

平转连续梁转体系统应力理论计算与数值模拟研究*

田婷婷¹, 潘新颖^{1**}, 郝小丽², 邓宏彦²

(1. 中国海洋大学工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 中交天津港湾工程设计院有限公司, 天津 300461)

摘要: 依据弹性接触理论、材料强度理论,对静力作用下,日照肖家庄地区 T 型连续梁转体系统上、下转盘和球铰应力进行计算和强度分析,并通过 ANSYS 通用有限元软件对转体系统进行数值模拟,计算静力作用下转盘和球铰的应力分布。将转盘和球铰应力理论值与 ANSYS 数值模拟结果进行对比分析研究,得出转体系统中球铰应力分布呈现从球铰中心向球铰边缘逐步增大的规律,在球铰平面半径距离外边缘 15% 的范围内应为球铰设计重点关注区域。研究发现在理论计算中,采用等效应力计算方法较准确;在 ANSYS 数值模拟计算中,发现球铰采用 SOLID 单元计算结果更稳定、准确。

关键词: 转体系统; 球铰; 接触应力; 数值模拟; 等效应力; 有限元法

中图分类号: U443.4

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2021)12-115-08

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20200272

引用格式: 田婷婷, 潘新颖, 郝小丽, 等. 平转连续梁转体系统应力理论计算与数值模拟研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2021, 51(12): 115-122.

Tian Tingting, Pan Xinying, Hao Xiaoli, et al. Calculation and numerical simulation research on the stress of the swivel system for horizontal rotating continuous beam[J]. Periodical of Ocean University of China, 2021, 51(12): 115-122.

目前,转体桥的应用非常普遍,可以在不影响铁路等交通运输正常运行的情况下,或者是在山谷、河流等不易施工的地方建设桥梁。主要是运用球铰系统的转体功能,在影响较小或方便施工的方向分段建立桥梁,再进行转体连接,形成连续的桥梁。此方法不仅质量可靠、施工安全,并且在车辆频繁的跨线桥或者通航河道的施工,可以干扰交通、不间断通航,具有良好的适用性,而且还可以减少施工费用和机具设备使用,因此也具有良好的经济效益和社会效益^[1]。转体方法大体可以分为三种:平转^[2-5]、竖转^[6]、平转竖转相结合^[7-8],其中应用较多的方法是平转法。由于转体吨位的不断增加,转体桥的建设也面临巨大挑战^[9]。所以,应加强桥梁转体系统研究。目前,大多数转体系统的模拟研究,采用球铰应力理论值与 SHELL 单元模拟球铰的应力值进行对比研究或采用球铰应力理论值与 SOLID 单元模拟球铰的应力值进行对比研究。因此,本文对整个球铰系统应力的理论值, SHELL 单元和 SOLID 单元模拟球铰的应力值进行综合对比研究。

1 转体系统理论计算

1.1 球铰理论计算

1.1.1 接触理论计算 根据弹性力学的接触理论,得到两球体之间接触的最大接触应力公式^[10]:

$$q = 0.388 \left[\frac{FE^2(R_1 + R_2)^2}{R_1^2 R_2^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

式中: F 为上部结构自重; E 为球铰材料弹性模量; R_1 为上球铰的球面半径; R_2 为下球铰的球面半径。

因考虑球铰实际的接触状态,所以将下球铰的半径值取为负值进行计算。

1.1.2 等效应力计算 利用弹性力学中,半空间体在表面受法向分布力的理论^[11],结合材料力学中的第四强度理论^[12],对球铰之间的接触应力进行简化计算的方法。

将两球铰接触边界局部放大,考虑最大接触应力接触部分的特征与受力状态^[13]。可以将球铰接触状态,近似为半空间体受均布力作用的模型,如图 1 所示。

按照半空间体受均布力模型进行公式推导^[11]:

$$\sigma_z = -q \left[1 - \frac{z^3}{(z^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (2)$$

* 基金项目:国家自然科学基金重点项目(51739010);国家自然科学基金面上项目(51679223)资助

Supported by the State Key Program of National Natural Science Foundation of China(51739010); the General Program National Natural Science Foundation of China(51679223)

收稿日期:2020-09-18; 修订日期:2020-11-29

作者简介:田婷婷(1994—),女,硕士生。E-mail:tiantt03@163.com

** 通讯作者:E-mail:xinying@ouc.edu.cn

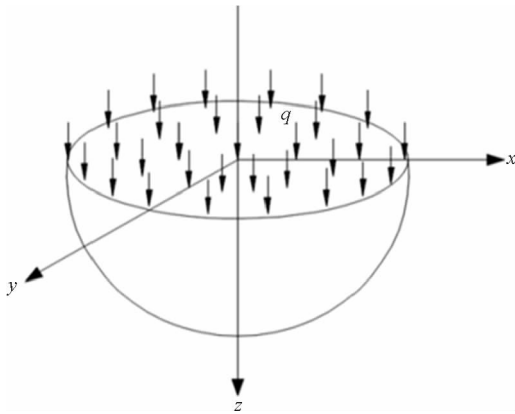


图1 半空间体受均布力

Fig.1 Uniform load on half space body

$$\sigma_x = -\frac{q}{2} \left[(1+2\mu) + \frac{z^3}{(z^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{2(1+\mu)z}{(z^2+a^2)^{\frac{1}{2}}} \right]; \quad (3)$$

$$\sigma_y = -\frac{q}{2} \left[(1+2\mu) + \frac{z^3}{(z^2+a^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{2(1+\mu)z}{(z^2+a^2)^{\frac{1}{2}}} \right]. \quad (4)$$

