

The Effect of Foundation Differential Settlement on Mechanical Properties of Continuous Rigid Frame Bridge

Yuhan YAN

Chongqing Jiaotong University, 400074, Chongqing, China
Email: 502491728@qq.com

Abstract: Effect that the Foundation settlement did on bridge happens, therefore, some preventive measures must be made according to the degree of damage while the bridge designed and built. Settlement is related to geological conditions and support forms at the same time. Therefore, the study of effect of continuous frame bridge that uneven settlement of foundation did has theoretical significance and use value. This article combining with practical, take the T shape rigid frame bridge located in Baoshan (Daguancity)-longling (Longka mountain Highway sixth Contract period for example, establish the bridge model with MIDAS, add 2cm Forced displacement on each six bearing of main bridge according to model features, simulation settlement situation, through Comparative analysis data for various situation, summary out the impact degree that most disadvantageous situation and different situation did on bridge.

Keywords: bridge bracing, foundation settlement, continuous rigid frame bridge

基础不均匀沉降对桥梁力学性能的影响

阎玉茵

重庆交通大学, 重庆, 中国, 400074
Email: 502491728@qq.com

摘要: 桥梁的基础沉降对桥梁的影响时常发生, 所以需要根据危害的程度来在设计建造桥梁的时候做出一些预防措施。同时, 地质条件以及支承形式和沉降都有很大关系。因此, 研究基础不均匀沉降对连续钢构桥的影响具有理论意义和使用价值。结合具体实际, 以位于保山(大官市)一龙陵(龙卡山)高速公路 6 合同登高段处 T 形刚构桥为例, 用 MIDAS 软件建立了桥梁模型, 根据模型特点对主桥的六个支座分别加了强制位移 2cm, 模拟沉降情况, 通过对比分析各种情况下的数据, 总结出最不利情况以及不同情况对桥梁的利害程度。

关键词: 支座, 基础沉降, 连续刚构桥

1 引言

我国的地理地势十分复杂, 随着交通的越来越发达, 全国各个地方都新建了许多桥梁, 但是由于地形的不同以及桥梁修建的时间增加, 往往会出现各种基础沉降问题。地基土质条件复杂以及上部建筑结构荷载不均匀等因素都将导致建筑结构基础产生不均匀沉降, 从而引起建筑结构的倾斜, 或者一些构件的开裂甚至破坏。地基不均匀沉降是引起土木、建筑工程事故的主要原因之一。桥梁基础的不均匀沉降是很常见的问题, 地基的不均匀沉降将导致上部结构的变形和内力重分布, 而内力和变形的变化将影响结构的正常使用功能和极限承载能力。

本文以位于保山(大官市)一龙陵(龙卡山)高

速公路 6 合同登高段处 T 形刚构桥结构为例, 运用 MIDAS 软件研究了地基基础不均匀沉降对上部结构内力, 变形, 应力以及支座沉降的影响。通过在建立好的桥梁模型上分别对四部分支座添加支座强制位移, 来得出不同支座沉降对桥梁结构的影响, 从对比结果中选出了最不利情况, 再对其加以不同的支座沉降量, 进一步得出基础不均匀沉降与梁单元内力, 变形, 应力等的关系。

2 基础不均匀沉降的原因和影响

2.1 原因

基础沉降对桥梁结构有着非常重要的影响, 每年因为基础沉降造成的桥梁垮塌时间很多, 基础沉降现在是桥梁中比较严重的危害之一。造成桥梁基础不均

匀沉降的原因有很多,这中间既有大自然的因素,也有人为失误的因素,具体来说可以分为以下几类:1)地质情况复杂;2)流水冲刷侵蚀;3)上部结构超载;4)基础差异;5)人为主导因素;6)突发不可抗力。

2.2 影响

通过对近年来由于桥梁基础不均匀沉降造成的连续刚构桥梁安全事故的分析,基础不均匀沉降对连续刚构桥上部结构的影响主要有下述几个方面:

1)桥面线形发生改变,使桥面铺装层破坏并引发行车不平顺、桥头跳车等现象;

2)主梁梁体出现偏移或挠度过大等情况,使主梁的内力和变形都发生改变,并加速了梁体混凝土裂缝产生的速度,直接影响到桥梁的安全稳定性;

