

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.250813

新旧规范下混合配束混凝土箱梁承载力研究

卿前志

(上海市市政工程检测中心有限公司,上海市 200092)

摘要: 对某体外体内混合配束三跨连续箱梁进行了结构检测,得到结构承载力检算系数,然后进行了新旧规范下承载能力的计算对比。因新旧规范在荷载组合、预应力次效应是否计入承载力荷载效应规定不同,故结构特征点位的弯矩组合值差别较大。对结构在新旧规范下的承载能力进行检算。由计算结果可知,在考虑断束的工况下,按旧规范验算,结构抗弯、抗剪承载力能满足原汽—20的荷载要求。在考虑断束的工况下,按新规范验算,抗弯承载力验算不能满足公路—Ⅱ级要求,抗剪承载力满足公路—Ⅱ级要求。

关键词: 新旧规范;混合配束;混凝土连续箱梁;承载力检算

中图分类号: U443.32;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)04-0225-03

Research on Bearing Capacity of Mixed Bundle Concrete Box Girders
under Old and New Codes

QING Qianzhi

(Shanghai Municipal Engineering Inspection and Testing Center Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Structural inspection is carried out on a three-span continuous box girder with a mixture of external and internal bundles, and the calculation coefficient of structural bearing capacity is obtained. Then, the calculation and comparison of the bearing capacity under the old and new standards are conducted. Due to differences between the old and new codes in load combinations and whether the secondary effects of prestressing are included in the bearing capacity load effects, the combined moment values at characteristic points of the structure vary significantly. The bearing capacity of the structure under the old and new codes are calculated. The calculation results indicate that under the condition of considering the broken bundle, according to the verification of the old code, the bending and shear bearing capacity of the structure can meet the load requirements of the original Truck-20. Under the condition of considering the broken bundle, according to the verification of the new code, the bending bearing capacity verification cannot meet the requirements of Highway-Grade II, while the shear bearing capacity meets the requirements of Highway-Grade II.

Keywords: old and new codes; mixed bundle; concrete continuous box girder; bearing capacity calculation

1 工程概况

某工程包含三跨预应力混凝土连续梁一座,桥梁跨径布置为35 m+44 m+35 m,工程竣工于1998年。桥面全宽为16 m,两侧防护栏各宽0.5 m,采用双向四车道,车行道总宽15 m,未设中央分隔带。桥梁顶板设双向1.5%横坡,底板平坡。

上部结构为单箱两室截面,断面宽16 m,中腹板为直腹板形式,边腹板为斜腹板形式。箱梁跨中顶板厚0.20 m,底板厚0.18 m,腹板厚度0.28 m;边支点截面底板加厚至0.53 m,腹板加厚至0.28 m;中支点

截面底板加厚至0.38 m,腹板加厚至0.45 m。箱梁支点位置设置横梁。桥梁横断面布置见图1。

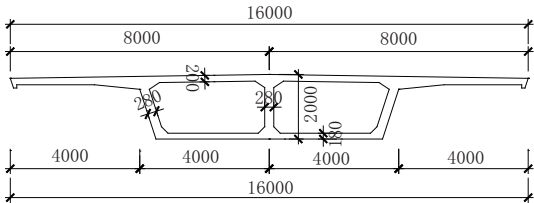


图1 桥梁断面布置图(单位:mm)

箱梁上部结构采用体外体内综合配束,混凝土强度等级为50#混凝土。上部结构的原来采用汽车设计荷载为为汽—20级,并采用挂—100验算。每个箱室设置3根体外束,钢绞线采用ASTM A416-92(270级)标准高强度低松弛钢绞线,钢绞线强度等级为 $R_y^b = 1\,860\text{ MPa}$, $E_y = 1.95 \times 10^5\text{ MPa}$,体外束张拉

收稿日期: 2025-08-18

作者简介: 卿前志(1985—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计、检测工作。

控制应力 $0.78R_y$, 体外束规格为 15-12。体外钢束布置见图 2。

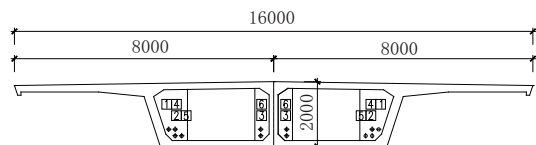


图2 钢束断面布置图(单位:mm)