式中: σ_x 为 x 方向应力分量; σ_y 为 y 方向应力分量; σ_z 为 z 方向应力分量; q 为均布法向荷载; μ 为泊松比; a 为均布荷载所作用圆面的半径。

求解 σ_x 、 σ_y 、 σ_z 的极值^[13]。当接触位于接触面中心时, σ_z 取得其极值为 $-q$; 当 $z = a\sqrt{\frac{2+2\mu}{1-2\mu}}$ 时, σ_x 、 σ_y 取得其极值为 $0.0068q$ 。

当 σ_z 取极值 $-q$ 时, 根据复杂应力状态最大切应力公式^[12], 计算 τ_{xz} 、 τ_{yz} 的最大值为 $0.1q$ 。

根据 Von Miss 等效应力计算公式^[14]:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2) \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

计算得到球铰等效应力的最大值, 并与数值模拟中等效应力计算结果进行对比验证。

1.2 下转盘理论计算

下转盘皆采用 C50 的混凝土, 其抗压强度设计值 f_c 为 23.1 MPa。混凝土的计算压应力为^[15]:

$$\sigma = K \frac{F}{\pi(R')^2}. \quad (6)$$

式中: K 为偏压效应增大系数, 取 1.4; R' 为下转盘与球铰接触面半径。

利用上式可以得到下转盘混凝土的计算压应力, 小于 C50 混凝土的抗压强度设计值 f_c 。

2 转体系统数值模拟计算

ANSYS 大型有限元模拟软件, 可模拟线性和非线

性结构的应力状态, 因此采用 ANSYS 有限元软件模拟球铰在恒定静力作用下, 转体系统各部分的应力状态。此转体系统包括上、下转盘, 球铰上、下铰盘。此模型仅考虑转体系统在恒定静力作用下, 球铰系统的应力变化规律。

2.1 单元类型及网格划分

在模拟过程中, 上、下转盘部分的混凝土均采用 SOLID65 单元进行模拟。因 SOLID65 单元可以模拟无筋或有筋的 3D 混凝土实体^[16]。其上、下球铰则采用了两种不同的单元进行对比模拟: 一是采用 SHELL181 单元; 二是采用 SOLID185 单元进行模拟。其中 SHELL181 单元为 4 节点的壳单元, 可模拟薄壳以及中等厚度壳结构。SOLID185 为 8 节点实体单元, 可模拟多数实体结构^[16]。

球铰结构间的接触由接触单元 TARGE170 和接触单元 CONTA174 组成。其中 CONTA174 为 3D8 节点面面接触单元, 可与目标单元 TARGE170 模拟面面之间的接触和滑移状态^[16]。具体单元类型如表 1 所示。

表1 单元类型

Table 1 Element types

结构部位 Structural parts	单元类型 Element types
上、下转盘 Upper and lower turntables	SOLID65
球铰 Ball joint	SHELL181、SOLID185
球铰与球铰、球铰与转盘之间的接触 Contact between ball joint and ball joint, ball joint and turntable	目标面 TARGE170、 接触面 CONTA174

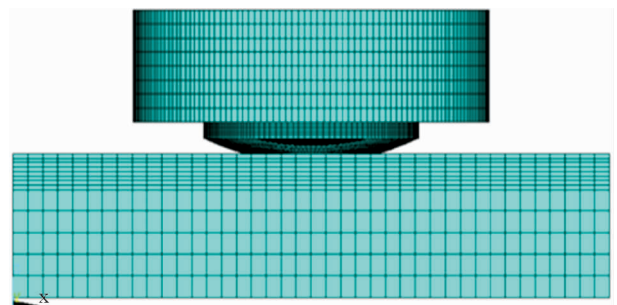


图2 有限元模型网格划分

Fig.2 Finite element model mesh division

有限元模型网格的划分, 因其主要研究对象为上、下球铰, 所以对球铰部分的网格进行适当加密, 以确保其结果的准确性, 如图 2 所示。其中球铰采用 SOLID185 单元的模型共划分网格单元 170 496 个, 球铰采用

