

在役空心板梁桥裂缝原因调查与结构极限状态验算

叶婷¹ 聂良鹏² 游鹏升²

1 云南省交通科学研究院有限公司 2 云南省交通规划设计研究院有限公司

DOI:10.32629/btr.v2i2.1894

[摘要] 针对在役空心板梁桥裂缝病害,进行专门的现场交通调查,在调查的基础上,对空心板承载能力进行极限状态验算,分析空心板裂缝产生的内外因,为后续的加固处治提供依据。

[关键词] 空心板; 裂缝; 交通调查; 极限状态验算

1 工程概况

某高速公路是《国家高速公路网规划》中重要的一段。该高速下行线,共有桥梁 170 座,除 K136+560 下行线为 1~180m 箱肋拱桥,其余桥梁均为 20m、30m 后张法预应力混凝土宽幅空心板。根据《该路段桥梁养护定期检查报告(2017)》,某路段下行线桥梁技术状况等级状况如图 1 所示,此路段 170 座桥中,1 类桥有 10 座,占桥梁总数的 5.88%; 2 类桥有 60 座,占桥梁总数 35.29%; 3 类桥有 80 座,占桥梁总数 47.06%; 4 类桥有 20 座,占桥梁总数 11.76%。该路段桥梁技术状况评定等级为 3、4 类桥梁占该路段桥梁总数的 58.82%,桥梁病害状况较为严重。

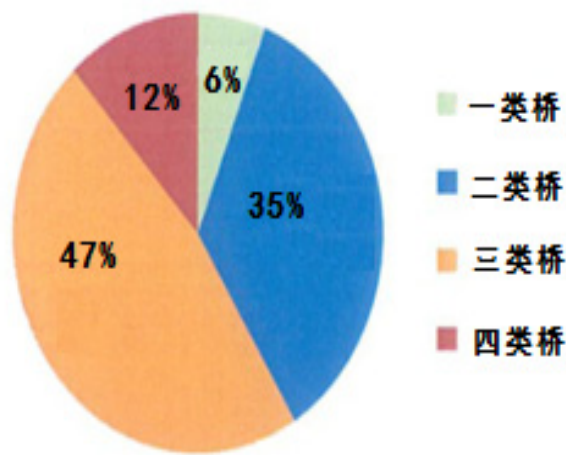


图1 某路段下行线桥梁技术状况等级

2 病害增长趋势

通过统计对比 2014 年、2016 年、2017 年检测报告中梁板裂缝病害情况,下行线桥梁病害增长趋势图如图 2 所示,下行线桥梁病害增长如图 3 所示。该类型空心板主要病害为板端腹板存在大量斜向剪切裂缝;跨中板底存在大量横向弯曲裂缝,并由板底发展延伸至腹板且呈逐年递增趋势,2014~2017 年间,该路段下行线桥梁病害梁板数量比例逐年增大,由 2014 年 0.85% 增长到 2017 年 20%,特别是从 2016 年到 2017 年,桥梁病害发展较快。仅一年时间内,病害梁板数量占总梁板数百分比迅速增长,增长了 13

