리트 적용범위는 Figure 4와 같으며, 콘크리트의 온도이력을 측정하기 위한 열전대 매설위치 및 모습은 Figure 5와 같다.



1) Existing mixture

2) Low heat mixture

Figure 4. Applied spot of mass concrete

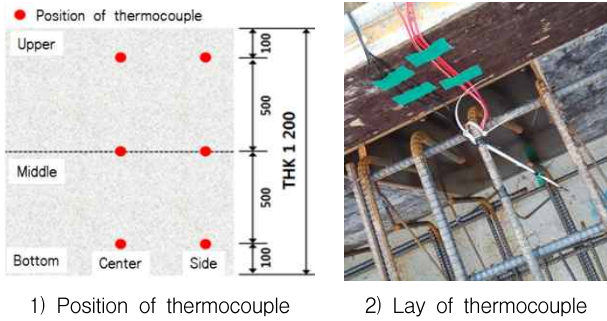


Figure 5. Position of thermocouple

4.3 현장 적용 결과 및 분석

4.3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

본 현장에 적용된 기초 매트 매스콘크리트는 110동에 구획을 나누어 기존배합과 저발열 배합을 타설하였는데, Table 7은 굳지 않은 콘크리트 품질시험 결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 모든 경우에서 목표한 슬럼프, 공기량 및 레미콘 반입온도를 만족하는 결과를 나타내었다.

Table 7. Quality test result of fresh concrete

Division	Experiment	Measurements					
		1	2	3	4	5	6
Existing mix	Slump	145	140	145	150	145	145
	Air content	4.1	4.2	3.8	4.3	4.1	4.0
	temperature	24.0	23.3	21.3	22.1	21.8	22.4
Low heat mix	Slump	170	165	150	-	-	-
	Air content	3.3	4.1	3.9	-	-	-
	temperature	18.5	19.3	19.8	-	-	-
Upper	Slump	-	-	-	140	145	145
	Air content	-	-	-	3.8	4.1	4.2
	temperature	-	-	-	21.2	20.8	21.0

4.3.2 경화 콘크리트 특성

Figure 6은 적용 배합 별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저, 기존배합의 경우는 재령 28일에서 평균 약 30.2MPa의 강도 발현율을 나타내었고, 저발열 배합 중 하부배합의 경우 혼화재를 다량치환 사용함에 따라 재령 28일에서는 평균 약 28.6MPa의 강도 발현율을 나타내었으며, 상부배합의 경우 재령 28일에서 평균 29.5MPa를 나타내어, 기존 배합에 비해 약 2MPa 정도 저하되는 것으로 나타났다. 그러나, 모든 배합에서는 설계기준강도를 만족하였다.

Figure 7은 적용 배합 별 콘크리트의 수화열 온도이력을

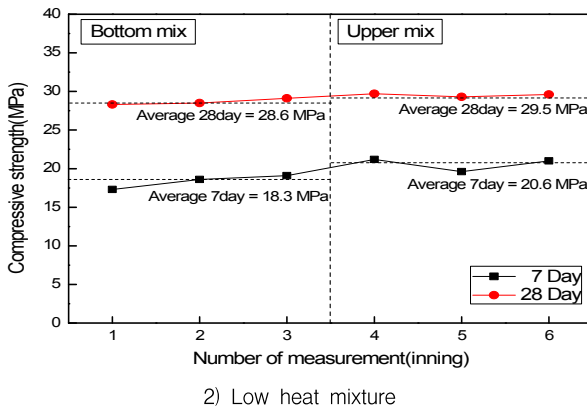
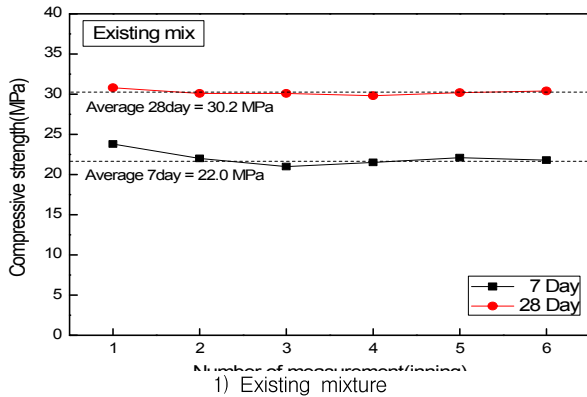


