

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.03.056

基于达索 3DE 平台的组合梁拱桥 BIM 设计应用

熊淑华

(广东深汕投资控股集团有限公司, 广东 深圳 518260)

摘要:随着桥梁技术的不断发展,拱桥的形式日新月异,使得设计工作难度大大增加。现以深汕大桥工程为案例,在深化设计阶段基于参数化、模板化设计思路应用达索 3DE 平台(2015X)建立包括主拱、主梁、吊杆、墩台基础、桥面附属工程等结构的一整套组合梁拱桥梁构件库,并完成了全线桥梁的 BIM 建模、基于 BIM 模型辅助设计校核、与结构计算分析的对接、对模型构件进行统一编码,提取构件信息,结合 GIS 的数字沙盘,并形成一套完整的数字化交付成果,为向施工阶段和运维阶段传递数据提供了基础。

关键词:参数化建模;达索 3DE 平台;组合梁拱桥;设计校核

中图分类号: U448.22

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)03-0217-06

0 引言

目前工程设计、建设、运维管理等过程还主要依赖于传统的二维图纸,尤其是在特大型复杂桥梁的设计中^[1]。工程设计过程繁琐、优化过程复杂,施工过程困难多,构造物的修建难度大。BIM 技术以三维模型为核心,具有可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性、可预测性和可控制性等优点^[2],在工程的深化设计中,体现出其独特的优势。

桥梁设计目前除了在计算方面采用三维模型进行分析,在整体和构件设计方面仍然主要采用二维的设计方式。由于在某些项目上,遇到传统绘图工具无法解决掉的问题,例如:大型项目的协同设计,异型复杂形体的建筑,绿色建筑分析应用需求等,需要寻求 BIM 技术来更好地解决^[3]。对于拱桥设计中细节构造的校核,常规依靠二维图纸方式需要耗费大量精力也很难发现其中设计问题,采用 BIM 技术不仅直观表达设计对象,而且保证不同构件独立完成,最终按照空间位置关系进行拼装,为精准设计校核提供可靠依据。

达索 V6 软件 2015X 平台上为桥梁专业量身定制一套专用模块,此模块中引入桥梁专业,设立了一系列含有独特属性的桥梁结构类型构件。

现以深汕大桥为案例,在达索 3DE 平台(2015X)上以依据统一的标准要求按照桥梁构件类型分别建立构件模板,利用程序自动调用构件模板进行拼装

形成完整的模型。在模型拼接过程中发现拱桥结合段板件之间存在对接不一致,进行模型参数调整后优化了设计结果;同时,对模型构件按照一定的规则进行编码,提取了构件的设计信息,为模型向下阶段传递提供了有利条件。

1 工程简介

该拱桥的跨径为 230 m 一跨过河,主桥上部采用网状吊杆钢混组合梁拱桥结构,整幅设计,桥宽 56 m,主拱拱肋中间设置,两侧设置车行道,车行道外侧设置人行道,拱肋之间设置慢行系统。下部结构采用钢筋混凝土实心墩和重力式桥台,桩基采用钻孔灌注桩,其横断面布置和立面图分别见图 1、图 2 所示。

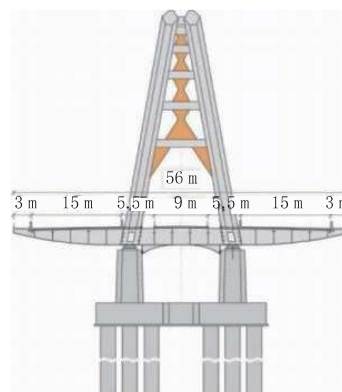


图 1 横断面布置图



图 2 主桥立面图

收稿日期: 2021-10-27

作者简介: 熊淑华(1979—), 男, 学士, 工程师, 从事高速公路、市政项目等工程管理工作。

该项目由于拱桥造型复杂,单单用传统设计手段难以在要求时间内完成,必须引入BIM技术协同参与设计。利用BIM技术的可视化、优化性、协调性等优点,在不同阶段充分发挥其价值,提高设计成果质量,压缩设计周期。