个百分点。

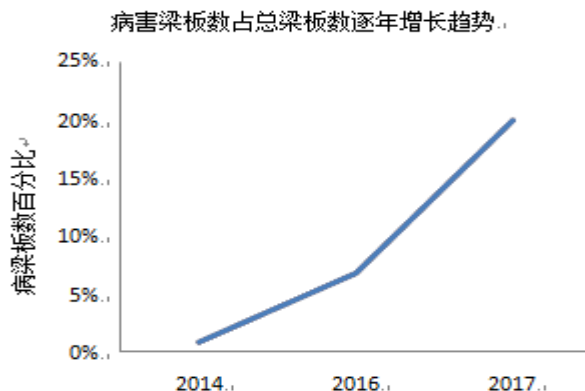


图2 下行线桥梁病害增长趋势图

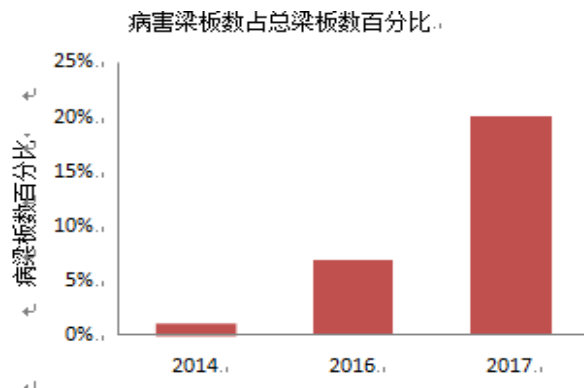


图3 下行线桥梁病害增长柱状图

3 原因调查与分析

3.1 交通量调查与分析

交通量调查是为了获得车辆公路系统的选定点处运动情况的真实数据,了解交通量在时间、空间上的变化和分布规律,为桥梁病害原因分析等提供必要的的数据。本次交通量统计原始数据根据该高速某管理处统计资料,数据如表 1 所示,表中一型:1~7 座(含 7 座)小型客车;二型:7 座以上至 19 座(含 19 座)中型客车和 2 吨以下(含 2 吨)小型货车;三型:20 座以上至 39 座(含 39 座)大型客车和 2 吨以上至 5 吨(含 5 吨)中型货车;四型:40 座以上重型客车和 5 吨以上至 10 吨(含 10 吨)大型货车;五型:10 吨以上至 20 吨(含 20 吨)重型货车。

表1 交通量调查汇总单位(辆)

	一型车	二型车	三型车	四型车	五型车	合计	月平均车流量
2012年1-12月	4052960	114975	318280	38325	168265	4692805	391068
车型比例	86.37%	2.45%	6.78%	0.81%	3.59%	100%	/
2013年1-12月	4575640	137605	381060	39055	213890	5347250	445605
车型比例	85.57%	2.57%	7.13%	0.73%	4.0%	100%	/
2014年1-12月	5012897	141690	333245	29930	254770	5772532	481045
车型比例	86.84%	2.46%	5.77%	0.52%	4.41%	100%	/
2015年1-12月	5611510	152570	334705	28470	330690	6457945	538163
车型比例	86.89%	2.36%	5.19%	0.44%	5.12%	100%	/
2016年1-12月	7800780	162425	392375	55480	457345	8868405	739034
车型比例	87.96%	1.83%	4.42%	0.63%	5.16%	100%	/
2017年1-8月	5954610	105120	293460	43557	411720	6808467	851059
车型比例	87.46%	1.54%	4.31%	0.64%	6.05%	100%	/

上述统计类型按收费车型进行统计,与沥青路面设计交通量车型分类存在一定的偏差。调查根据收集到的各类收费车型年交通量,将高速公路收费车型折算成以小客车为标准车型的年平均日交通量。结合公路收费站五车型分类标准及《公路工程技术标准》(JTJB01-2014)中表3.2各汽车代表车型与车辆折算系数,将收费车型一型车、二型车折算系数近似为1.0;三型车代表折算系数近似为1.5;四型车、五型车折算系数近似为2.5^[1],折算后交通量见表2。

表2 折算后年平均日交通量汇总单位(辆)

年份	年交通总量(辆)	年平均日交通量(辆/d·车道)
2012(1~12)	5161830	7071
2013(1~12)	5917198	8106
2014(1~12)	6366205	8721
2015(1~12)	7164038	9814
2016(1~12)	9833830	12471

上述结果显示,2012年~2017年(1月至8月)每车道日平均车流量由7071增至15695,2017年(1月至8月)交通量是2012年的2.22倍,交通量增长迅猛。从增长趋势可以看出,2012年~2015年增长速率相对较缓,平均增长率为11.6%;2015年~2017年(1月至8月)增长速率相对较快,平均增长率为26.8%。交通量的增长情况与病害的发展情况有一定的相关性,2015年~2017年上半年,交通量的增长率较高,与此同时,桥梁在该段时期内的病害发展也较快。桥梁病害的发展与交通量的增长、车辆荷载的反复作用有关,这样使得桥梁产生一定的疲劳破坏。

3.2 超载车辆分析

高速公路超载车辆不仅造成运输市场秩序的紊乱,而且直接导致公路桥梁严重受损、交通事故高发,给人民群众生命财产安全带来重大威胁。据有关研究表明,车辆超限重量

的增加和其对路面的损害是呈几何倍数增长的,超限10%的货车对道路的损坏会增加40%,一辆超载2倍的车辆行驶一次,对公路的损坏相当于不超限车辆行驶16次。危害最大是桥梁,由于超载车辆大多采取加装钢板弹簧等办法,使车货总量及轴载量大大超过了公路桥梁的设计荷载标准,从而给桥梁使用带来了安全隐患^[2-3]。根据该管理处提供的资料,对2015年~2017年(1月至7月)超55吨重的超载车辆做一个分析,统计如表3所示。

表3 超55吨计重车辆分析单位(辆)

项目	2015年车辆数	2016年车辆数	2017年1-7月车
合计	5018	49561	46727
年交通总量	7164038	9833830	6683349
百分比	0.07%	0.50%	0.70%

