

基于 MIDAS 在大体积混凝土水化热温度控制的应用

张国才 李恒柱 张庆岚

中交一公局第六工程有限公司 天津 300000

DOI 号: 10.18686/bd.v1i4.340

[摘要] 大体积混凝土在凝固过程中,水化热产生的内外温差会产生温度应力,对混凝土破坏性极大,产生有害裂缝,影响结构的使用安全。针对大体积混凝土水化热的问题,以呼和浩特南二环快速路高架桥承台为例,运用桥梁运算软件 midas/civil 对承台水化热发热全过程进行仿真模拟,提出控制水化的施工途径和控制水化热的最佳时间。

[关键词] 大体积混凝土;水化热;midas/civil;水泥数量;分层浇筑;冷却管;温度控制

1. 前言

随着我国经济的日益发展,原有城市道路已经满足不了市民的出行要求,迫使城市道路开始升级改造,城市高架桥逐渐成为城市道路升级改造的首选方案。由于城市道路两侧商铺林立,住宅密集,采用以往高架中双排墩结构形式,占地面积大,征拆工作繁重。为解决这个难题,本项目采用 H 型墩下部结构,H 型墩下部结构占地少,基本不改变原有道路的红线范围,H 形双柱墩坐落在一个承台上,承台外形尺寸大,为大体积混凝土施工。在承台的施工过程中,水泥水化热反应导致混凝土内部温度急剧上升,并且温度得不到释放,外部混凝土空气流通作用,温度散失较快,使混凝土的温度由内而外逐渐降低,进而产生温度应力,使混凝土内部产生压应力,混凝土表面产生拉应力,当混凝土的拉应力大于其开裂强度时,就会使混凝土表面产生温度裂缝,影响结构安全^[1]。因此,在大体积混凝土施工中,采取必要的温控措施来降低水化热对大体积混凝土的影响。本文以呼和浩特南二环快速路高架桥承台为例,运用 midas/civil 仿真模拟软件提出了控制水化的施工途径和控制水化热的最佳时间。

2. 工程概况

呼和浩特市南二环快速路工程二标,道路全长为 4.56km,高架桥上部为 30m 组合预制梁和钢箱梁,下部结构为 H 型双柱墩,承台的外形尺寸为 10.6m × 6.6m × 3m,最小边为 3m,属于大体积混凝土,同时,由于项目地处高寒地区,昼夜温差大,混凝土温控措施尤为关键。

3. 建模验算

运用 midas/civil 进行承台仿真建模时,是对承台水化热全过程进行模拟,承台坐标对水化热没有影响。承台坐落在土体上,建模计算时只考虑承台本身,结果是有误差,因为土体也散发热量,把土体模拟为厚为 1.2m,宽度为承台长、宽各加 1.2m 的实体进行建模。考虑承台自身的对称性,为了提高建模速度及缩短分析时间,只取 1/4 部分利用实体单元进行建模和分析^[2],建模如图 1 所示。

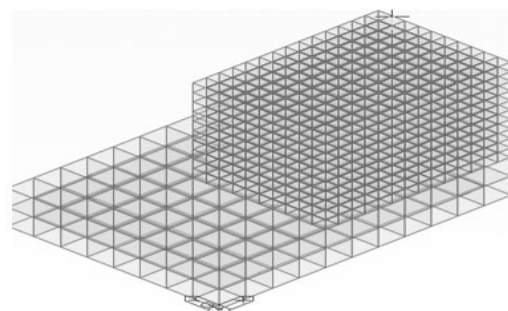


图 1 1/4 承台有限元仿真计算模型

4. 水化热控制方法

4.1 水泥用量的控制

大体积混凝土选用低热水泥,项目上选用普通硅酸盐水泥,水化热大小和混凝土的配合比有一定关系,每增减 10kg 水泥温度相差 1.2℃。

表 1 水泥用量对混凝土中心温度的影响

仿真模拟编号	1	2	3	4	5	6	7	8
水泥用量 (kg)	400	380	360	340	320	300	280	260
混凝土中心最大温度 (℃)	76.2	74.46	72.1	69.75	67.4	65.03	62.64	60.3

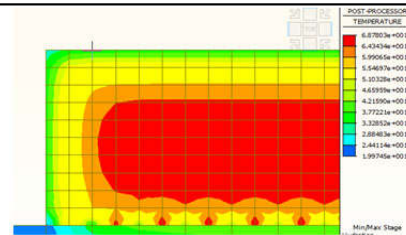


图 2 确定配合比承台水化热温度云图

从上表可以看出,减少水泥用量,是降低水化热有效途径之一。但一味地减少水泥用量,会影响混凝土早期强度的发展,制约了模板的周转次数,该工程中水泥的用量控制在 330kg/m³。midas/civil 仿真计算出混凝土中心最大温度为 68.78℃。其水化热温度图如图 2 所示,在实验配合比确定的前提下,如何进一步降低水化热是工程关注的重点。

