

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.10.061

基于 DGR 技术处治桥头跳车沉降预测研究

孙 董, 谷 健

(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610081)

摘 要: 宁波属于沿海地区, 由于沿海地区软土地基分布广泛且自身承载力不足, 随着公路交通量的日益增长, 桥头跳车现象越来越普遍。因此, 解决桥头跳车病害成为当下紧急而又迫切的重要任务。通过研究桥头跳车机理, 对运营期公路采用 DGR 技术, 根据后续实测数据进行拟合, 与双曲线模型与指数曲线模型拟合进行比较, 通过适宜的曲线模型预测 DGR 技术处治桥头跳车下的沉降来验证 DGR 技术在桥头跳车病害处治上的效果以及预测最终沉降量。研究表明, 通过 DGR 技术处治桥头跳车具有较好的效果且曲线模型能较好地预测实际沉降量。

关键词: 软土地基; 桥头跳车; 沉降差; 不均匀沉降

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)10-0246-03

0 引 言

运营期国省道往往交通量较大, 由于桥台路基处刚性及柔性沉降不均, 易产生沉降差导致桥头跳车现象产生, 因此现通过宁波地区的一座桥头过渡段处采用 DGR 技术(深层注浆加固抬升技术(Deep Grouting Reinforcement, 以下简称 DGR))^[1],

DGR 技术对于处治运营期公路的桥头跳车效果非常好, 吴承霞^[2]通过运用 DGR 技术治理软基研究表明, 治理后的软基承载力得到了一定的提升及沉降量得到相应控制。深层注浆技术后的土层形成一层帷幕, 阻止水的侵蚀, 同时浆液与土体形成整体地基, 承载力得到大幅提升, 具有较高的稳定性^[3-5]。

现通过宁波镇海区 K178+928 处洪家桥采用 DGR 技术来进行桥头跳车处治后的沉降预测研究。

1 DGR 技术理论与应用

宁波市镇海区的 G329 国道上 K178+928 洪家桥, 其桥头过渡段现场运用 DGR 技术, 如图 1 所示。

通过浆液的渗透、压密、填充, 与土体缓和后, 浆液凝固后, 与土体一起成为有效的整体组合, 土体的整体性与承载力得到提高, 且密实性较高, 有效地防止地下水的侵蚀, 经过固结后, 最终形成强度高、稳定性好、刚度大的复合地基, 能够有效地减少路基沉降^[6-9]。

DGR 技术可以在公路运营期间, 避免公路大幅



图 1 DGR 工艺现场注浆之实景

开挖, 周期短、见效快、实用性较高。

2 DGR 技术曲线拟合法模型分析

路基沉降预测有各种各样的方法, 现采用常用的双曲线模型和指数曲线模型^[10], 通过相应的模型公式, 结合现场沉降数据代入后获得相应参数经过公式进行沉降预测(见表 1)。

表 1 曲线模型表

曲线模型	模型公式	原理
双曲线模型	$S_t = S_0 + \frac{t-t_0}{a+b(t-t_0)}$ 式中: S_t 为 t 时刻的沉降量; S_0 为预压期中任意时刻 t_0 对应的沉降量; a、b 为通过观测值求出的系数, 化为直线时的截距与斜率。且当 $t \rightarrow \infty$ 时, 最终沉降量为 $S_\infty = S_0 + \frac{1}{b}$	软土路基呈现双曲线下沉趋势
指数曲线模型	$S_t = S_0 + a \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{b}} \right)$ 对实测沉降曲线上的点进行线性拟合, 得到 $y = A + Bt_m$ 并利用 $A = \ln \frac{a}{b} + \frac{t_0}{b}$, $B = -\frac{1}{b}$, 求出 a 和 b 的值。且当 $t \rightarrow \infty$ 时, 最终沉降量为 $S_\infty = S_0 + a$	在软土地基稳定后呈现指数曲线趋势