2 BIM设计模型

BIM设计模型主要采用“骨架驱动+模板”的方法实现。骨架本质上是一个比较广泛的概念,可以理解为先决要素或者驱动要素。如何建立,以及具体的内容实际上与模板或者模型的建立是前后呼应的关系^[4]。

骨架关联设计是对产品进行充分认识分解后,结合产品设计流程,运用控制元素对整个产品结构进行有效的总体控制,形成类似树干状的产品设计结构,并建立有效的参数信息传递线框及流程的自下而上的协同设计方法^[5]。

2.1 骨架模型

骨架是模型建立的基础条件,决定了模型之间的相互空间关系。该项目如何高效准确地定位网状吊杆中心线是骨架模型中一个关键重难点,进一步分析就是如何定位网状吊杆分别在拱上和梁上的吊点位置。首先,建立拱轴线,在3DE平台(2015X)上用法则曲线定义二次抛物线的方程如图3所示,由此生成竖直平面的拱轴线再投影到左右两侧内倾平面得到实际的拱轴线,如图4所示。

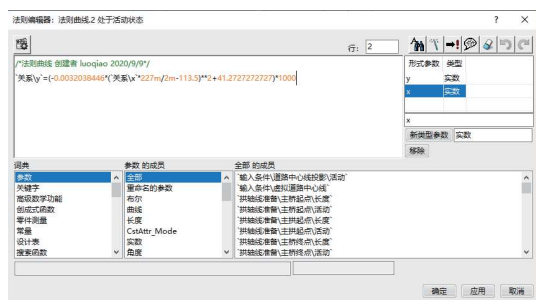


图3 二次抛物线法则定义图示

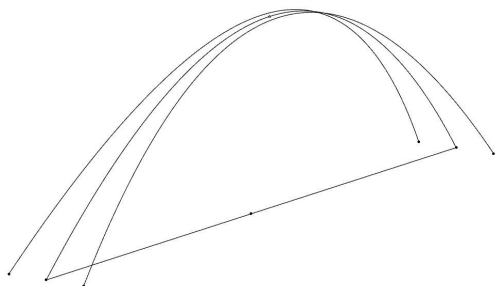


图4 中心拱轴线示意图

网状吊杆的拱上吊点并不在中心拱轴线上,而是在由拱轴线左右偏移210 mm分别得到内外侧吊

杆拱上吊点所在的轴线上,如图5所示。类似方式可以得到内外吊杆分别在主梁上吊点所在轴线,由吊点分别在拱上和梁上的水平距离即可以确定吊点位置。

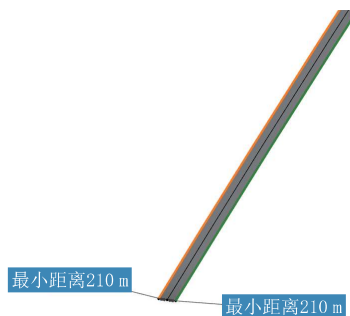


图5 拱轴线偏移图示

在完成第一根吊杆中心线建立之后,可以将整个建立过程定义为一个附带位置参数的模板,如图6所示。最后通过程序调用模板赋予不同参数生成所有的吊杆中心线,如图7所示,最终得到全桥骨架模型,如图8所示。

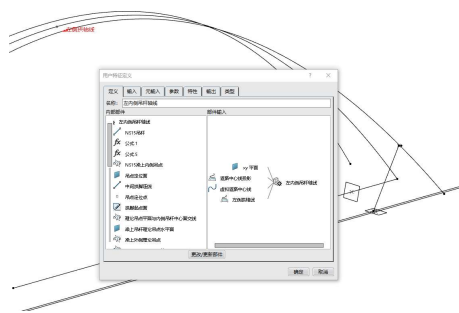


图6 吊杆中心线模板图示

序号	主拱吊点(mm)	主梁吊点(mm)
1	NN14	24500
2	NN13	34500
3	NN12	47000
4	NN11	59000
5	NN10	70000
6	NN09	83500
7	NN08	96000
8	NN07	109000
9	NN06	123000
10	NN05	138000
11	NN04	152000
12	NN03	170500
13	NN02	186500
14	NN01	206500
15		
16		
17		

