doi:10.16018/j.cnki.cn32 - 1650/n.201703013

简支转连续梁桥单(双)支座脱空受力分析

郭元凯,付佳飞

(长安大学 公路学院,陕西 西安 710000)

摘要:针对先简支后连续梁桥经常出现的支座脱空现象,利用大型桥梁专用有限元软件分别模 拟单支座和双支座两种支承形式下不同支座脱空位置,分析支座脱空后桥梁支座反力的变化规 律及支座脱空对桥梁内力的影响。研究结果表明,边支座脱空较中支座脱空对相邻支座影响 大;在恒载作用下支座脱空导致相邻主梁墩顶负弯矩增大,在活载作用下主梁内力变化较小。 关键词:先简支后连续;单支座;双支座;支座脱空

中图分类号:U448.36 文献标识码:A 文章编号:1671-5322(2017)03-0064-05

先简支后连续梁桥作为一种特殊的结构形 式,继承了简支梁桥和连续梁桥的双重优点,具有 造价低、整体性好、工期短、行车舒适等特性,从而 在工程上得到广泛应用^[1]。先简支后连续梁桥 按墩顶的支座个数分为单支座和双支座两种结构 形式。在桥梁结构中,支座起着传递上部荷载和 提供主梁变形条件的作用。近年来,橡胶支座以 其结构简单、造价低廉、施工方便、养护工作量少 等优点而成为公路桥梁中最常用的桥梁支座形 式,但橡胶支座常由于施工、运营维护不当等原因 产生局部脱空、完全脱空、异常变形、开裂等病害 现象。支座的破坏将直接导致桥梁上部结构受力 状况发生变化,对于预制装配施工而成的连续梁 桥,将引起各主梁内力分布产生变化、支座反力发 生突变,情况严重者会威胁桥梁结构的安全,因此 对支座脱空的研究有着非常重要的意义[2-5]。

1 工程概况及计算模型

以陕西省某运营连续梁桥为研究对象,该桥 设计安全等级一级,荷载等级采用公路 – I级,主 桥跨径组合为(3×30m),上部构造采用后张法 预应力混凝土小箱梁,梁高160 cm,横桥向放置4 片主梁,桥面宽度12.65m,斜交角0°,桥跨纵向 设置3 道横隔板。主梁采用C50 混凝土浇筑而 成,桥面板上设置8 cm厚C40 混凝土现浇层、防 水层及10 cm厚沥青铺装层。桥梁跨中横断面布 置如图1 所示。

为了探究支座脱空对单双支座连续梁桥结构 性能的影响,利用桥梁工程有限元软件 Midas Civil进行受力分析。全桥共有417个节点,603



基金项目:陕西省交通运输厅科研项目(13-25K)

作者简介:郭元凯(1990—),男,河南平顶山人,硕士生,主要研究方向为桥梁结构计算。

个梁单元,橡胶支座采用"节点弹性支承"简化模 拟,横向分布按梁格法理论进行计算。图2为桥 梁有限元计算模型。



图 2 有限元模型 Fig. 2 Finite element model

1.1 支座布置形式

单排支座结构形式:全联沿纵向共设置4排 支座,编号分别为A、B、C、D,每排横向有4个支 座,由左至右依次编号,如A1、A2、A3、A4。

双排支座结构形式:全联沿纵向共设置6排 支座,编号分别为A、B、C、D、E、F,每排横向有4 个支座,由左至右依次编号,如A1、A2、A3、A4。

1.2 边界条件及脱空模拟方法

在模型中采用节点弹性支撑来模拟边界条件,通过调节支座处的竖向(z向)弹性支撑刚度 来模拟支座脱空。

1.3 荷载工况

考虑以下两种荷载工况分析桥梁支座脱空对 上部结构的影响:

①考虑恒载作用,自重+二期;