收稿日期: 2022-11-25

作者简介: 孙董(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事道路桥梁的勘察设计及研究工作。

对于检测曲线模型预测沉降的正确性,可引用相关系数来验证:

$$R^2=1-\frac{\sum_{i=1}^n(y_i-y_i')^2}{\sum_{i=1}^n(y_i-y_0)^2}$$

(1)

式中: y_i 为实测沉降值; y_0 为实测沉降平均值; y_i' 为计算沉降值。 R^2 称为标准差,用来衡量所配的曲线与沉降观测值拟合的好坏,它的平方根 R 称为相关系数。 R^2 和 R 愈大(愈接近1),则表明曲线回归效果愈好^[1]。

3 DGR 技术沉降曲线模型预测

位于镇海区国道 G329K178+928 处洪家桥现状为四幅路,断面如图 2 所示。

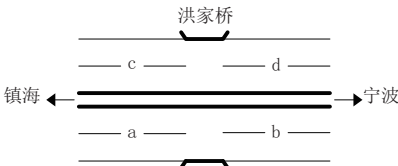
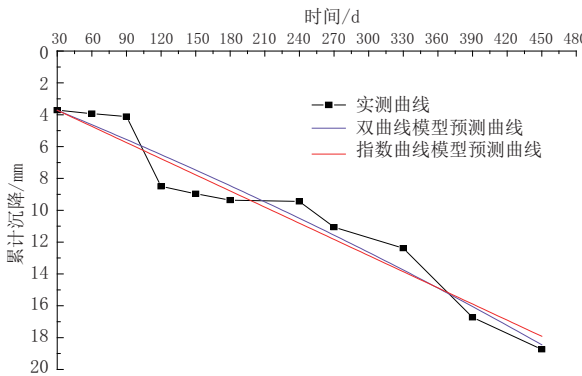
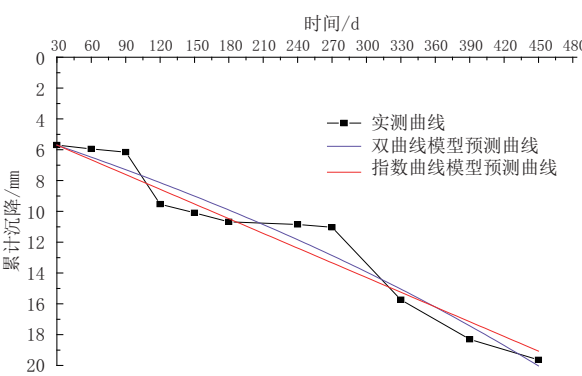


图 2 洪家桥各断面位置图

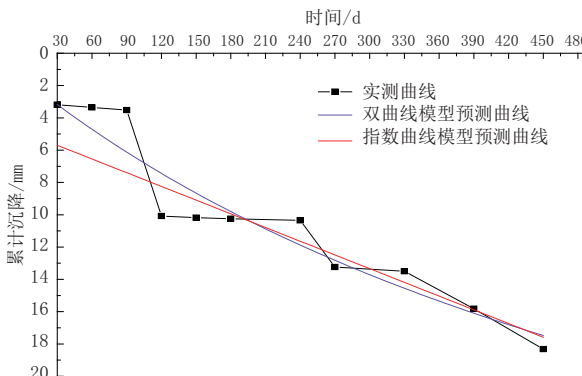
在进行 DGR 技术处治后,通过对现状后续的沉降数据实测得到实测沉降曲线,同时对道路中心沉降数据通过指数曲线模型和双曲线模型拟合断面 a、b、c、d 的沉降曲线,如图 3 所示。