图7 程序调用吊杆中心线模板图示(单位:mm)

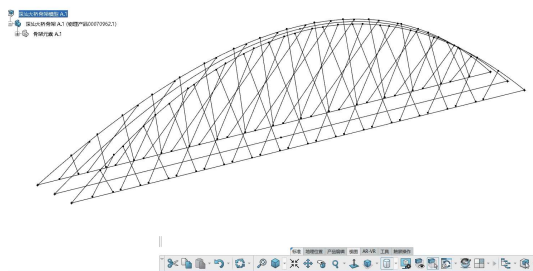


图8 全桥骨架模型

2.2 构件模板

模板即对于一类有类似性的构件或特征结合参数进行归集化建模而形成的模型。由于此模型可以依据不同的外部参考条件和自身参数的变化而形成

业模型搭建。实例化操作以主纵梁为例进行简要说明,一次模板实例化可以对应生成一个构件。为了实现批量实例化提高生成模型的效率,在实例化之前需要准备输入条件的几何元素、输入条件表格和设计参数表格,最后再运行编写的调用程序即可以实现。

输入条件的几何元素就是道路中心线,输入条件表格中一行即代表一次实例化所需要输入条件的名称和类型,设计参数表格中一行即代表一次实例化对应的设计参数值,如图 16 所示。

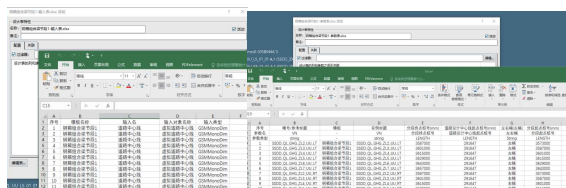


图 16 输入条件表和设计参数表图示

完成两个表格和输入条件的准备工作后,就可以调用程序读取表格进行实例化工作,主纵梁实例化结果如图 17 所示。基于同样的方式,其它构件的批量实例化不一一赘述,在完成所有构件的实例化之后可以得到全桥模型如图 18 所示。

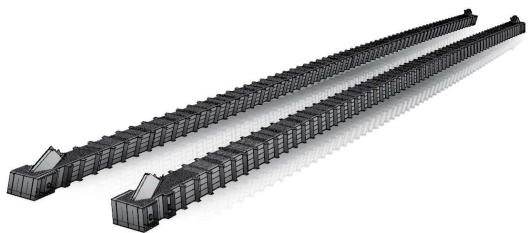


图 17 主纵梁批量实例化图示



图 18 全桥模型

2.4 编码与信息

模型编码是识别模型的有效手段,对于模型的统一管理起到至关重要的作用。模型编码为了方便识别,应遵循一定的规则,该项目采用比较符合工程习惯的专业分部分项等专业技术术语进行编码规则制定,如图 19 所示,以主纵梁模型构件的编码为例,如图 20 所示。