3)上部结构与下部结构的连接支座处梁底产生过大拉力或压力,使梁底支座和主梁都发生破坏;

4)桥墩(台)、盖梁、挡块移位,并产生裂缝,甚至是破坏;

5)基础不均匀沉降情节严重的,还会导致桥梁整体垮塌。

3 国内外研究现状及应用

3.1 在国内的概况

1)在混凝土的材料方面,即是材料差异、化学反应等造成箱梁裂缝的机理,日照温度应力使箱梁产生裂缝。

2)在设计理论方面,目前主要是研究剪力滞的一些效应、以及施工图纸设计的相关细节方面的因素。

3)在具体的施工操作和管理的方面,研究了因为桥梁结构的某些部位比较早的受力、地基基础沉降的相互差异、基岩的约束效应、支架系统的变形太大等都会造成混凝土的品质的下降等。

4)在桥梁的营运和维护方面,主要是研究了超载,不良维护方面的不利因素。国内在防止基础沉降出现裂缝的方面主要存在着如下两方面的不足或者缺陷:在基础施工阶段主要是局限于防止裂缝的产生;对结构的整体的计算的精确度不够,裂缝的计算和分析主要不是基于整个桥梁的结构。

3.2 在国外的概况

美国及日本是在桥梁的检测、评估和加固的领域

一直处在领先的国家,以国家统一的规划、实施的角度来管理使用中的各个桥梁:各种高新技术相继被用到桥梁的检测、加固的工程实践当中。美国则是在桥梁基础沉降裂缝检测和加固领域起步较早,一直都处在绝对领先的地位。在这个领域,目前已经使用的相关研究项目主要包括:先进的桥面板的检测系统;先进的桥梁测试以及健康监测的系统的无损检测方法。在这些技术手段的大力支持之下,对桥梁的具体生命周期的成本的考虑如下:其一主要是在新桥的设计方案的选择,其二是已建桥梁的优化和管理。专家推荐在桥梁的设计和管理的过程中,要充分考虑到桥梁的生命周期的具体成本。

4 模型建立分析

4.1 工程背景

本文建立位于保山(大官市)—龙陵(龙卡山)高速公路6合同登高段处T形刚构桥模型,为跨越一开阔的V型沟谷而设置;本桥为双幅桥,全桥为三联跨,左幅桥跨径为 $(2 \times 30) + (65 + 120 + 65) + (4 \times 30)$,右幅桥跨径为 $(3 \times 30) + (65 + 120 + 65) + (4 \times 30)$ 。主桥为预应力砼变截面连续刚构箱梁,引桥采用预制T梁先简支后结构连续。下部构造按径向布置,桥台采用U型桥台;引桥桥墩采用T形薄壁墩,主桥桥墩采用箱形薄壁桥墩;基础采用钻孔灌注桩。左幅桥全长446.0米,右幅桥全长476.0米。全桥位于-5%、-3%、-6%的变坡段上,变坡点竖曲线半径分别为-10000米及7000米,全桥平面位于圆曲线、缓和曲线、直线上;桥面直线段设双向2.0%横坡,曲线段设4%超高横坡,缓和曲线段按线性变化。

4.2 模型建立

根据桥梁竣工资料,运用大型有限元软件Midas/Civil进行桥梁模型的建立和计算分析。全桥采用梁单元进行成桥阶段模型的模拟,建立了110个单元,111个节点,桥面材料是混凝土,中间加预应力筋,有两个主桥墩,加了静力荷载,移动荷载等荷载,建立模型进行计算。成桥模型如下图1所示。

5 基础不均匀沉降对连续刚构桥结构静力特性的影响

参照其他文献中的不均匀沉降,分五种情况给不同的支座加强制位移以模拟支座沉降效果,分别为右

边跨支座沉降 2cm, 左边跨支座沉降 2cm, 右墩底支座沉降 2cm, 左墩底沉降 2cm 和左右墩底同时沉降 2cm。所有的荷载组合均选择“恒载+支座沉降荷载+钢束一次+钢束二次+收缩二次+徐变二次”, 将 5 种情况的梁单元内力图, 位移变形图, 应力图以及支座反力与不加沉降的模型计算结果比较, 从而得出了最不利的情况, 再对最不利情况加以不同的沉降量, 以进一步分析沉降量大小对结构的影响。成桥模型图如图 1 所示。