4.2 分层浇筑施工

4.2.1 分层、分阶段施工

为了控制水泥产生的温度应力对承台混凝土的破坏,考虑分三层浇筑,每次浇筑的间隔时间为168h。分层浇筑,水化热产生的温度变化全过程仿真模拟如图3所示。

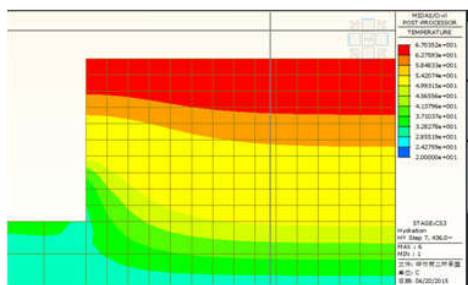


图3 分层浇筑温度云图

从图3可以看出,温度最高点出现在混凝土的外表面,最高温度为67.03℃。整体浇筑最大温度居中,最高温度68.78℃,说明分层浇筑和整体浇筑产生的最大温度没有较大差别,且内部最高温度均不大于75℃,满足内部最高温度控制要求[3-4]。但分层浇筑时混凝土中心温度为49.93℃,内外温差为67.03℃-49.93℃=17.1℃,按照《GB50496-2009》中的规定[5],混凝土内、外温差不允许超过25℃的要求,方案是可行的。而整体浇筑混凝土的内外温差超过35.5℃,所以整体施工没有降温措施是满足不了施工要求。

4.2.2 分层浇筑的缺点

分层浇筑时间间隔比较长,承台从浇筑开始到分层浇筑结束后最少要经历三周,模板占用时间长,且混凝土表面凿毛处理费时费工,成本增加,方案可行,操作麻烦。

4.3 冷却管

冷却管是把管道埋设在混凝土结构内,通过循环管道内的低温流体进行热交换,来降低水泥水化热引起的温度上升。这种热交换的形式是流体和管道表面对流引起的热交换,流体在管道内循环后上升温度^[6]。

为了加快施工进度,采用整体浇筑的施工方法,仿真建模后,对冷却管的数量、布置方式、冷却水初始温度逐项进行模拟验证,取得最佳的施工方案。

4.3.1 冷却管布置方式

第一种模拟方式:一根管道,即冷却管采用通长一根,分三层布置,如图4所示,使用该冷却管布置方式冷却混凝土后最高温度为68.05℃与4.1节的68.78℃相比降低了温度为0.73℃,冷却管几乎没有起到降温作用。

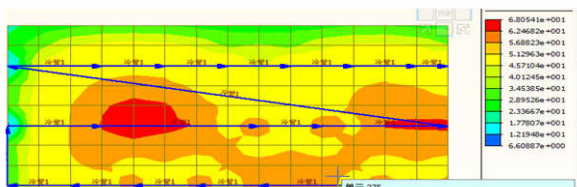


图4 第一种冷却管布置方式

第二种模拟方式:每层布置三根,每根独立完成冷却水的循环,如图5所示,中心最大温度为51.17℃,而且最大温

度以点的形式出现,表层温度在30℃,温差不大于25℃,满足要求,对大体积混凝土起到很大降温作用。采用整体浇筑,该布置冷却管方案可行。

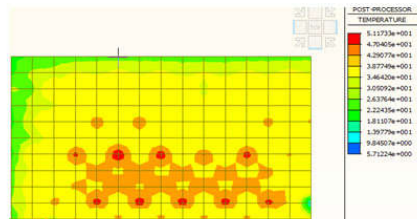


图5 第二种冷却管布置方式温度云图

图5 第二种冷却管布置方式温度云图

4.3.2 冷却水初始温度

冷却水的初始温度也是控制降低水化热的一种有效途径,冷却水初始温度每差10℃,混凝土最高温度差约为2.83℃。通过仿真模拟发现,建议水初始温度不超过5℃最好。

表2 冷却水初始温度对混凝土最高温度的影响

模拟项次	1	2	3
初始温度	0	10	20
混凝土最高温度	48.66	51.14	54.32

4.3.3 水化热控制最佳时间

混凝土内外温差最大的时间,一般我们认为控制在一周之内,比较笼统,时间范围广,不利于温度控制。通过midas/civil模拟混凝土发热的全过程模拟,寻找最佳控制时间。

表3 浇筑完成后不同时间最高温度及里表温差

浇筑结束时间	10	20	30	45	60	80	100	130	170	250
温度最高点	40.4	52	60.3	65.76	67.76	68.78	68.57	67.34	65.05	60
温差	5.2	15	25	35.76	44.63	39.95	38.71	37	33.2	