Figure 6. Compressive strength of kinds mixture

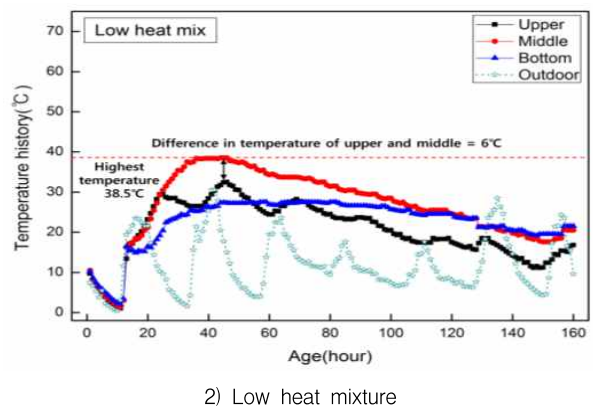
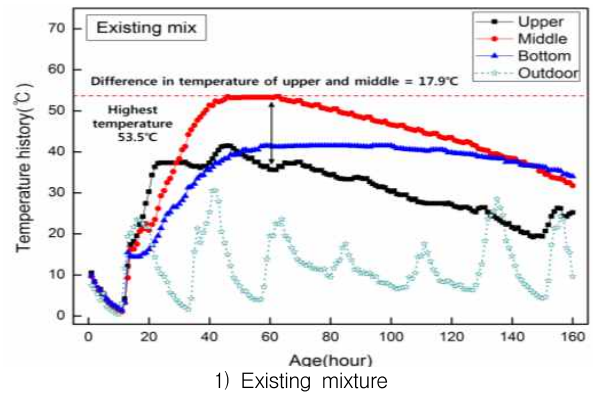


Figure 7. Temperature history of kinds mixture

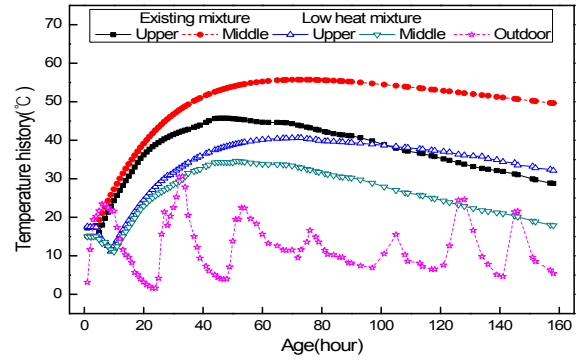
나타낸 것이다. 기존배합의 경우는 시간경과에 따라 온도가 상승하여 60시간 전 후에 중심부의 최고온도가 약 54℃로 나타났고, 이때의 표층부 온도는 약 36℃로 나타나, 중심부와 표층부의 온도차가 약 18℃정도 발생되었다. 단, 저발열 배합 콘크리트의 경우는 50시간을 전 후로 중심부의 최고 온도는 약 39℃, 표층부 온도는 약 33℃로 나타나, 중심부와 표층부의 온도차가 약 6℃를 나타내었는데, 이는 3성분 계의 저발열 배합을 사용함에 따라 기존 배합에 비해 수화온도가 낮고, 매스부재 표면에 버블시트를 양생함에 따라 표면부와 온도차가 적어진 것으로 판단된다.