SHELL181 单元的模型共划分网格单元 167 164 个。

2.2 接触模拟

上、下球铰之间的接触状态是通过定义下球铰为目标面, 建立接触单元 TARGET170, 上球铰为接触面, 建立接触单元 CONTA174, 两者共用实常数形成接触对进行模拟的^[17]。球铰与混凝土之间的连接, 可用两种方式模拟: 一种采用整体模拟将球铰与混凝土进行固结; 另一种是在球铰与混凝土之间建立接触对进行模拟。接触对模拟方式, 其接触状态可通过约束方程、节点耦合或者 MPC 接触的方法进行模拟。本文需将 SHELL 单元与 SOLID 单元连接, 所以接触建模方式采用 MPC 接触方法。MPC 接触方法可以将需要连接的两部分, 通过建立接触对, 设置接触算法为 MPC algorithm, 实现不同单元间的连接^[18]。球铰模拟采用 SHELL181 单元时, 其球铰与混凝土间的连接涉及节点数量不同的单元连接问题, 需设置参数较复杂, 所以应根据工程实际选择接触参数。

根据不同单元类型和不同连接方式, 本文数值模拟总体分为三种: (1) 球铰采用 SHELL181 单元, 且球铰与转盘之间采用 MPC 接触的方式连接; (2) 球铰采用 SOLID185 单元, 且球铰与转盘之间采用 MPC 接触的方式连接; (3) 球铰采用 SOLID185 单元, 且球铰与转盘之间采用整体模拟的方式连接。为研究不同单元模拟结果的精确性, 特以求解条件大变形为对照, 设置一个对照模拟组。

2.3 加载及求解

对模型的上转盘顶面施加竖向的均布荷载, 对下转盘的混凝土底面施加约束, 对整个模型采用静态分析进行求解。以模拟转体系统在恒定静力作用下的受力与约束状态。

3 工程算例

工程位于日照肖家庄地区, 其承受重量最大的转体系统位于 18、19 号墩承台之上, 如图 3 所示。转体系统所承受的荷载为 12 500 t。转体系统各部分尺寸: 上转盘直径长 10.8 m, 高 3.115 m; 球铰球面半径 8 m, 其中上铰盘球面半径 8.02 m, 下铰盘球面半径 8.06 m; 球铰平面半径 2 m; 铰盘厚度 40 mm, 如图 3 所示。

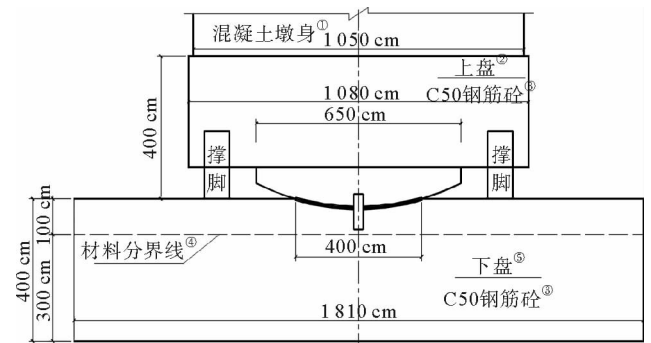
上转盘采用的混凝土强度为 C50, 下转盘采用的混凝土强度为 C50, 其弹性模量取 3.55×10^4 MPa, 泊松比为 0.2。球铰为 Q345 钢板, 其弹性模量取 2.1×10^5 MPa, 泊松比为 0.3, 两球铰之间摩擦系数取 0.1。

4 计算结果分析

4.1 理论计算结果

4.1.1 接触理论计算结果 根据理论计算方法, 得到

基于此工程的各理论方法的球铰应力计算结果, 如表 2 所示。从中可以看出, 等效应力计算值比接触理论计算值略大, 其值更符合球铰的受力状态。



(① Concrete pier; ② Upper rotating turnplate; ③ C50 reinforced concrete; ④ Material boundary; ⑤ Lower rotating turnplate)

图 3 转体结构立面图

Fig.3 Elevation of swivel structure

表 2 球铰应力理论值对比

Table 2 Comparison of theoretical values of stress on the ball joint

计算方法 Computing method	球铰应力 Stress of ball joint /MPa
接触理论计算 Contact theory calculation	49.44
等效应力计算 Equivalent stress calculation	51.23

4.1.2 下转盘理论计算结果 基于上述公式, 得到下转盘的混凝土压应力理论值为 13.65 MPa, 小于 C50 混凝土的抗压强度设计值, 符合要求。

4.2 有限元计算结果

由有限元计算软件 ANSYS 计算出转体系统的各部分应力云图, 并对球铰部分的等效应力云图以及下转盘混凝土部分的压应力值进行分析对比。

4.2.1 球铰应力结果 以小变形条件模拟为方案 1, 大变形条件模拟为方案 2, 两种方案的下球铰等效应力计算结果, 如图 4、5 所示。

从图 4、5 中, 可以看出小变形条件和大变形条件的下球铰等效应力分布规律基本一致, 下球铰的大部分区域内等效应力值较小, 球铰边缘附近的区域内等效应力值变化较大。图 4(a)、5(a)中最大等效应力值分别为 52.92 和 52.93 MPa, 等效应力值大部分位于 2.39~22.63 MPa。图 4(b)、5(b)中最大等效应力值分别为 52.82 和 52.83 MPa, 等效应力值大部分位于 2.38~22.56 MPa。图 4(c)、5(c)中最大等效应力值分别为 48.37 和 47.31 MPa, 等效应力值大部分位于 6.42~28.8 MPa。