纵向体内束采用 15-3、15-5、15-7。纵向底板采用 36 根直径 16 mm 二级钢筋,顶板采用 82 根直径 12 mm 二级钢筋。

箱梁桥面板横向设置 15-3 钢束,钢束间距为 0.30/0.35/0.45/0.50/0.60 m 多种间距布置。桥面板横向顶板顶面采用直径 16 mm@0.20 m 间距布置。

桥梁横向布置三个支座,支座间距 2.90 m。端横梁厚度 1.20 m,端横梁布置进入孔;中横梁厚度 1.20 m。每跨设置 2 道转向块,转向块厚度为 0.64 m。桥梁铺装原来设计为 60 mm 的防水混凝土加 40 mm 的沥青混凝土。

体外预应力在桥梁工程的加固改造及建设中有不少应用案例^[1]。加固设计^[2]、加固措施的选择^[3]、体外预应力加固计算分析^[4]、加固施工及监测^[5]、荷载试验方面^[6-7],很多学者都做了大量研究。

本文主要依据新旧规范下,对某旧桥进行承载力对比研究。根据工程总体方案,拟对本桥梁进行改造,故在桥梁改造前,需对本桥进行结构检测及承载力评估^[8]。

2 桥梁检测情况

经现场检查,对结构进行结构病害调查,发现 1#箱室 1#束全部断裂,2#断裂一根钢绞线,2#箱室 1#、2#束断裂一根钢绞线。

同时,按照《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011)^[9]规范要求,对结构进行了无损检测,主要包括保护层厚度检测,并进行了结构的碳化深度和混凝土强度检测,且测试了结构的钢筋锈蚀电位。

依据承载能力检测评定规程,为了得到了该桥承载能力,应根据桥梁结构检测结果进行计算评定^[9],见式(1)。

$$\gamma_0 S \leq R_d(f_d, \xi_c a_{dc}, \xi_s a_{ds}) Z_1 (1 - \xi_e) \quad (1)$$

式中: γ_0 为结构重要性系数; S 为荷载效应,kN或kN·m; R_d 为抗力效应,kN或kN·m,其余参数见承载能力检测评定规程。

根据结构现场检测,确定的检算系数计算结果见表 1。

表1 检算系数计算结果统计表

检算系数	计算值
γ_0	1.00
Z_1	1.04
ξ_e	0.05
ξ_c	0.99
ξ_s	0.99

3 新旧规范结构承载能力分析

3.1 新旧规范下结构效应对比

该桥设计时按《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89)^[11](以下简称 89 规范)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)^[12](以下简称 85 规范)执行。现行桥梁设计规范为《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)^[13]及《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)^[14]。因检测时,箱梁体外束出现了断束,需要对其进行改造,故承载力检算,考虑二种工况分别进行计算:旧规范,即荷载效应及抗力均按 85 规范执行;新规范,即荷载效应及抗力均按 2015 规范执行。

计算考虑的荷载如下:(1)恒载;(2)汽车荷载:汽车荷载按新老规范分别考虑;老规范汽车荷载:汽车—20 级,考虑 1.15 活载偏载系数;新规范汽车荷载:公路—II 级,考虑 1.15 活载偏载系数;(3)温度影响(T)基准温度取 15 °C;并考虑结构整体升温:25 °C;结构整体降温:20 °C;按老规范时,温度梯度取位桥面板升、降温 5 °C;(4)基础变位影响:纵横向隔墩不均匀沉降 $L/3\ 000$, L 为跨径,按最不利组合。荷载组合时,按规范进行组合。

采用桥梁博士 5.0.1 软件进行计算,建立箱梁杆系计算模型见图 3。



图3 预应力混凝土连续箱梁计算模型

结构计算荷载工况及对应典型位置内力见表 2。

由表 2 可知,2015 规范梯度温度下弯矩值与 89 规范比,相差较大。承载能力基本组合下,由于 2015 规范考虑了预应力引起的次弯矩效应,中墩墩顶弯矩比 89 规范减少 106 708 kN·m,中跨跨中弯矩比 89