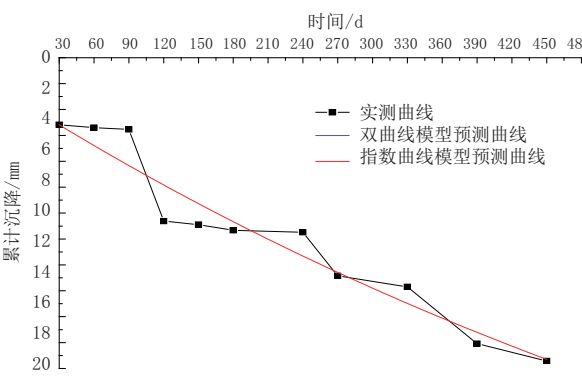
(a) a 断面沉降曲线图



(b) b 断面沉降曲线图



(c) c 断面沉降曲线图



(d) d 断面沉降曲线图

图 3 洪家桥断面沉降预测曲线图

经双曲线模型、指数曲线模型计算,通过拟合方程计算,同时算出相关系数,具体计算结果如表 2、表 3 所列。

表 2 洪家桥各断面双曲线模型相关参数及方程一览表

断面	A	B	S ₀	t ₀	拟合方程	相关系数
a	33.37	-0.01	3.72	30	$y=3.72+(x-30)/(33.37-0.01\times(x-30))$	0.94
b	39.10	-0.02	5.7	30	$y=5.7+(x-30)/(39.10-0.02\times(x-30))$	0.95
c	18.90	0.02	3.18	30	$y=3.18+(x-30)/(18.90-0.02\times(x-30))$	0.90
d	18.24	0.01	5.18	30	$y=5.18+(x-30)/(18.24-0.01\times(x-30))$	0.93

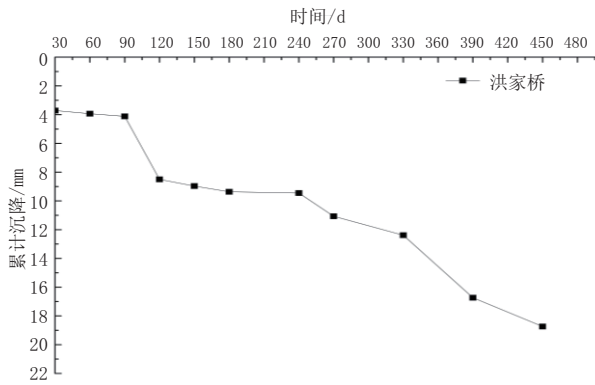
表 3 洪家桥各断面指数曲线模型相关参数及方程一览表

断面	A	B	S ₀	t ₀	拟合方程	相关系数
a	4.7E6	1.4E8	3.72	30	$y=3.72+4.7E6\times(1-\exp(30-x)/1.4E8)$	0.94
b	1.9E8	6.0E9	5.7	30	$y=5.7+1.9E8\times(1-\exp(30-x)/6.0E9)$	0.93
c	24.2	471.4	3.18	30	$y=3.18+24.2\times(1-\exp(30-x)/471.4)$	0.90
d	47.6	876.3	5.18	30	$y=5.18+47.6\times(1-\exp(30-x)/876.3)$	0.93

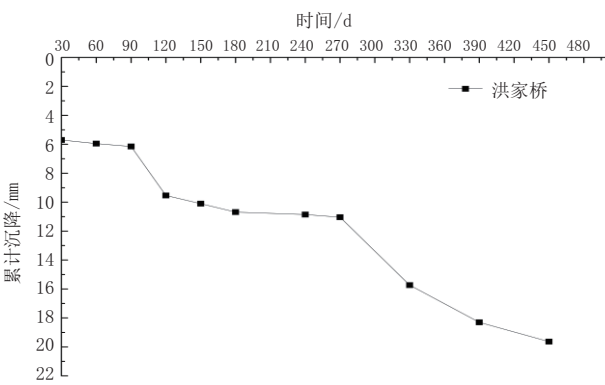
通过计算结果可知,指数曲线模型或者双曲线模型拟合方程相关系数均大于 0.9,计算结果表明这两种曲线模型均适合拟合洪家桥路桥过渡段沉降预测。