由以上分析可知,该高速公路超载情况非常严重,而且超载车辆数量逐年快速上升,从2015年至2016年,超55吨车辆数从5018辆增加到49561辆,超载车辆在短短一年时间内增长了近10倍;2017年1~7月,超55吨车辆数就达到46727辆,接近2016年全年的数量。分析认为,2015年至2017年,该线桥梁病害发展较快与超载车辆的快速增长有很大关系,超载车辆的大幅增长导致荷载效应大于设计承载力,使得该线大范围桥梁产生严重病害。

3.3 桥梁病害增长分析及预测

根据2014年至2017年该高速下行线桥梁病害发展的变化规律,通过曲线拟合,得到桥梁病害预测增长模型,可预测在无效加固处治的条件下,该路段桥梁病害发展程度的趋势。经过拟合后,该高速下行线桥梁病害发展的变化趋势如图4所示。按二项式为 $y=0.037(X-2014)^2-0.051(X-2014)+0.023$ ($R^2=1$)增长;式中: X —年份; R^2 —拟合优度, R 的取值范围是^[1]; y —病害梁板数量占总梁板数百分比。病害发展的预测模型是基于2014年~2017年检测报告数据,通过曲线拟合修正得到和数据最吻合的函数预估病害的发展情况,实际病害的增长模式可能与模型预估会有出入。

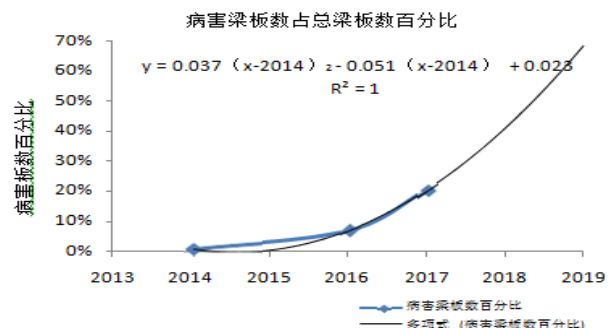


图4 下行线桥梁病害增长预测

通过预测分析模型可以得到,在无效加固处治的条件下,预计到2018年,该高速下行线桥梁病害梁板数量占总梁板

数的比例将达到 41.1%; 到 2019 年, 这个比例将达到 69.3%。按预测模型, 2016 年以后桥梁病害的发展规律按约 20% 的速率增长, 桥梁病害的发展不容乐观, 所以对该路段桥梁病害采取有效的根治措施迫在眉睫。

4 典型病害桥梁宽幅空心板承载力极限状态检算

4.1 典型病害桥梁宽幅空心板概述

下行线桥梁竣工通车时间为 2000 年, 原桥设计荷载等级为汽车—超 20 级、挂车—120, 按 85 规范进行设计。在 17 年的运营期间, 车辆通行量逐日增多, 且超载严重。为满足现有车辆通行荷载, 交通部已经颁布 15 设计规范, 在桥梁检测中, 发现该段桥梁病害情况严重, 主要以空心板底横向裂缝和端头腹板裂缝为主, 拟对该宽幅空心板进行承载力极限状态检算。

4.2 检算依据和检算思路

根据上述交通量调查与分析, 及下行线桥梁病害描述即桥梁技术状况等级为四、五类的桥梁, 急需解决提高现有桥梁荷载等级和加固处治或更换现有严重病害梁板两个问题。根据《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/TJ21-2011) 第 3.1.1 条规定, 技术状况等级为四、五类的桥梁和拟提高荷载等级的桥梁, 应进行承载力检测评定^[4]。故进行问题梁板承载力极限状态检算时, 第一、应考虑按照提载要求, 及 85 规范的汽车荷载等级, 04 规范的汽车荷载等级, 及 15 规范的汽车荷载等级, 分别验算; 第二应考虑各项折减系数, 检算系数, 恶化系数的影响, 进行检算^[5-6]。

4.3 边板理论分析

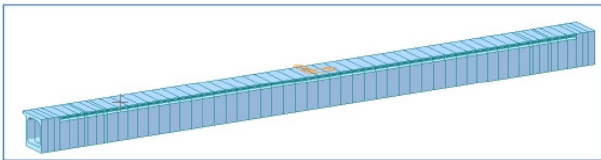


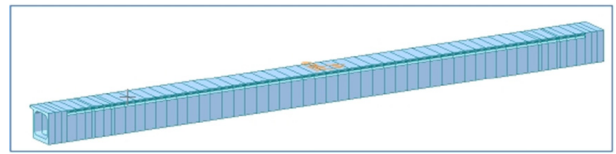
图5 边板有限元模型

边板有限元模型如图 5 所示, 对边板跨中承载力极限状态进行有限元分析, 极限状态计算表如表 4 所示。从上图表可知, 无论是按原 85 规范设计, 还是根据现有提载要求, 涉及桥梁病害梁板边板承载力极限状态已经不能满足抗弯承载力要求。