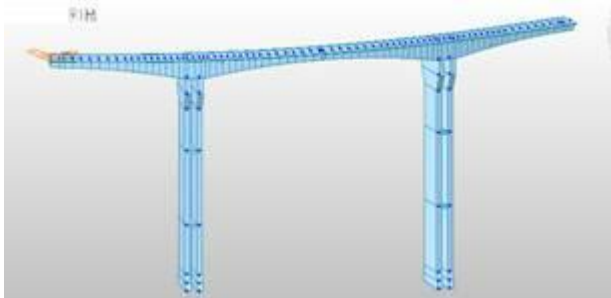


图 1. 成桥模型图

5.1 不同支座沉降对桥梁结构的影响

首先, 添加“支座沉降荷载”静力荷载工况, 类型选择“用户定义的荷载”, 然后选择“荷载—静力荷载—强制位移”, 选择荷载工况名称“支座沉降荷载”, 然后在 Dz 方向加-0.02m 强制位移, 选择需要加的支座节点, 因为需要得出不同支座沉降的影响, 所以分别对左边跨支座, 右边跨支座, 左墩底支座, 右墩底支座, 左右墩底支座加了强制位移。每一种情况下得到了梁单元内力, 变形位移, 应力, 支座反力, 并将其分别绘图比较。

5.1.1 位移变形

从图 2 中可以看出, 当左边跨支座沉降和右边跨支座沉降的时候, 对左边跨和右边跨的变形影响很大, 当左右墩底支座同时沉降的时候对整个桥面影响都很大, 而左墩底和右墩底单独沉降的时候, 对桥的影响不大, 基本与不加沉降时候的图形重合, 即位移变化并不明显, 最大位移出现在 75 号单元处, 由左右墩底支座同时沉降或右边跨支座单独沉降的时候形成。不同沉降情况变形位移对比图如图 2 所示。

5.1.2 梁单元内力

从图 3 中可以看出所有情况均是左右墩顶处的负弯矩最大, 最小负弯矩在跨中处, 各种情况沉降情况

下, 内力变化趋势基本相同, 但是幅度大小不一, 左墩顶最大负弯矩是在右墩底支座沉降情况下产生, 右墩顶最大负弯矩是在右边跨支座沉降的时候产生, 但是右墩底的最大负弯矩明显大于左墩顶负弯矩, 因此从此图中可以知道右边跨支座沉降对本桥梁结构更为不利。

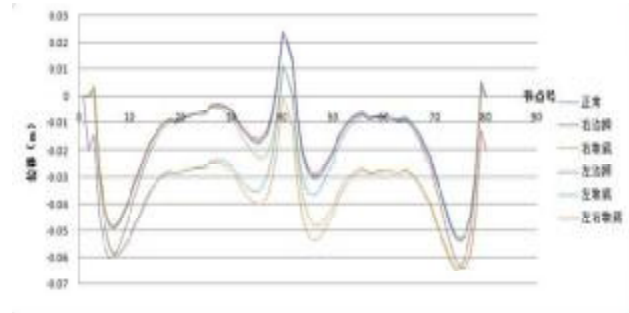


图 2. 不同沉降情况变形位移对比图

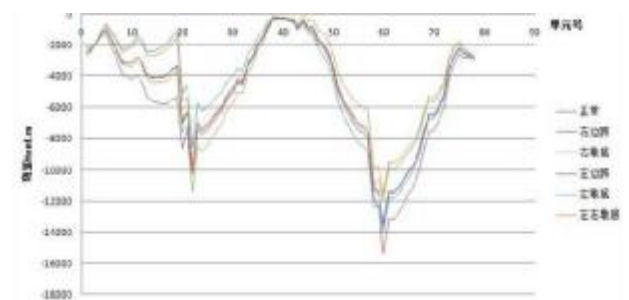


图 3. 不同沉降情况梁单元内力对比图

5.1.3 应力

各种沉降情况的最大压应力均在 72 号单元处产生, 在跨中处不同沉降情况对结构应力影响最小, 基本与不加沉降时的应力大小相同, 在左右墩顶到两边边跨之间变化最大, 五种情况与不加沉降时进行比较, 当右边跨支座沉降的时候, 在 72 号单元处产生的压应力最大。不同沉降情况应力对比图如图 4 所示。