4 桥头断面沉降发展规律分析

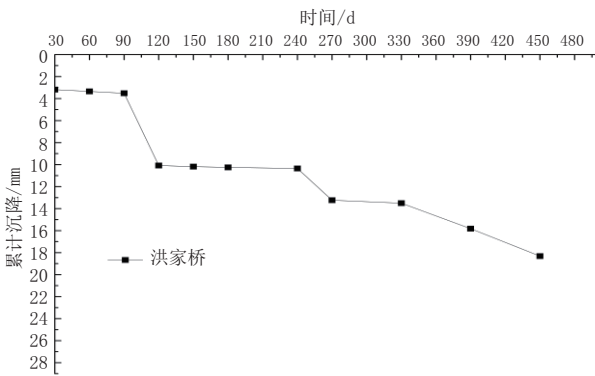
洪家桥在经过 DGR 技术处治路桥过渡段后,经过后续时间的沉降数据实测,得出所经时间与沉降关系实测关系,如图 4 所示。



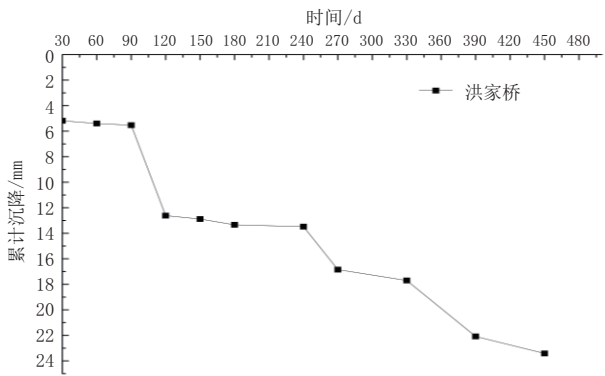
(a)a 断面沉降曲线图



(b)b 断面沉降曲线图



(c)c 断面沉降曲线图



(d)d 断面沉降曲线图

图 4 桥头断面时间沉降关系图

值,洪家桥桥头预测的最终沉降量如表 4 所列。

表 4 洪家桥桥头预测最终沉降量一览表

断面	双曲线模型预测曲线		指数曲线模型预测曲线	
	相关系数	最终沉降量 / mm	相关系数	最终沉降量 / mm
a	0.94	100	0.94	4.7E6
b	0.95	50	0.93	1.9E8
c	0.90	50	0.90	27.4
d	0.93	100	0.93	52.8

从表 4 可知,双曲线模型及指数曲线模型预测沉降结果差异较大,a 和 b 断面的指数曲线模型预测结果明显不符合实际情况,相对来说运用双曲线模型预测沉降更为合适,经双曲线模型预测最终沉降

通过以上各桥头断面时间沉降关系图可知,各断面沉降曲线大致相同有些许差异,总趋势大概一致,在 90~120 d 时间段里沉降速度较快,后续沉降逐渐稳定,在 450 d 处最大累计沉降各断面为 18 ~ 24 mm 之间,总体来说沉降较小,处治效果较好。

5 DGR 方法预测沉降分析

通过前述计算参数代入双曲线模型及指数曲线模型,可得洪家桥在 DGR 技术处治下的最终沉降量

为 50~100 mm。

指数曲线模型预测最终沉降不合适可能由于在 DGR 技术处治后投入运营期时,刚开始的沉降还未稳定,以及监测点较少导致。

6 结 论

通过对洪家桥路桥过渡段采用 DGR 技术处治后,对后续沉降采用双曲线模型及指数曲线模型进行沉降预测研究,得出以下结论:

- (1)DGR 技术处治桥头跳车病害,从实测沉降数据来看治理效果较好。
- (2)洪家桥桥头的实测曲线拟合与双曲线模型、指数曲线模型拟合相关系数较高。

(下转第 264 页)

缩弹性密封垫并产生一定位移。具有差异性的顶力势必造成管片间的相对错动,从而形成了错台,如图1所示。

采用该方法得到的错台数据如表2所列及图9所示。

表2 所测管片的总体错台大小一览表

时间	测点号		
	745	746	747
2 小时	1.995	0.435	1.470
4 小时	3.260	1.845	1.120
6 小时	3.285	3.845	1.680
8 小时	4.250	7.905	4.270
10 小时	6.260	10.565	5.570
12 小时	8.990	11.855	8.250
14 小时	9.480	12.245	9.220