在统一编码基础上,通过程序批量提取各类模型构件所包含的设计信息形成模型构件的设计属性信息表,不仅可以满足该项目数字化交付的要求,

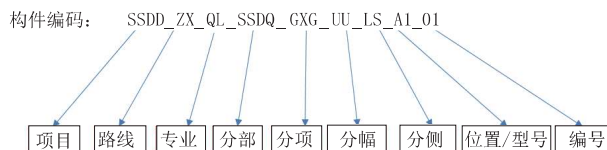


图 19 模型编码说明图示

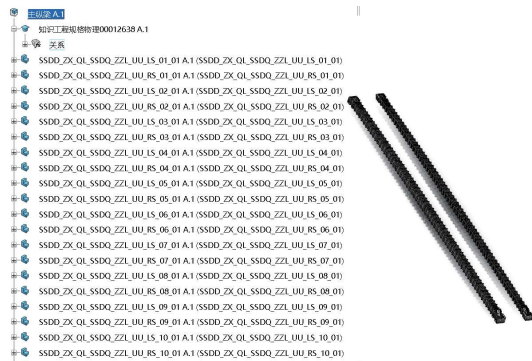


图 20 模型编码示例图

同时也为下个阶段更加广泛和深入的应用提供了良好的基础条件。模型设计属性信息提取结果见图 21 所示。

序号	构件编码	模型名称	位置	长度(m)	宽度(m)	高度(m)	重量(kg)	材料名称
1	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_01_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
2	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_02_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
3	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_03_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
4	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_04_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
5	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_05_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
6	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_06_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
7	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_07_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
8	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_08_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
9	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_09_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
10	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_10_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
11	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_11_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
12	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_12_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
13	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_13_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
14	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_14_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
15	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_15_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
16	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_16_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
17	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_17_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
18	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_18_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
19	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_19_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
20	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_20_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
21	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_21_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
22	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_22_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
23	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_23_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
24	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_24_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
25	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_25_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
26	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_26_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
27	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_27_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
28	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_28_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
29	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_29_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B
30	SSDD_ZX_QL_SSDQ_ZZ_UU_LS_30_A1	主纵梁	12.20-20.30	13.53	15	3.078	4.072	Q235B

图 21 模型设计属性信息示例图

3 设计模型应用

3.1 模型校核

模型校核就是通过设计模型的建立发现设计图纸中存在的问题,并通过模型对设计构造或参数进行优化或调整,从而达到校核并深化设计的目的。

在该项目拱梁结合段构件模板建立过程中,发现在给定设计原始参数下拱梁结合段细节构造中拱肋的顶底板与主梁内横隔板的位置没有对齐,产生将近 24 cm 的间隔距离,这对于主拱受荷载后向主梁传递非常不利,如图 22 所示。

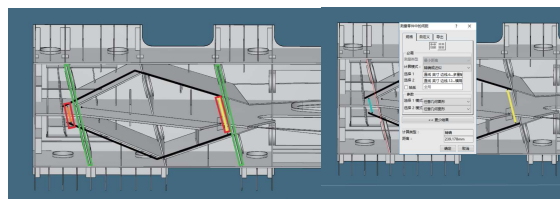


图 22 拱肋顶板与主梁内对应横隔板距离偏差图示

经同设计人员反复讨论,利用构件自身关联性特性,发现是总体布置图纸中拱脚交点的竖向定位尺寸表达有误。经过调整拱脚定位点的参数之后,偏差缩小到 5 cm 左右,再次由模型验证如图 23 所示。

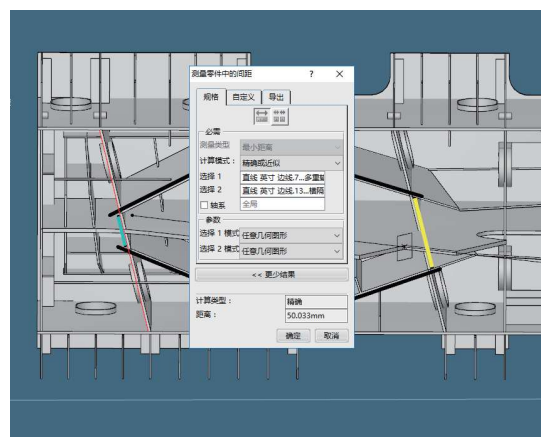


图 23 调整后拱肋顶板与主梁内对应横隔板距离偏差之图示

同样，在主拱拱肋中也发现吊杆锚固区域斜横隔板与拱肋顶板竖向加劲肋局部存在结构设计冲突碰撞问题,如图 24 所示。

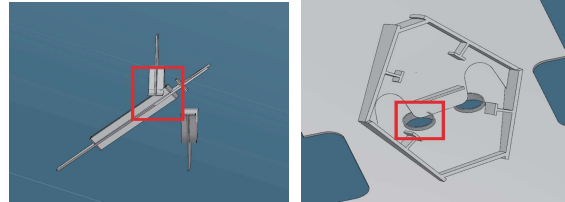


图 24 结构细节冲突碰撞之图示

3.2 BIM+GIS 数字沙盘

利用 BIM 工具,将现状环境、规划成果、设计方案进行三维建模,形成数字沙盘(PC 端、网页 / 手机端)如图 25 所示。对方案重难点、合理性、比选方案进行三维表达。价值:辅助方案优化、降低方案沟通门槛、提高沟通效率、加速决策过程。