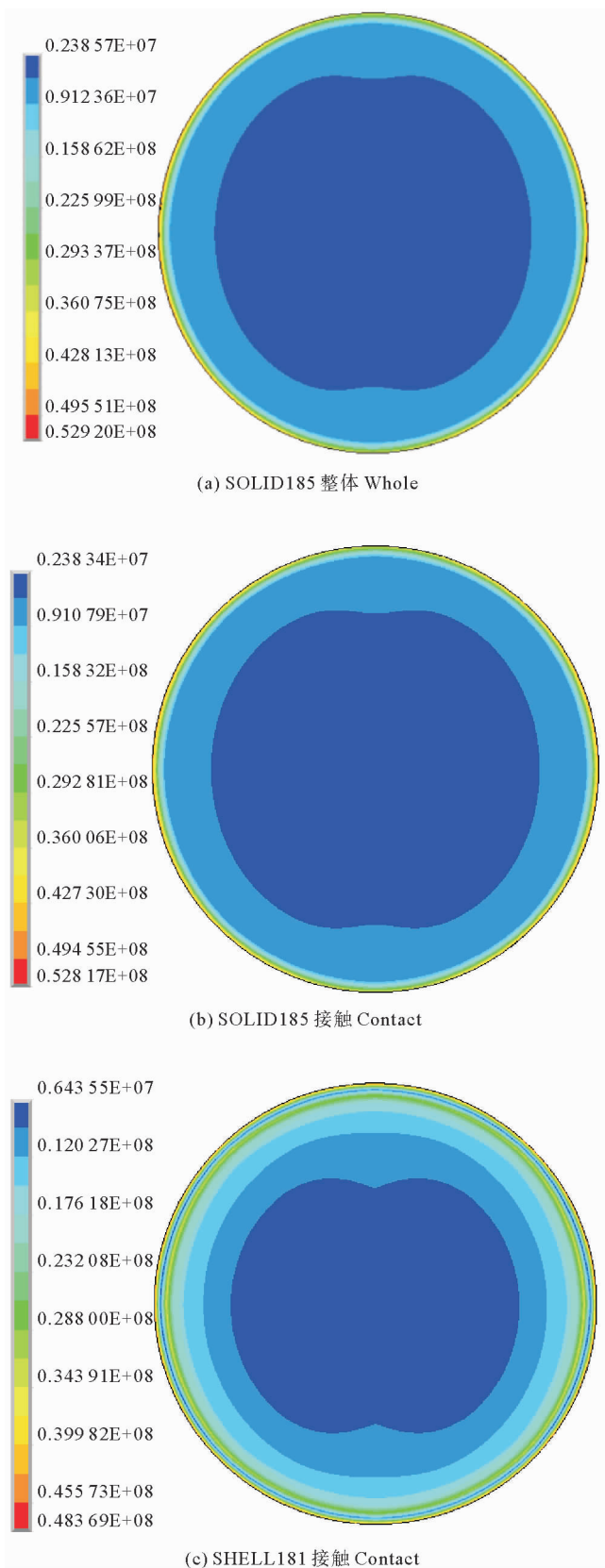


图4 下球铰等效应力(方案1)

Fig.4 Equivalent stress of lower ball joint(scheme 1)