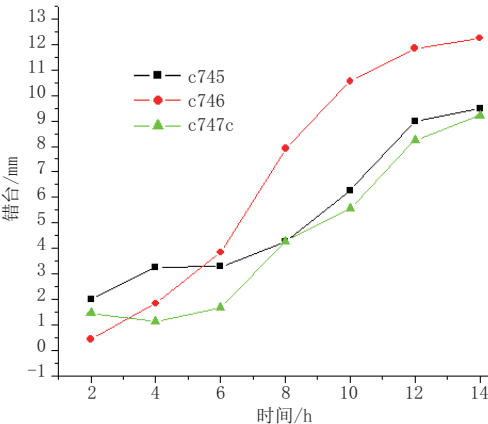


图9 管片错台随时间的变化图

从上述图表中可以清楚地看出管片错台随时间逐渐增大,在持续增大一段时间后,又趋于稳定。

4 结 语

所介绍的百分表—角钢片测距法针对盾构隧道通缝拼装管片的错台问题,测量的数据能够真实地反映管片的发生和发展规律。而且具有器材简单和易操作等优点,为错台的研究开创性地提出了一种测试的方法。这对错台的深入研究具有深远的实践意义。同时也为施工监测提供了一种行之有效的方法。

尽管该测试方法在设计上考虑了诸多施工现场的不利因素,但是也存在一些不足之处。虽然已经在测点的布设位置和仪器的选型上做了许多改进,但是仍存在有测点较易被损坏等问题。这就有待我们今后的进一步研究,以完备该管片错台的测试。

参考文献:

[1] 程晓,盾构施工技术[M].上海:上海科学技术文献出版社,1990.
[2] 施仲衡,地下铁道设计与施工[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.
[3] 刘建航,侯学渊,盾构法隧道[M].北京:中国铁道出版社,1991.
[4] 秦建设等,盾构姿态控制引起管片错台及开裂问题研究[J].施工技术,2004,33(10):25-27.
[5] 朱世友,国内地铁盾构区间隧道管片结构设计的现状与发展[J].现代隧道技术,2002,39(6):23-28.
[6] 沈征难,盾构掘进过程中隧道管片上浮原因分析及控制[J].现代隧道技术,2004,41(6):51-56.
[7] 张强,盾构隧道通缝拼装管片的上浮和错台研究[D].上海:上海交通大学硕士学位论文,2007.

(上接第248页)

(3)对于路桥过渡段的后续沉降预测,双曲线模型相比指数曲线模型更适合。

(4)根据沉降预测,洪家桥桥头的最终沉降量为50~100 mm。

参考文献:

[1] 柏鲁甬.DGR技术在桥头跳车处治中的应用研究[J].公路交通科技(应用技术版),2017(5):266-268.
[2] 吴承霞,姬同庚,许红.压力注浆处治公路软基技术的试验研究与应用[J].路基工程,2005(5):48-53.
[3] 刘文永.注浆材料与施工工艺[M].北京:中国建材工业出版社,2008.
[4] 周德泉,杨帆,周毅.路基病害处治技术与应用[J].中外公路,2010,30(6):17-21.

[5] 成尚锋,黎剑华.高填方桥台病害分析及钢管注浆技术应用[J].南昌工程学院学报,2007,26(1):26-29.
[6] 曹强凤.注浆技术在公路路面基层加固中的研究与应用[D].浙江:浙江大学,2013.
[7] 吴顺义,金爱兵,高永涛.袖阀管注浆技术改性土体研究及效果评价[J].岩土工程,2007,28(7):1353-1359.
[8] 蔡宏庆.路基注浆加固方案的实施[J].公路与汽运,2004(6):46-48.
[9] 李博.注浆加固技术在桥头跳车病害防治的应用[D].西南交通大学,2005.
[10] Asaoka A. Observational procedure of settlement predication[J].Soil and Foundations, 1978, 18(4): 87-101.
[11] 孙董.宁波地区运营国道软土地基桥头跳车处治技术研究[D].西安:长安大学,2017.