表4 边板跨中承载力极限状态计算表

国高网桩号	序号	梁板号	验算截面	弯矩组合设计值 (kN.m)			修正后截面抗弯 (kN.m)	安全系数		
				85规范	04规范	15规范		85规范	04规范	15规范
K137+605 下行线	1	2-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4697	0.933	0.750	0.724
	2	3-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4707	0.934	0.752	0.726
	3	4-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4740	0.941	0.757	0.731
	4	5-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4524	0.898	0.723	0.698
K137+260 下行线	5	1-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4655	0.924	0.744	0.718
	6	3-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4450	0.883	0.711	0.686
	7	4-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4599	0.913	0.735	0.709
	8	2-6号	跨中截面	5037	6260	6486	4830	0.959	0.772	0.745

图6 中板有限元模型



中板有限元模型如图 6 所示, 对中板跨中承载力极限状态进行有限元分析, 极限状态计算表如表 5 所示。

表5 中板跨中承载力极限状态计算表

国高网桩号	序号	梁板号	验算截面	弯矩组合设计值 (kN.m)			修正后截面抗弯承载力 (kN.m)	安全系数		
				85规范	04规范	15规范		85规范	04规范	15规范
K137+605 下行线	1	1-3号	跨中截面	4589	5649	5835	4761	1.037	0.843	0.816
	2	1-4号	跨中截面	4589	5649	5835	4686	1.021	0.830	0.803
K137+260 下行线	3	2-5号	跨中截面	4589	5649	5835	4655	1.014	0.824	0.798
	4	3-4号	跨中截面	4589	5649	5835	4922	1.073	0.871	0.844

从上表可知, 按原 85 规范设计, 承载力机箱状态还有预留, 但安全预留非常小, 随着截面的恶化, 或病害的加重, 最终消耗殆尽。如果提载按照 04 规范及 15 规范, 涉及桥梁病害梁板中板承载力极限状态已经不能满足抗弯承载力要求。从上图可知折减后短期荷载组合下板下缘应力出现有 1.9Mpa 的拉应力, 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(85 规范) 中 40 号混凝土抗拉强度设计值为 1.65Mpa^[7], 因 1.9Mpa>1.65Mpa, 故而使板底产生贯通横向裂缝, 正常使用极限状态不能满足现有通行荷载要求。

5 病害原因分析

5.1 结构设计年代较早, 原规范设计荷载等级偏低

由于原桥设计荷载等级为汽车—超 20, 挂—120, 设计荷载等级偏低, 不能满足现有交通的承载水平。根据上述四类桥梁板承载力评定结果可以得出, 现有梁板已经不能满足承载力要求, 按 85 规范进行评定现有桥梁, 边板无安全储备, 中板有安全储备, 但极低; 若根据交通量分析按 04 和 15 规范提高汽车荷载等级计算, 空心板抗弯承载力极限状态均不满足规范要求, 所以, 结构在长期荷载作用下, 桥梁预应力损失, 导致板底面混凝土拉应力超过混凝土抗拉强度, 板底出现横向弯曲裂缝。

5.2 交通量急剧增长, 超载车辆的增多

由于前期设计阶段, 对设计交通量预估不够且近年来交通量的急剧增长, 交通量在 2015 年~2017 年(1 月至 8 月) 增长速率相对较快, 平均增长率为 26.8%; 且从 2015 年至 2016 年, 超 55 吨车辆数从 5018 辆增加到 49561 辆, 超载车辆在短短一年时间内增长了近 10 倍; 2017 年 1~7 月, 超 55 吨车辆数就达到 46727 辆, 接近 2016 年全年的数量; 交通量及超载车辆的大幅增长导致荷载效应大于设计承载力, 从而导致横向弯曲裂缝产生。本次大范围的裂缝也表现于靠外侧