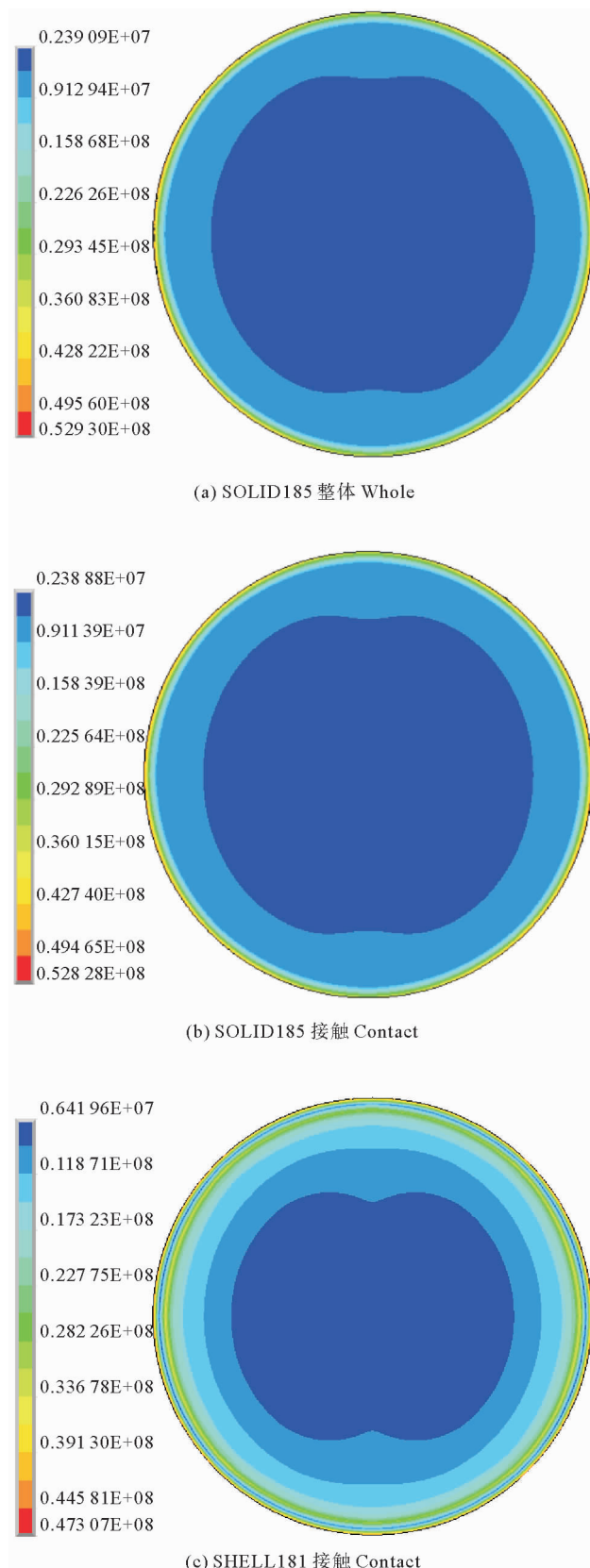


图5 下球铰等效应力(方案2)

Fig.5 Equivalent stress of lower ball joint(scheme 2)

为进一步分析球铰等效力值的变化情况,取球铰中心点到球铰边缘水平方向直线上的 21 个点,并提取对应点的等效力值,以小变形条件下的 3 种模拟为一组,以大变形条件的模拟为对照组,绘制等效力曲线对比图,如图 6 所示。

从图 6 中,可以看出三种模拟方式的下球铰等效力变化趋势大致相同,且小变形和大变形之间结果差别较小,都是从球铰中心向球铰边缘处等效力值不断增大。在球铰平面半径距离球心 85% 的范围内的等效力值曲线变化都比较平缓,并且在此范围内 SHELL 的结果均大于 SOLID 结果,这是面单元与实体单元的结构差异造成的。球铰平面半径距离外边缘 15% 的范围内,6 种方式的等效力值都有较大的增加,是上转盘上方混凝土柱身的形状较球铰平面的形状更大造成的应力值突增。其中 4 种采用 SOLID185 单元的模拟,因为采用同种单元,仅连接方式和求解条件不同,所以其等效力曲线基本吻合,而 SHELL181 单元的等效力曲线较其他方式略有不同,因为在计算结果上有一定的偏差。

4.2.2 下转盘应力结果 从下转盘混凝土中心到距中心 4 m 处, x 正方向的水平线上,平均取 21 个点,并提取对应点的压应力值,以小变形条件下的三种模拟为一组,以大变形条件的模拟为对照组,绘制下转盘混凝土压应力曲线对比图,如图 7 所示。

从图 7 中可以看出,下转盘混凝土的压应力分布云图的变化趋势与球铰的变化趋势基本一致,因为所提取的 2 m 内应力值为球铰与下转盘混凝土接触面上对应点的应力值,所以其 2 m 内的应力值变化趋势与球铰应力变化基本相同。2~4 m 范围内因无外部荷载,所以其应力值有较大幅度的回升。

4.3 结果对比

4.3.1 球铰结果对比

(1)有限元模拟结果对比

有限元模拟以三种不同方式进行模拟,并以大变形求解条件为对照方案 2,对比结果如表 3。

从表 3 中可以看出,方案 1 和方案 2 的结果相差很小,说明模拟球铰转体系统时,采用小变形求解即可。表 3 中,SHELL 单元模拟的球铰应力值之差是 SOLID 单元差值的 100 倍左右,可见采用 SOLID 单元模拟球铰,等效力结果更加稳定。其中 SOLID 整体的模拟方式,其等效力值略微偏大,是模拟时对球铰与混凝土之间相互作用的简化造成的,所以采用 MPC 接触的方式,模拟球铰接触状态更符合实际。