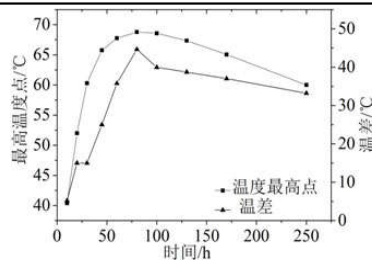


图6 混凝土浇筑后内部温度及内外温差随时间变化

由表3和图6可以看出,随着时间的增加,混凝土内部温度由低到高,最后又下降,直到一个稳定的值;当混凝土浇筑完45h之内,混凝土温度快速上升,并在45h时,混凝土里表温差达到25℃,45h~80h混凝土内部温度保持缓慢的上升,而混凝土表面温度快速释放使得其里表温差急速上升,在80h时里表温差达到最大值,为45℃;80h后,混

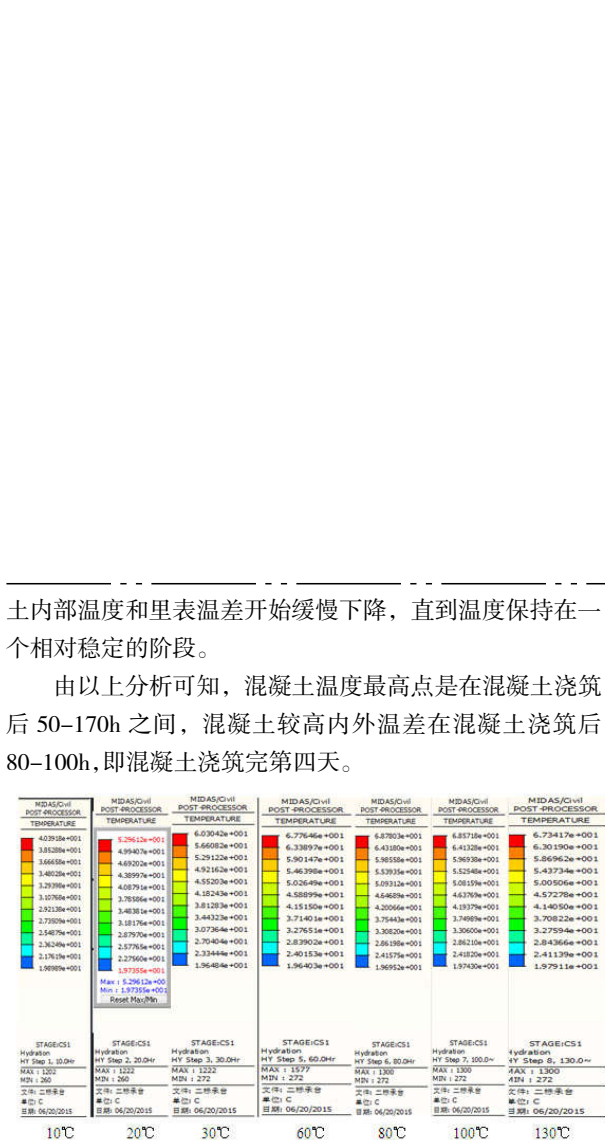


图7 不同时间最高温度云

5. 结论

通过运用 midas/civil 对大体积承台进行仿真模拟,并通过分阶段水化热具体数值分析,与实际紧密的配合,探索出的水化热控制方法是可行的。保证了质量,加快了施工进度,节约了成本。通过 midas/civil 仿真模拟得出如下结论:

- (1)水泥的种类和数量是有效降低水化热的途径之一。
- (2)在混凝土配合比一定的前提下,分层浇筑能有效地控制水泥水化热。
- (3)在大体积混凝土中布设冷却管能降低水化热,其中第二种模拟方式,即每层布置三根,每根独立完成冷却水的循环对降低水化热效果明显。

(4)降温措施掌握在 3-7 天之内。

参考文献

[1]朱伯芳.大体积混凝土温度应力与温度控制[M].北京:中国电力出版社,1998.

[2]解荣.大体积混凝土温度监控的研究[D]西安:长安大学,2011.

[3]刘沐宇,徐黎明,汪峰,等.广州黄埔大桥承台大体积混凝土温度控制与监测分析[J]华中科技大学学报:城市科学版,2008,25(1):12-15.

[4]杨稚勳.桥梁承台大体积混凝土施工温度控制及数值分析[J].四川建筑科学研究,2012,38(5):333-335.

[5]GB 50496-2009 大体积混凝土施工规范[S].

[6]李长瑞,杜嘉林.Midas Civil 在大体积混凝土承台水化热控制中的应用[J].山东交通科技,2011(1):58-6