②考虑活载作用和汽车偏载荷载工况。

2 单支座梁桥支座脱空分析

由于主梁横桥向对称,取 A1、A2、B1、B2 四 个支座分别进行脱空模拟。

2.1 支座脱空对桥梁支座反力分布的影响

采用单因素分析法,分别分析支座失效前、 A1 支座失效、A2 支座生效各支座反力的变化,如 表1、表2所示。

		Table 1 The re	verse force of	straddling suppo	rt	单位:kN
士庫		工况 1			工况 2	
又座		A1 失效			A2 失效	
编号	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
A1	684.50	1.00	0.00	684.50	992.40	1.45
A2	699.50	1809.40	2.59	699.50	0.30	0.00
A3	699.50	404.30	0.58	699.50	1171.90	1.68
A4	684.50	551.00	0.80	684.50	602.60	0.88
B1	1488.70	1543.30	1.04	1488.70	1485.50	1.00
B2	1511.80	1508.90	1.00	1511.80	1515.00	1.00
B3	1511.90	1498.30	0.99	1511.90	1515.40	1.00
B4	1488.70	1458.10	0.98	1488.70	1487.30	1.00

表1 边跨支座脱空支点反力

表 2 中跨支座脱空支点反力

Table 2 The reverse force of straddling suppor
--

单位:kN

		+ C.W				
士应		工况 1			工况 2	
又座		B1 失效			B2 失效	
细亏	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
A1	684.50	756.50	1.11	684.50	683.20	1.00
A2	699.50	684.40	0.98	699.50	704.40	1.01
A3	699.50	692.90	0.99	699.50	704.90	1.01
A4	684.50	644.20	0.94	684.50	678.70	0.99
B1	1488.70	1.30	0.00	1488.70	2191.60	1.47
B2	1511.80	3677.80	2.43	1511.80	0.40	0.00
B3	1511.90	1267.10	0.84	1511.90	2391.20	1.58
B4	1488.70	1028.40	0.69	1488.70	1409.20	0.95

由表1、表2可知:

(1)支座脱空对同一桥墩上的支反力影响较

大,而对其它桥墩上的各支座反力影响较小; (2)当边跨边支座脱空失效时,如 A1,其相

畄位.kN・m

邻支座的反力将增大,最大值可达原来的2.59 倍,而同一桥墩上其它支座反力减小,即支座受力 不均匀;

(3)当边跨中支座脱空失效时,如 A2,其相 邻支座反力将增大,最大值可达原来的1.68 倍;

(4)当中跨边支座脱空失效时,如B1,其相邻 支座反力将增大,最大值可达原来的2.43倍,同 桥墩上其它支座的反力减小;

(5)当中跨中支座脱空失效时,如B2,其相邻

支座反力将增大,最大值可达原来的1.58倍。

以上分析表明,边支座相对于中支座脱空是 更危险的,只有支座承压安全系数大于2.59时才 能保证边支座脱空后相邻支座满足承压验算要求。

2.2 支座脱空对主梁内力的影响

由于支座脱空对主梁受力的影响主要集中在 脱空支座附近,表3、表4只列出了两种工况下中 墩墩顶即 B 排支座脱空前后相应位置的负弯矩 及其比值。

	表 3 B1 失效时支座脱空支点负弯矩对比
Table 3	Negative hending moment contrast of support disengaging fulcrum

-	usie s riegui	e senang mome		support usengu	BB. 10101 0111	
支座		工况 1			工况 2	
编号	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
B1	-1 446.60	- 607.50	0.42	-1 686.20	-1 686.00	1.00
B2	-1 439.50	-2 127.60	1.48	-1 423.80	-1 423.70	1.00
B3	-1 439.50	-1 473.10	1.02	-1 303.70	-1 306.80	1.00
B4	-1 446.60	-1 270.00	0.88	-911.30	-911.30	1.00

表 4 B2 失效时支座脱空支点负弯矩对比

Table 4	Negative bending moment	t contrast of support disengaging fulcrum	単位:kN・n

支座		工况 1			工况 2	
编号	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
B1	-1 446.60	-1 655.40	1.14	-1 686.20	-1 686.30	1.00
B2	-1 439.50	- 855.20	0.59	-1 423.80	-1 423.70	1.00
B3	-1 439.50	-1 664.80	1.16	-1 303.70	-1 303.70	1.00
B4	-1 446.60	-1 472.30	1.02	-911.30	-911.30	1.00

由表3、表4可以清晰得出如下结论:

(1)在工况1即恒载作用下,支座脱空时,边 支座脱空较中支座变化明显,脱空处主梁的负弯 矩减小,而其相邻的主梁在该位置处弯矩增大;

(2)在工况2即活载作用下,支座脱空时,脱 空处主梁的负弯矩基本不变,而其相邻的主梁在 该位置处的负弯矩也无明显变化。

3 双支座梁桥脱空分析

由于主梁横桥向对称,全桥取 A1、A2、B1、B2 四个支座分别脱空模拟,再考虑桥墩纵向偏位,一 侧支座全部脱空的极端工况。

3.1 支座脱空对桥梁支座反力的影响

采用单因素分析法,分别分析支座失效前、 A1 支座失效、A2 支座生效各支座反力的变化,如 表5、表6所示。桥墩纵向偏位单排支座全失效 时墩顶支座处的反力变化如图3所示。

由表5、表6可知:



Fig. 3 Support reaction of bridge pier deflection

(1)当边跨边支座脱空失效时,如 A1,其相 邻支座反力将增大,最大值可达原来的 2.52 倍;

(2)当边跨中支座脱空失效时,如A2,其相 邻支座反力将增大,最大值可达原来的1.68倍;

(3)当中跨边支座脱空失效时,如B1,其相邻 支座反力将增大,最大值可达原来的2.27倍;

		Table 5The result	everse force of	straddling sup	port	单位:kN	
士应		工况 1			工况 2		
又座		A1 失效			A2 失效		
编亏	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值	
A1	680.70	1.00	0.00	680.70	986.50	1.45	
A2	695.70	1797.50	2.52	695.70	0.30	0.00	
A3	695.70	402.20	0.58	695.70	1165.30	1.68	
A4	680.70	547.90	0.80	680.70	599.20	0.88	
B1	904.10	977.00	1.08	904.10	905.20	1.00	
B2	917.80	934.20	1.02	917.80	923.20	1.01	
B3	917.80	913.00	0.99	917.80	924.30	1.01	
B4	904.10	874.30	0.97	904.10	906.30	1.00	
C1	586.60	572.10	0.98	586.60	581.80	0.99	
C2	600.60	574.90	0.96	600.60	598.90	1.00	
C3	600.60	594.10	0.99	600.60	598.10	1.00	
C4	586.60	586.20	1.00	586.60	582.50	0.99	

表 5 边跨支座脱空支点反力

首 合・トN

中跨支座脱空支点反力 表 6

The reverse force of straddling s

Tabla 6

	Table 0 The reverse force of straduling support + [1]; kit					
士庫		工况 1			工况 2	
又座		B1 失效			B2 失效	
编兮	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
A1	680.70	696.90	1.02	680.70	683.60	1.00
A2	695.70	696.50	1.00	695.70	699.10	1.00
A3	695.70	697.40	1.00	695.70	699.90	1.01
A4	680.70	674.10	0.99	680.70	679.90	1.00
B1	904.10	0.20	0.00	904.10	1054.50	1.17
B2	917.80	1106.30	1.21	917.80	0.20	0.00
B3	917.80	912.70	0.99	917.80	1112.0	1.21
B4	904.10	900.40	1.00	904.10	900.60	1.00
C1	586.60	1332.30	2.27	586.60	640.90	1.09
C2	600.60	668.40	1.11	600.60	1060.40	1.77
C3	600.60	546.40	0.91	600.60	709.80	1.18
C4	586.60	555.10	0.95	586.60	543.20	0.93

(4) 当中跨中支座脱空失效时, 如 B2, 其相邻 支座反力将增大,最大值可达原来的1.77倍;

(5)桥墩纵向偏位,中墩双支座处单排支座 全部脱空时,变成类似单排支座受力,支反力变为 脱空前的2.55倍:

由上观之,中墩支座脱空时不仅影响同排相 邻支座的受力,同时也会显著影响邻排对应位置 的支座受力。

3.2 支座脱空对主梁内力的影响

由于支座脱空对主梁受力的影响主要集中在 脱空支座附近,表7、表8只列出了两种工况下中 墩墩顶即 B 排支座脱空前后相应位置的负弯矩 及其比值。

由表7、表8可以清晰看出如下结论:双支座 支座脱空对主梁内力的影响与单支座相似。

4 结语

支座脱空使同排支座反力重新分布,边支座 脱空是相对危险的,只有支座承压安全系数大于 2.59 时才能保证边支座脱空后相邻支座满足承 压验算要求;支座脱空对主梁的受力性能有所影 响,相邻主梁的负弯矩在恒载作用下将增大,在活 载作用下,主梁内力变化很小。

支座脱空后,横隔板的存在使得支座脱空后 支反力的影响范围基本控制在该桥墩上。为了使 横隔板真正实现这个功能,应该定期检测以保证 其可靠联结并具有一定的抗弯刚度和强度。另 外,由于边支座脱空相对中支座脱空对结构的受 力影响较大,实际工程中应注意边支座的脱空失 效检查。

表 7

B1 失效时支座脱空支点负弯矩对比

Table 3	Negative bending	ng moment cont	rast of suppor	t disengaging fulc	rum 单位	kN ∙ m
支座		工况 1			工况 2	
编号	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
B1	-1 180.50	- 784.60	0.66	-2 058.90	-2 053.60	1.00
B2	-1 168.50	- 1187.60	1.02	-1 770.20	-1 774.80	1.00
B3	-1 168.50	- 1189.30	1.02	-1 591.20	-1 591.20	1.00
B4	-1 180.50	- 1182.30	1.00	-1 175.20	-1 175.40	1.00

表 8 B2 失效时支座脱空支点负弯矩对比

Table 4 Negative bending moment contrast of support disengaging fulcrum 单位:kN·m

支座		工况 1			工况 2	
编号	失效前	失效后	比值	失效前	失效后	比值
B1	-1 180.50	-1 191.40	1.01	-2 058.90	-2 058.90	1.00
B2	-1 168.50	- 848.40	0.73	-1 770.20	-1 770.20	1.00
B3	-1 168.50	-1 175.00	1.01	-1 591.20	-1 591.20	1.00
B4	-1 180.50	-1 182.50	1.00	-1 175.20	-1 175.20	1.00

支座脱空后,因横隔板的存在使支座脱空后 支反力的影响范围基本控制在该桥墩上,为了使 横隔板真正实现这个功能,应该定期检测以保证 其可靠联结并具有一定的抗弯刚度和强度;边支 座脱空相对中支座脱空对结构的受力性能影响较 大,实际工程中应注意边支座的脱空失效的检查。

参考文献:

[1] 范立础. 桥梁工程:上册[M].2 版. 北京:人民交通出版社,2014.

- [2] 陈善勤,麻文燕. 简支转连续梁桥特点及单(双)支座受力分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2007,26(S1): 14-17.
- [3] 兰振波,李敏娜.大纵坡、小半径曲线钢箱梁支座脱空处理[J].桥梁建设,2014,44(6):117-121.
- [4] 胡盛华. 支座脱空对装配式简支空心板桥受力性能影响分析及处理措施[J]. 林业建设,2016(2):39-42.
- [5] 熊子君,覃继平,胡帮义,等.基于 Midas 的双曲拱桥有限元分析及承载力评估[J].盐城工学院学报(自然科学版), 2016,29(1):49-54.
- [6] 孙韦. 简支梁在预应力与移动荷载作用下的动力性能分析[J]. 盐城工学院学报(自然科学版),2016,29(1):58-61.

Mechanical Analysis of Single (Double) Support Disengaging of Simply Supported Continuous Girder Bridge

GUO Yuankai, FU Jiafei

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710000, China)

Abstract: In view of the phenomenon of support disengaging often appearing in the simply supported continuous beam bridge, by using special finite element software of large bridge, the disengaging positions of different supports are simulated under two supporting forms such as single support and dual support. The variation law of the reaction force of the bridge support and the influence of the support disengaging on the internal force of the bridge are analyzed. The results show that the effect of the side support on the adjacent support is larger than that of the middle support. Under the action of dead load, the negative bending moment at the abutment of the adjacent main girder is increased because of the disengaging of the support. Under the action of live load, the internal force of the main girder changes little.

Keywords: simply supported-continuous; single prop; dual prop; support disengaging