5.1.4 支座反力

六个支座的反力大小变化不大, 所以图形基本全部重合, 故可以知道支座沉降对支座反力的影响不大。不同沉降情况支座反力对比图如图 5 所示。不同沉降情况时的支座反力如表 1 所示。

从上面的分析中可以得出, 各种沉降情况对内力, 位移, 应力的影响大小不同, 而对支座反力的影响并不大。而当右边跨支座沉降的时候, 产生了所有情况中最大的负弯矩, 变形位移和压应力, 所有得出

对于本桥梁模型最不利的沉降状况为右边跨支座沉降。

出，当沉降量越大的时候，模型的位移变化越明显，变形位移越大，最大位移仍在 75 号单元处。

5.2 最不利情况在不同沉降量时对结构的影响

从上一节中已经得出对桥梁结构影响最不利的沉降状况为右边跨支座沉降的时候，下面在这种情况下更改沉降的程度，分别加 0cm, 2cm, 4cm, 6cm 的沉降量，比较当沉降量增加的时候，桥梁的内力，位移，应力和支座反力变化情况。

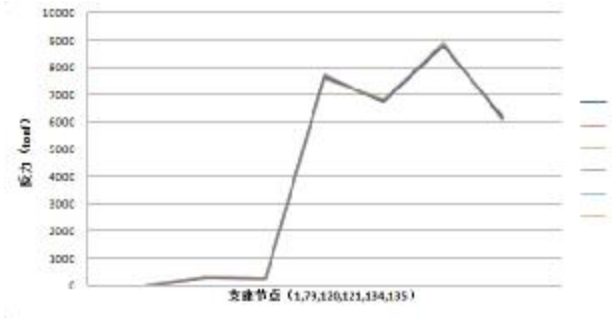


图 5. 不同沉降情况支座反力对比图

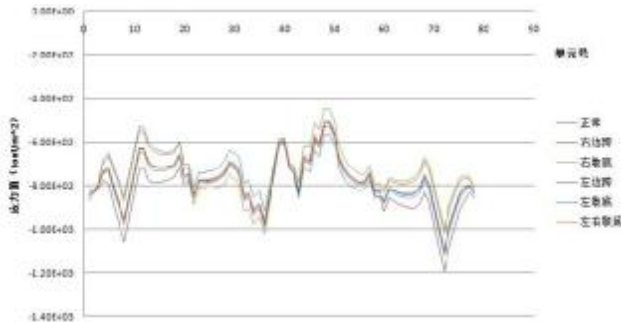


图 4. 不同沉降情况应力对比图

5.2.2 梁单元内力

如图 7 所示，同样可以看出因为是右边跨支座沉降，所以右边跨内力变化很明显，而左边跨基本没有变化，右墩顶负弯矩比左墩顶负弯矩大了很多，最大负弯矩出现在右墩顶 60 号单元处，且随着沉降量的增加，弯矩也随之增大，最大负弯矩在不同沉降量时候的值依次为 -13600.2tonf.m， -15376.5tonf.m， -17152.9tonf.m， -18929.2tonf.m，沉降量每增加 2cm，最大负弯矩的增幅为 13%，11.5%，10.3%。

5.2.1 变形位移

因为是右边跨支座沉降，所以右边跨位移变化非常明显，而左边跨基本没有影响，从对比图 6 中可以看

5.2.3 应力

如图 8 所示，和位移，内力一样，右边跨应力变化很明显，且随着沉降量的增加应力也增加，且仍在 72 号单元处取得最大压应力值。

表 1. 不同沉降情况时的支座反力

节点	正常	右边跨	右墩底	左边跨	左墩底	左右墩底
1	285.8716	287.8236	280.4677	247.9023	327.2917	321.8877
79	237.8219	209.048	270.9137	239.7739	231.5489	264.6406
120	7669.972	7676.872	7613.418	7758.674	7630.922	7574.368
121	6764.606	6751.433	6851.373	6717.324	6738.294	6825.06
134	8837.285	8755.404	8860.784	8788.404	8944.548	8968.047
135	6169.729	6284.702	6088.328	6213.207	6092.679	6011.278