5. 상호간 비교

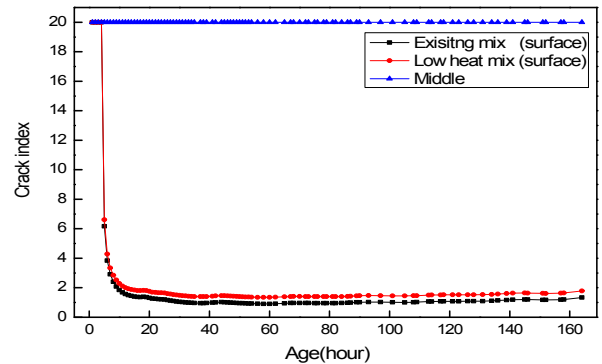
Figure 8은 실제 현장의 외기온을 적용하여, 기존 배합 및 저발열 배합의 수화열 해석에 의한 온도이력 및 균열지수를 나타낸 것이다. 먼저, 기존 배합의 경우는 타설시간 60~70시간에 약 54℃의 최고온도를 나타내었고, 균열지수의 경우 1.0이상의 값을 나타낸 반면에, 저발열 배합의 경우는 타설시간 60~70시간에 약 38℃의 최고온도와 1.4이상의 온도균열지수를 나타내었다. 이는 저발열 배합 사용에 의한 최대단열온도상승계수가 기존배합에 비해 낮고, 해석부재의 내·외부 온도차가 적어짐에 따라 온도균열지수가 높게 나타난 것으로 판단된다.

Figure 9는 해석에 의한 온도이력을 실제 현장온도이력과 비교한 것이다. 온도이력 비교의 경우 전반적으로 배합종류 별 실제 측정치와 해석치의 온도이력이 유사한 경향성을 나타내었으나, 부재의 중심부 및 표층부의 온도 차이 발생으로 약 2~10℃ 범위의 오차가 발생되었는데, 이는 수화열 해석시 사용되는 타설온도, 단열온도 상승량 및 외기온 계수에 의해 해석치의 오차가 발생된 것으로 판단되며, 해석치와 측정치의 값을 유사하고, 효율적으로 추정하기 위해서는 추후 계수의 수정보완이 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 수화열해석 프로그래밍을 실시한 온도이력 및 온도균열지수는 실제현장에서의 측정치와 다소 차이가 있었으나, 그 차이는 크지 않았으며, 결과적으로 저발열 배합 사용은 기초 매트 매스콘크리트의 온도균열제어에 효과적인 것으로 밝혀졌다.



1) Temperature history



2) Crack index

Figure 8. Temperature and crack index of hydration heat analysis

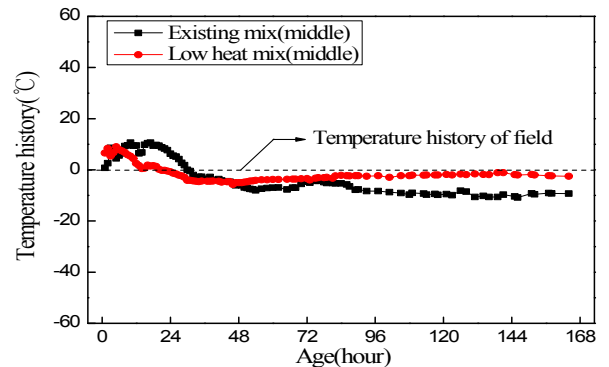


Figure 9. Comparison of temperature history

6. 결론

본 연구에서는 실무조건을 고려하여, 하부와 상부의 혼합재 치환율을 변화시키는 배합 조건 변화로부터 최적치를 도출한 다음, 실구조체에 적용 해석치와 실측치간을 비교하므로써 매스콘크리트의 효율적인 수화열균열 저감방안을 제안하고자 하였는데, 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 현장적용 전 사전검토를 위해 Midas gen을 이용하여 수화열 해석을 실시한 결과 상부는 OPC : FA = 85 : 15 배합, 하부는 OPC : FA : BS = 50 : 20 : 30 배합의 경우 중앙부 온도 33.5℃, 표면부 온도 33.3℃, 모서리부 온도 15.5℃로 중심부와 표면간의 온도차이는 약 1℃ 미만으로 해석되었고, 중심부와 모서리 간에는 18℃로 이때의 균열지수는 1.5이상을 나타내어, 이를 현장 기초매트 매스콘크리트의 배합으로 결정하였다.
- 2) 실제 현장의 기존배합 및 저발열 배합을 적용한 결과 슬럼프, 공기량 및 콘크리트 온도는 모두 목표범위를 만족하였고, 압축강도 특성으로 저발열 배합의 경우 기존배합에 비해 약 2MPa 정도 낮게 나타났으나, 모두 설계기준강도 범위에는 만족하였다.
- 3) 실제 현장의 온도특성으로 기존배합의 경우는 중심부 최고온도 약 54℃, 이때 표층부 온도 약 36℃로 나타나, 온도차가 약 18℃정도로 발생된 반면에, 저발열 배합의 경우는 중심부의 최고 온도 약 39℃, 표층부 온도 약 33℃로 나타나, 약 6℃의 온도차가 나타났다.
- 4) 실제현장의 외기온을 적용하여 해석을 실시한 결과 균열지수로 기존배합의 경우는 약 1.0의 낮은 균열지수를 나타낸 반면, 개선안의 저발열 배합의 경우는 약 1.4로 높은 균열지수를 나타내었다.
- 5) 측정치와 해석치의 상호비교 특성으로 온도이력의 경우 측정치와 해석치가 유사한 경향성을 나타내었으나, 해석시 사용되는 타설온도, 외기온 및 단열온도상승량에 의해 약 2~10℃ 범위의 온도차가 발생되었다.