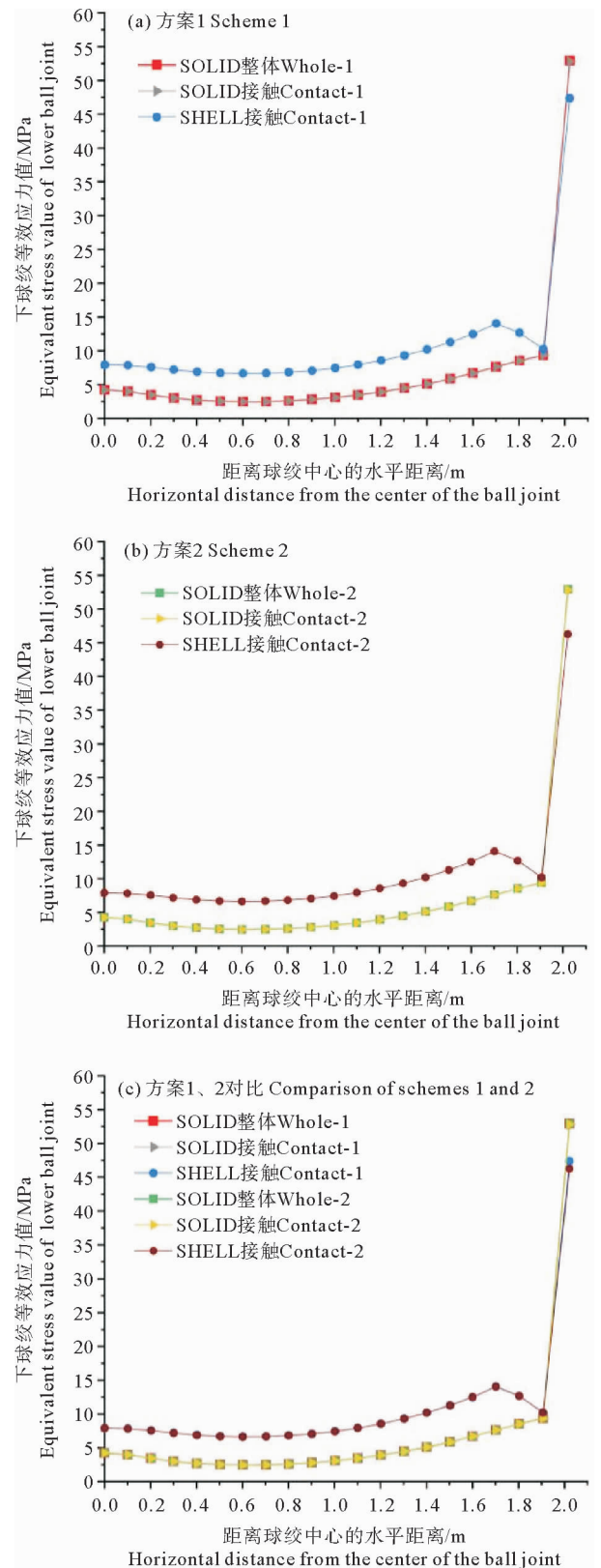


图 6 下球铰等效力曲线图

Fig.6 Equivalent stress curve of lower ball joint

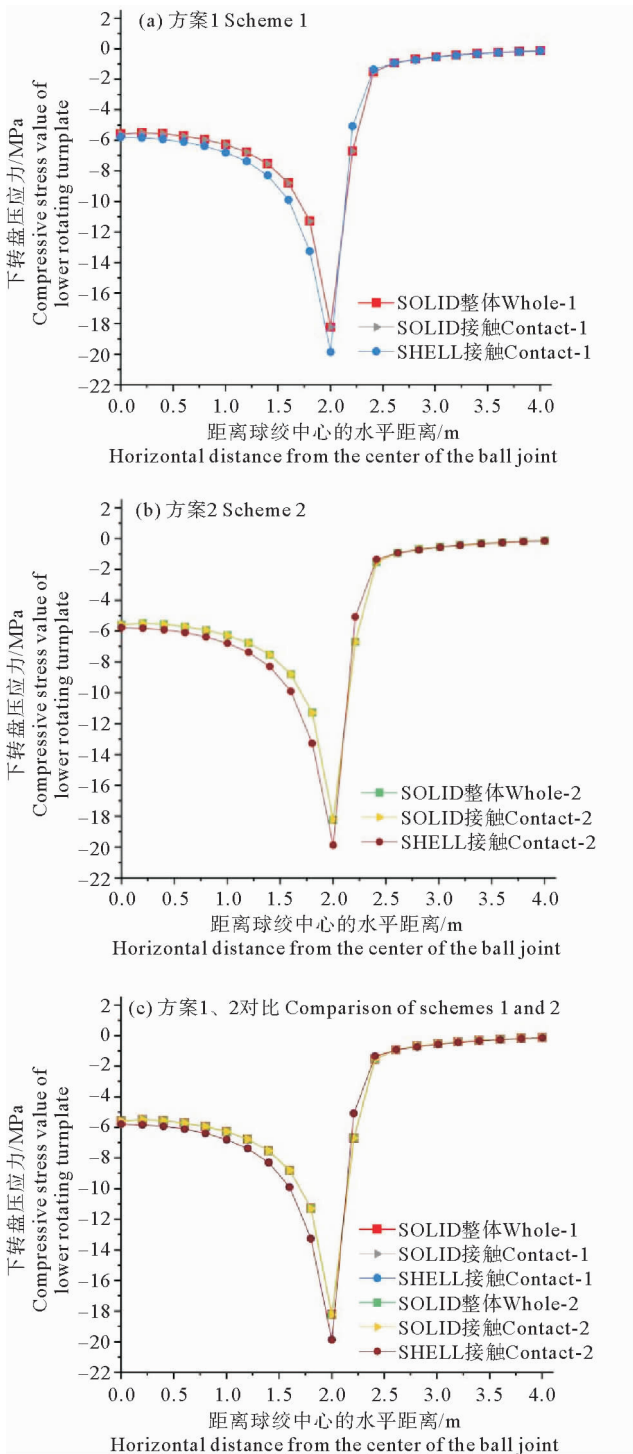


图7 下转盘压应力曲线图

Fig.7 Compressive stress curve of lower rotating turnplate

表3 球铰有限元模型等效应力最大值对比

Table 3 Comparison of the maximum equivalent stress on the finite element model of ball joint

方法 Method	方案1 Scheme 1	方案2 Scheme 1	对比/% Comparison
	/MPa	/MPa	
SOLID 整体 SOLID whole	52.92	52.93	-0.02
SOLID 接触 SOLID contact	52.82	52.83	-0.02
SHELL 接触 SHELL contact	48.37	47.31	2.22

(2)有限元模拟结果与理论结果对比

以工程为例,利用弹性力学接触理论和等效应力计算的方法,计算上、下球铰在恒定静力作用下的球铰接触应力理论值,与有限元仿真模拟中 SOLID 接触结果进行对比,得到球铰应力值对比表,如表 4 所示。

表4 球铰应力值对比

Table 4 Comparison of stress values on the ball joint