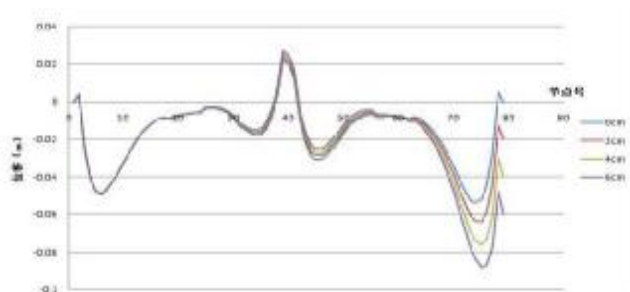


图 6. 右边跨支座沉降量不同时的变形位移对比图

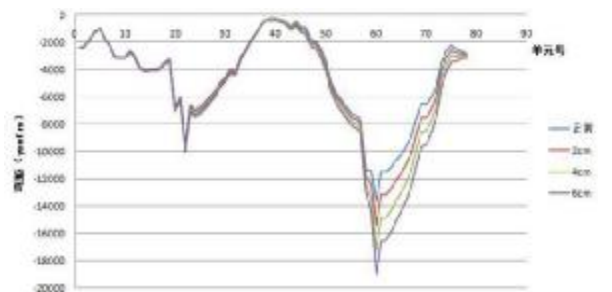


图 7. 右边跨支座沉降量不同时的梁单元内力对比图

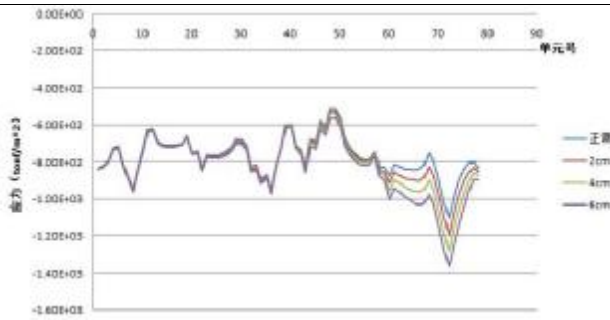


图 8. 右边跨支座不同沉降量时应力对比图

5.2.4 支座反力

从表 2 中可以看出, 左边跨支座(节点 1)、两墩底支座(节点 120、121、134、135)处反力随沉降量的增加呈轻微的增加趋势, 右边跨支座(节点 79)随沉降量的增加呈减小趋势。但变化不是很大, 所以仍可得出沉降对支座反力影响不大的结论。

表 2. 右边跨沉降量不同时各支座的反力对比

节点	正常	2cm	4cm	6cm
1	285.8716	287.8236	289.7756	291.7275
79	237.8219	209.048	180.2741	151.5034
120	7669.972	7676.872	7683.772	7690.672
121	6764.606	6751.433	6738.36	6725.086
134	8837.285	8755.404	8673.523	8591.642
135	6169.729	6284.702	6399.675	6514.648

从上面右边支座的沉降量变化时内力, 位移, 应力的分析, 可以得出梁单元内力、变形位移、应力均随着沉降量的增加而增大, 且产生最大值得位置都一样, 沉降对支座的反力影响仍然不大。

6 结论及展望

6.1 结论

本文以位于保山(大官市)一龙陵(龙卡山)高速公路 6 合同登高段处 T 形刚构桥结构为工程背景, 运用 MIDAS 软件研究了地基基础不均匀沉降对上部结构内力, 变形, 应力以及支座的沉降的影响。最后得出以下结论:

1) 各种沉降情况对内力, 位移, 应力的影响大小不同, 而对支座的反力影响并不大。当左边跨支座的沉降的时候对左边跨影响很大, 而右边跨基本不受影响, 同理右边跨支座的沉降的时候, 对右边跨影响很大, 左边跨基本不受影响, 当两边墩底支座的沉降

的时候整个桥面的位移变形都很明显。而当右边跨支座的沉降的时候, 产生了所有情况中最大的负弯矩, 变形位移和压应力, 所以得出对于本桥梁模型最不利的沉降状况为右边跨支座的沉降。

2) 在对右边跨支座的沉降量不同的时候, 梁单元内力、变形位移、应力均随着沉降量的增加而增大, 且产生最大值的位置都一样, 沉降对支座的反力的影响仍然不大。

6.2 展望

由于时间和本人的研究水平限制, 本文只就基础不均匀沉降对连续刚构桥的梁单元内力, 变形, 应力及支座的反力影响做了简单研究, 只取得了初步结论, 在今后的学习和实践中还需进一步分析, 下一步的研究工作重点主要集中在以下几点:

1) 对基础不均匀沉降状况的模拟应该建立全面的实体模型, 并取得所关心数据的实测值, 将数值模拟结果与实测结果对比分析, 掌握更贴近实际的基础不均匀沉降对连续梁桥结构力学性能的影响规律;

2) 梁体内预应力筋的工作状况会随着上部结构内力及变形的变化而发生改变, 预应力筋工作状态的改变又必然影响着桥梁结构的整体工作状态, 所以基础不均匀沉降对梁体内预应力筋工作状况的影响情况应该成为下一步工作的重点;

3) 基础不均匀沉降对不同梁截面、不同跨径组合及不同曲率半径的连续梁桥结构力学性能的影响情况会有差异, 所以在下一步的工作中, 应该将这些因素也考虑进去, 加深问题研究深度, 丰富研究内容, 进一步提高论文的研究价值;

4) 加强对基础不均匀沉降实时监测系统的研究、应用工作, 努力将基础不均匀沉降造成的桥梁事故防患于未然。

References (参考文献)

- [1] 张修身, 张健. 地基不均匀沉降的加固处理[J]. 重庆建筑大学学报, 2007, 29(2): 141-143.
- [2] 胡志鹏, 谢铠泽, 朱浩, 王平. 高墩大跨桥梁桥墩沉降对桥上无缝线路的影响[J]. 铁路标准设计, 2013, (10): 23-30.
- [3] 陈志. 桥梁混凝土裂缝的主要成因及控制研究[J]. 中国西部科技, 2009, 08(12): 29-30.
- [4] 胡志伟. 引起桥梁裂缝的几种地基不均匀沉降的原因分析[J]. 安徽建筑, 2010, (2): 132-133.
- [5] 黄纳新. 连续刚架桩基础的不均匀沉降特性分析[J]. 铁路勘测与设计, 2002, (3): 18-20, 27.
- [6] 杨勇, 吕国栋, 王洪志, 王天. 浅谈既有桥梁基础不均匀沉降实时监测系统的开发[J]. 甘肃科技, 2013, 29(9): 104-106.

-
- [7] 宋国华, 高芒芒, 黎国清. 桥梁墩台不均匀沉降时的车桥垂向系统耦合振动分析[J]. 中国铁道科学, 2010, 31(2): 29-33.
- [8] 吴胜发, 孙作玉. 地基不均匀沉降对上部结构内力和变形的影响[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2005, 4(3): 261-266.
- [9] 崔林, 周伟. 浅谈桥梁裂缝产生的主要原因[J]. 科技咨询导报, 2007, (18): 61.
- [10] 郑冠, 李玮. 路基不均匀沉降的研究[J]. 科技致富向导, 2011, (05): 267-268.
- [11] 李强. 预应力混凝土连续刚构桥的发展及存在的问题[J]. 交通标准化, 2009, (206): 9-11.
- [12] 杨超. 基础沉降对桥梁结构的影响与裂缝控制[D]. 安徽: 合肥工业大学, 2012.
- [13] 杨勇. 基础不均匀沉降对连续梁桥结构力学性能的影响研究[D]. 甘肃: 兰州交通大学, 2013.
- [14] 邢积坡. 大跨度 PC 连续刚构桥若干关键问题研究[D]. 甘肃: 兰州交通大学, 2013.
- [15] 魏锋. 多跨连续刚构次内力分析及研究[D]. 陕西: 长安大学, 2009.
- [16] 刘滨锐. 连续刚构桥常见病害分析及防治措施[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2012.
- [17] David J. White, Mohamed M. Mekkawy, Sri Sritharan, Muhanad T. Suleiman. "Underlying" Causes for Settlement of Bridge Approach Pavement Systems[J] JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES, 2007(21): 273-282.
- [18] Marek Salamak. TYPICAL DAMAGES AND PROTECTIONS OF CONCRETE BRIDGES LOCATED ON AREAS WITH GROUND DEFORMATIONS[J] 7th Central European Congress on Concrete Engineering, 2011, (09): 323-326.