이상을 종합하면, 실무를 고려한 매스콘크리트의 경우 상·하부 타설 콘크리트간의 저발열 배합정도를 고려한 수화발열량차 적용은 침하균열 방지 및 수화열 균열제어에 효과적인 것으로 밝혀졌으며, 금후의 과제로는 사용재질 및 열특성 값들의 다양한 변화에 의한 수화열 해석결과치의 검토를 통해 실제 현장측정치와 유사한 결과를 도출하기 위한 최적 사용재질 및 열특성 값의 제시방안을 검토하고자 한다.

요 약

최근 건축물의 기초는 구조체의 안정성과 관련하여 두꺼운 매스콘크리트 형태가 설계되어지고 있다. 그런데, 이와 같은

매트 매스콘크리트는 800mm 이상의 두꺼운 부재로 설계되는 경우가 많아짐에 따라 수화열에 의한 균열이 문제점으로 제기 되고 있다. 이에, 본 연구에서는 상·하부를 구분하여 타설하는 실무조건을 고려하여, 컴퓨터 프로그램상으로 하부와 상부의 최적치를 도출한 다음, 실구조체에 적용 해석치와 실측치간을 비교하므로써 효율적인 수화열균열 저감방안을 제안하고자 하였다. 그 결과, 상·하부 타설 콘크리트간의 저발열 배합정도를 고려한 수화발열량차 적용은 침하균열 방지 및 수화열 균열제어에 효과적인 것으로 밝혀졌다.

키워드 : 매트 매스콘크리트, 저발열 배합, 수화열해석, 온도이력, 온도균열

References

1. Kim YR, Lee SH, Kim DS, Khil BS, Choi TH, Lee HI, An application of thermal crack control technology using PSLB in mass concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, 2008 May;20(3):62-6.
2. Kim JS. Characteristics of hydration heat in mass concrete using low-heat cements [master's thesis]. [Chungnam (Korea)]: Chungnam university; 2013. 61 p.
3. Korea Concrete Institute, Explanation of standard specifications for concrete, 1st ed, Korea, Seoul: Kimoon dang Ltd; 2009. 364 p.
4. Kim HS, Han MC, Kim JY, Han SB, Hydration heat analysis of mass concrete considering low heat mixture and block placement, Journal of the Architectural Institute of Korea, 2008 Jan;24(1):63-70.
5. Park CG, Kim BH, Lee HS, Evaluation of hydration heat of mass concrete with capsulated slurry PCM and FEM study for analyzing thermal crack, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2014 Oct;14(5):379-88.
6. Jo MK, Kim JH, Heo YS, Han MC, Han CG. Field application of a technique for reducing hydration heat-induced cracks in mass concrete, Proceedings of Korea Institute of Building Construction; 2012 Nov 16; Ansan-si, Korea, Seoul(Korea): The Korea Institute of Building Construction; 2012. p. 55-7.
7. Noh SK, Baek DH, Han CG, Pilot test of improving super retarding concrete to control of hydration heat crack of foundation mat mass concrete, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2008 Oct;8(2):37-41.
8. Jaung JD, Cho HD, Park SW, Properties of hydration heat of high-strength concrete and reduction strategy for heat production, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2012 Apr;12(2):203-10.