方法 Method	球铰应力/MPa Stress of ball joint	对比/% Comparison
接触理论计算 Contact theory calculation	49.44	6.4
等效应力计算 Equivalent stress calculation	51.23	3.01
SOLID 接触 Contact	52.82	0

从表 4 中可以看出,等效应力计算的理论与有限元仿真模拟的球铰等效应力值相比仅差 3.01%,说明等效应力计算求解的球铰应力理论值较为准确。而弹性力学接触理论计算方法,仅考虑两球体受压接触时的接触应力与形变^[13],因而结果偏小。从理论计算结果中,可看出 SHELL 接触的结果较理论值小,与大多数研究中有限元模拟结果偏大不同,因此与之前结论一致 SOLID 模拟球铰更准确。

4.3.2 下转盘结果对比 下转盘理论计算结果为 13.65 MPa。ANSYS 模拟的三种情况以及对照组的结果,表明所有情况的下转盘混凝土压应力最大值,均小于 C50 混凝土的抗压强度设计值,皆符合要求。

5 结论

通过对球铰转体系统进行模拟,研究分析其模拟结果。可以得到以下结论:

(1)在恒载作用下,球铰应力的分布呈现从球铰中心向球铰边缘逐步增大的规律。

(2)球铰应力值,在球铰平面半径距离球心 85%的范围内应力值较平缓;在球铰平面半径距离外边缘 15%的范围内有较大的增加,此区域应为球铰设计重点关注区域。

(3)球铰理论计算中,采用等效应力计算方法,得到的球铰接触应力理论值较准确。

(4)ANSYS 数值模拟计算球铰应力时,球铰采用 SOLID 单元计算结果更稳定、更准确,且求解时采用小

变形条件即可。

参考文献:

- [1] 翟鹏程. 转体梁施工中的不平衡问题及风致震动研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
Zhai P C. The Imbalance Wind-Induced Vibration of the Rotating Beam in Cant-Ilever State Under Construction[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008.
- [2] 罗洪成, 孙艳鹏, 杨清印, 等. T形刚构桥平转施工球铰体系安装技术[J]. 中外公路, 2018, 38(4): 156-159.
Luo H C, Shun Y P, Yang Q Y, et al. Installation technology of spherical hinge system in horizontal rotation construction of T-shaped rigid frame bridge[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2018, 38(4): 156-159.
- [3] 陈富强, 夏培华. 运梁河特大桥转体梁不平衡称重试验分析[J]. 中国港湾建设, 2012(3): 57-59.
Chen F Q, Xia P H. Re-weighing test analysis of swivel beam for Yunliang River bridge[J]. China Harbour Engineering, 2012(3): 57-59.
- [4] 董国亮. 京石客运专线滹沱河特大桥跨京广铁路连续梁桥转体施工技术[J]. 铁道标准设计, 2011(7): 69-73, 77.
Dong G L. Technology for Construction of Hutuohe super large bridge on Beijing-Shijiazhuang passenger dedicated line over continuous beam bridge on Beijing-Guangzhou railway with swing method [J]. Railway Standard Design, 2011(7): 69-73, 77.
- [5] 兰印龙. 水平转体球铰力学分析与应用研究[D]. 石家庄: 石家庄铁道大学, 2018.
Lan Y L. Mechanics Analysis and Application Research of Horizontal Rotating Spherical Hinge[D]. Shijiazhuang: Shijiazhuang Tiedao University, 2018.
- [6] 常兆峰. 特大跨高铁梁拱组合桥竖转过程结构受力分析与安全控制[J]. 国防交通工程与技术, 2020, 18(3): 43-46, 42.
Chang Z F. The structural stress analysis and security control of an ultra-long span beam-arch composite bridge for a high-speed railway during its vertical rotation[J]. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2020, 18(3): 43-46, 42.
- [7] 田仲初, 彭涛, 马凤杰, 等. 佛山东平大桥施工监控的关键技术[J]. 中外公路, 2007(3): 84-87.
Tian Z C, Peng T, Ma F J, et al. Key techniques for construction monitoring of Dongping bridge in Foshan[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2007(3): 84-87.
- [8] 徐升桥, 任为东, 李艳明, 等. 丫髻沙大桥主桥施工关键技术研究[J]. 铁道标准设计, 2001(6): 8-12.
Xu S Q, Ren W Q, Li Y M, et al. Research on key construction technology of main bridge of Yajisha bridge[J]. Railway Standard Design, 2001(6): 8-12.
- [9] Feng Y, Qi J A, Wang J Q, et al. Rotation construction of heavy swivel arch bridge for high-speed railway[J]. Structures, 2020, 26: 755-764.
- [10] 张新冈. 平转法桥梁施工球铰分析及控制研究[D]. 北京: 中国铁道科学院, 2017.
Zhang X G. Analysis of Rotary Hinge and Control of Bridge Rotary Construction[D]. Beijing: Chinese Academy of Railway Sciences, 2017.
- [11] 徐芝纶. 弹性力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.
Xu Z L. Elasticity[M]. Beijing: Higher Education Press, 2016.
- [12] 刘鸿文. 材料力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
Liu H W. Mechanics of Materials[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [13] 左敏, 江克斌. 转体桥平转球铰转体过程应力计算方法研究[J]. 铁道标准设计, 2015, 59(12): 36-39.
Zuo M, Jiang K B. Research on the stress calculation of ball joint of swivel bridge during rotation[J]. Railway Standard Design, 2015, 59(12): 36-39.
- [14] Valentin L. POPOV; Contact Mechanics and Friction Physical Principles Applications[M]. Berlin: Springer, 2010.
- [15] 王立中. 转体施工的公路T型刚构桥梁转动结构设计[J]. 铁道工程学报, 2006(9): 41-43.
Wang L Z. Design of the rotational struction of highway T-Shape rigid frame brige constructed with the method of slewing[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2006(9): 41-43.
- [16] 王新敏, 李义强, 许宏伟. ANSYS 结构分析单元与应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
Wang X P, Li Y Q, Xu H W. ANSYS Structural Analysis Unit and Its Application[M]. Beijing: China Communications Press, 2011.
- [17] 马朝旭. 连续梁平转施工转体球铰应力分析计算[J]. 兰州工业学院学报, 2015(6): 68-71.
Ma Z X. Analysis study on spherical hing stress of horizontal rotation construction method for continuous beam [J]. Journal of Lanzhou of Technology, 2015(6): 68-71.
- [18] 汤华涛, 吴新跃. 体壳单元连接 MPC 法的计算精度分析[J]. 现代制造工程, 2011(7): 62-65.
Tang H T, Wu X Y. Calculation precision of multipoint constraint technology used to solve combination model of solid element and shell element[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2011(7): 62-65.

Calculation and Numerical Simulation Research on the Stress of the Swivel System for Horizontal Rotating Continuous Beam

Tian Tingting¹, Pan Xinying¹, Hao Xiaoli², Deng Hongyan²

(1. College of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Tianjin Port Engineering Design Institute Co., Ltd of CCCC, Tianjin 300461, China)

Abstract: Based on the contact theory in the elastic mechanics and the theory of material strength, the stress on the upper and lower rotating turnplate and the ball joint of the T-type swivel system for a continuous beam in Xiaojiazhuang area, Rizhao, is calculated and analyzed. Then the numerical simulation is conducted on the swivel system by using the ANSYS general finite element software, which could calculate the stress distribution on the rotating turnplate and the ball joint under static force. Comparative research is conducted between the theoretical value of the stress on the rotating turnplate and the ball joint and its corresponding simulation results by ANSYS. The stress distribution law of the ball joint of the swivel system that the stress distribution of the ball joint gradually increases from the center of the ball joint to the edge of the ball joint can be obtained. In the range of 15% from the outer edge of the ball joint plane radius, it should be the key area of the ball joint design. And it is found that in the theoretical calculation, using the equivalent stress calculation method can be more accurate; in the ANSYS numerical simulation calculation, using the SOLID unit to calculate the ball joint could be more stable and accurate.

Key words: swivel system; ball joint; contact stress; numerical simulation; equivalent stress; finite element method

责任编辑 高 蓓