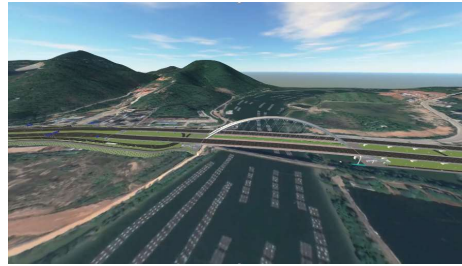


图 25 BIM+GIS 数字沙盘

3.3 BIM 辅助结构分析

BIM 辅助结构分析的总体技术路线见图 26 所示。在 BIM 模型建立完成之后,可以将模型特性的输出见图 27 所示。通过程序编写 Midas 软件可以读取的文件格式如图 28 所示;直接导入 Midas 中生成结构分析模型如图 29 所示。

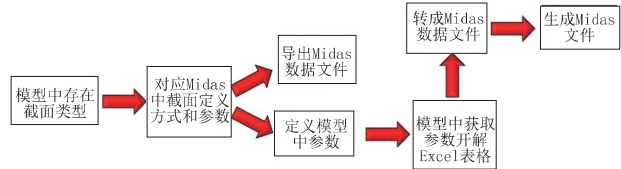


图 26 BIM 与 Midas 交互基本路线图

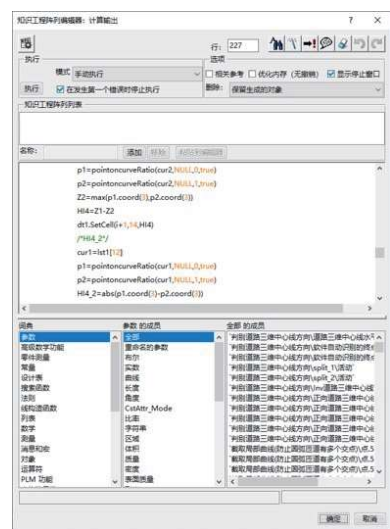


图 27 模型中截面信息的编程获取之图示

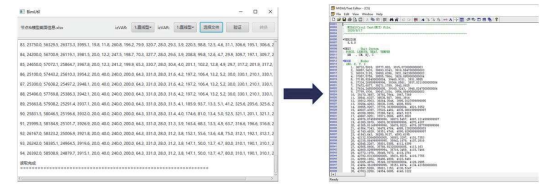


图 28 截面信息转化 mct 文件之图示

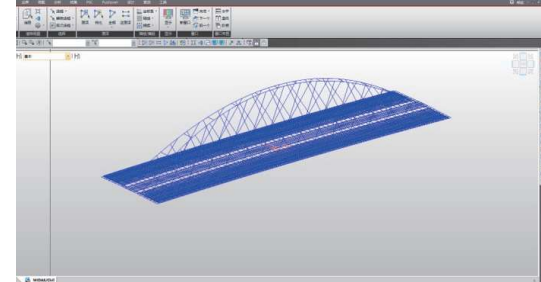


图 29 Midas 中结构分析模型

3.4 数字化交付

该项目通过 BIM 协同设计,最终形成数字化交付成果,包括:信息模型、设计图纸、应用成果等。该项目在施工阶段将建立基于 BIM 的建设管理平台,除了交付常规的设计蓝图以外,经验收通过的数字化成果也将传递至 BIM 平台,用于辅助施工管理,如:进度、质量、计量、安全等管理条线,交付成果见表 1 所列。