探析高层建筑框架剪力墙结构设计

刘名一

浙江工程设计有限公司衢州巨化建筑设计院

DOI:10.32629/btr.v2i2.1886

[摘要] 随着国家经济的不断进步以及城市化建设的不断发展,我国高层建筑施工建设取得了重大进步。框架剪力墙结构作为高层建筑结构设计的常用结构形式,尤其是近几年,框架剪力墙结构早已广泛的运用到现代高层商业、办公以及住宅建筑的设计当中。新时期新背景下,加强对于高层建筑框架剪力墙结构设计的研究有着重要的现实意义。本文旨在研究高层建筑框架剪力墙结构设计问题,针对出现的问题提供一些可行性的思路。

[关键词] 高层建筑; 框架剪力墙; 结构; 设计; 应用

框架-剪力墙结构体系是指把框架和剪力墙两种结构共同组合在一起形成的结构体系。房屋的竖向荷载分别由框架和剪力墙共同承担,而水平作用主要由抗侧刚度较大的剪力墙承担。这种结构既具有框架结构布置灵活、使用方便的特点,又有较大的刚度和较强的抗震能力。

1 框架剪力墙结构设计受力特点

由梁柱线性杆件组成的框架其受力特点如竖向悬臂剪切梁,剪力墙是竖向悬臂弯曲结构,框架和剪力墙二者通过楼板连接在一起,在下部楼层,因为剪力墙位移小。它拉着框架变形,使剪力墙承担了大部分剪力;上部楼层则相反,剪力墙的位移越来越大,而框架的变形反而小。框架除承担水平力作用下的那部分剪力外,还要负担拉回剪力墙的附加剪力,框架与剪力墙相互作用,共同工作。

从受力特点看,由于框剪结构中的剪力墙侧向刚度比框架的侧向刚度大得多,使框剪结构在水平力作用下所分配的楼层剪力,剪力墙分配到的剪力远大于框架,这使得各层梁柱的弯矩比较接近,按框剪结构协同工作计算内力,有利于减小梁柱规格,便于施工抗震设计时,两种结构形式可以组成抗震的两道防线。

2 高层建筑剪力墙设计原则

2.1 高层建筑剪力墙布置原则

高层建筑剪力墙的布置是沿着主轴方向或者其他某一方向进行双向布置,在同一平面内剪力墙的布置要保持均衡。高层建筑剪力墙的高与宽通常尺寸都比较大,厚度又较薄,在墙体受力方面受到水平剪力、弯矩、竖向压力。高层建筑的剪力墙需要具有抗震、抗风载的能力,所以其结构需

边板和次边板,故超载重车对梁板的伤害不容忽视。

5.3 路线位于长下坡路段,汽车冲击荷载加剧结构损坏

该高速下行线位于长下坡路段且部分桥面的不平整,车辆在长下坡路段行驶时,难免发生刹车制动,特别是重载、超载车辆的频繁制动,加之部分桥面不平整,导致桥梁产生较大冲击振动,加剧了桥梁裂缝的发展。

6 结束语

通过对该高速交通量增长情况、超载车辆情况、现有空心板承载能力极限状态的验算等的分析,分析认为该高速空心板病害主要由内因和外因两方面产生:内因主要为:结构设计年代较早,按原有设计规范设计荷载等级偏低,难以满足现有交通的承载水平,空心板承载能力极限状态均不满足现有规范要求^[8]。外因主要为:交通量的急剧增长,超载车辆的快速增多,使得荷载效应大于桥梁设计承载力,导致产生结构受力裂缝。路线位于长下坡路段,车辆荷载的频繁制动及部分桥面的不平整使桥梁产生较大的冲击荷载,加剧桥梁裂缝的发展。

[参考文献]

[1]老关.JTGB01—2014《公路工程技术标准》于 2015

年1月1日起施行[J].公路交通技术,2015,(02):4.

[2]郑其华.30米跨径部分预应力带翼箱形梁桥承载力评估[D].重庆交通大学,2008,(01):120.

[3]程辉.火灾后空心板梁桥承载力评定及加固对策研究[D].长安大学,2014,(04):71.

[4]关于公布公路桥梁承载能力检测评定规程(JTG/TJ21-2011)的公告中华人民共和国交通运输部公告[J].中国市政工程,2011,(06):77.

[5]贺效强.空心板梁桥永久变形限值研究[J].山西交通科技,2017,(03):82-85.

[6]袁国泰.空心板梁桥病害成因分析及防治对策[D].长安大学,2016,(02):93.

[7]蒋刚.《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62-2004)在桥梁施工中的应用[J].科技展望,2016,26(36): 23.

[8]余晓萌.基于日常检测的空心板梁桥的安全评估体系[D].重庆交通大学,2015,(04):94.

作者简介:

叶婷,(1991--),女,云南曲靖人,本科学历,助理工程师,研究方向:智能交通系统通信及监控系统研究。