表 1 数字化交付清单表			
成果	格式要求	内容概要	
信息模型	源文件	*3dxml、*dgn、*rvt、*dwg 等	按照项目级 BIM 标准进行交付
	交换格式	*fbx	
	属性信息	*xlsx	
设计成果	图纸	*pdf	设计说明及图纸
其它成果文件	报告文档	*pdf	包括交付标准、应用报告等
	图片	*jpg 等	
	视频	*.mp4、*.avi 等	

4 结 语

本文在达索 3DE 平台(2015X)上采用骨架驱动 + 模板方法建立钢组合梁拱桥模型。模板的建立过程与设计思路一脉相承,形成了一系列钢组合梁拱桥的构件模板,丰富了专业构件库内容,并通过构件库的标准化模板调用流程完成了全桥模型的搭建。

在模板建立过程中,通过模型校核发现了拱梁结合段结构之间存在较大偏差、主拱板件之间的碰撞冲突。由此,找到设计图纸上表达有误的地方,及时发现了设计隐患,最终通过设计调整,由模型验证确认。最后,还对模型进行统一的构件编码,基于编码提取了模型构件的设计属性信息形成一系列的构件设计属性信息表,为模型的深度应用创造了便利条件。

通过 BIM 技术将复杂桥梁结构进行构件拆解,将难以理解的二维图纸转换为更为直观和真实的三维模型展示,提前做到施工放样深度,为更全面更深入辅助优化设计提供有效的手段。

参考文献:

- [1] 王伟.永宁黄河公路大桥主桥设计中的 BIM 应用探析[J].中国勘察设计,2017(1):80-82.
- [2] 赵项.浅谈 BIM 技术在主题乐园 EPC 项目中的应用[J].建设监理,2020(5):10-12.
- [3] 黄亚斌.BIM 技术在设计中的应用实现[J].土木工程信息技术,2010,2(4):71-78.
- [4] 黄俊炫,张磊,叶艺.基于 CATIA 的大型桥梁三维建模方法[J].土木工程信息技术,2012,4(4):51-55.
- [5] 李斌,宗志坚,郭莉莉,等.基于 CATIA V5R20 的水利水电工程三维设计应用教程[M].郑州:黄河水利出版社,2011.
- [6] 张磊.三维技术在拱桥方案设计中的应用实例[J].土木工程信息技术,2013,5(4):86-92.

~~~~~  
(上接第 189 页)

的早期强度,但对混凝土后期强度有一定的损伤,前期热养护温度越高,后期强度损失越大。

(2)热养护能够促进胶凝体系中矿物掺合料的水化速度,激发火山灰效应,细化混凝土内部孔径,促使大孔向小孔转化,但同时也增加了有害孔的数量,增大了总孔隙率,热养护后转为标准养护 28 d,有害孔的孔径和数量进一步增大。

(3)与标准养护和自然养护相比,热养护后采取  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  水溶液养护的方式,对热养护混凝土产生损伤有一定的修复作用,能够降低混凝土的强度损失率,优化内部孔结构,降低总孔隙率,提高混凝土的性能。

### 参考文献:

- [1] 田耀刚,李炜光,彭波,等.蒸养参数对高强混凝土抗冻性能的影响[J].建筑材料学报,2010,13(4):515-519.
- [2] 田耀刚,彭波,丁庆军,等.蒸养参数对高强混凝土碳化性能的影响[J].建筑材料学报,2009,12(6):720-723.
- [3] 田耀刚,彭波,丁庆军,等.蒸养参数对高强混凝土抗硫酸盐侵蚀性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2010(3):1-4.
- [4] 贺智敏,龙广成,谢友均,等.蒸养混凝土的毛细吸水特性研究[J].建筑材料学报,2012,15(2):190-195.
- [5] 刘宝举,谢友均.蒸养超细粉煤灰混凝土的强度与耐久性[J].建筑材料学报,2003(2):123-128.
- [6] 刘宝举,谢友均,李建.粉煤灰-矿渣复合超细粉蒸养混凝土力学性能[J].建筑材料学报,2002(4):311-315.
- [7] 耿健,彭波,孙家瑛.蒸汽养护制度对水泥石孔结构的影响[J].建筑材料学报,2011,14(1):116-118,123.