规范增加 21 751 kN·m,边跨跨中弯矩比 89 规范增加 7 243 kN·m。

表 2 结构弯矩荷载计算值 单位:kN·m

序号	项目	边跨跨中	中墩墩顶	中跨跨中
1	一期恒载	13 926	-28 578	12 932
2	二期铺装	3 218	-6 504	3 055
3	二期防撞墙	1 531	-3 095	1 454
4	汽车荷载(89 规范)	7 897	-8 611	7 845
5	梯度温度(89 规范)	20	-38	38
6	沉降	2 270	-2 974	2 045
7	汽车荷载(2015 规范)	8 909	-7 729	9 075
8	梯度温度(2015 规范)	3 372	-2 753	5 504
9	荷载效应组合弯矩 (89 规范)	39 756	-67 582	37 221
10	荷载效应组合弯矩 (2015 规范)	46 999	-50 874	58 972

3.2 新旧规范下承载能力对比

上部结构采用 50#混凝土,主筋为Ⅱ级普通钢筋,钢绞线为 1860 级,按 85 规范计算时, $R_g = R'_g = 340\text{ MPa}$, $R_a = 28.5\text{ MPa}$, $R_y = 1\,488\text{ MPa}$, $R'_y = 380\text{ MPa}$, $R_y = 1\,200\text{ MPa}$, $R'_y = 380\text{ MPa}$ 。

按 2015 规范计算时, $f_{sd} = f'_{sd} = 280\text{ MPa}$, $f_{cd} = 22.1\text{ MPa}$, $f_{ck} = 32.0\text{ MPa}$, $f_{pd} = 1\,260\text{ MPa}$, $f'_{pd} = 410\text{ MPa}$,预应力体外束抗拉强度设计值按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)^[14]规范 6.1.6 计算。

3.2.1 正截面抗弯承载能力检算

列出新旧规范下,典型位置截面抗弯承载能力组合弯矩值(见表 3)。

表 3 截面抗弯承载能力验算结果 单位:kN·m

序号	项目	边跨跨中	中墩墩顶	中跨跨中
1	89 规范 荷载效应 组合弯矩	39 756	-67 582	37 221
2	抗力 R_dZ_1	41 827	-70 947	49 146
3	2015 规范 荷载效应 组合弯矩	46 999	-50 874	58 972
4	抗力 R_dZ_1	46 449	-76 534	54 249

由表 3 可知,按 89 规范验算,考虑断束后,箱梁抗弯承载能力验算满足原设计荷载汽—20 级。按新规范,即 2015 规范验算时,考虑断束后,箱梁抗弯承载能力验算不满足公路—Ⅱ级荷载要求。

3.2.2 抗剪承载能力检算

列出新旧规范下,典型位置截面抗剪承载能力组合弯矩值如表 4 所示。

由此可知,按 89 规范验算,结构抗剪强度满足规范要求。按 2015 规范验算,结构抗剪强度满足规范要求。

表 4 截面抗剪验算结果

检算位置	89 规范		2015 规范	
	荷载效应组合剪力/kN (汽—20 级)	抗力/ R_dZ_1/kN	荷载效应组合剪力/kN (公路—Ⅱ级)	抗力/ R_dZ_1/kN
第 1 跨左支点	6 193	10 494	6 866	8 113
第 1 跨右支点	9 532	12 019	8 940	9 909
第 2 跨左支点	9 623	12 019	9 292	9 827
第 2 跨右支点	9 623	12 019	9 292	9 813
第 3 跨左支点	9 532	12 019	8 940	9 909
第 3 跨右支点	6 193	10 494	6 866	8 113

4 结 语

先对某体外体内混合配束三跨连续箱梁进行了结构检测,得到结构承载能力检算系数,然后进行了新旧规范下承载能力的计算对比。因新旧规范在荷载组合、预应力次效应是否计入承载能力荷载效应的规定不同,故结构典型位置的弯矩组合值差别较大。并对结构在新旧规范下的承载能力进行了检算。由计算结果可知,根据结构现场病害调查,考虑断束的工况下,按旧规范验算,结构抗弯、抗剪计算能满足原汽—20 的规定荷载。考虑断束的工况下,按新规范验算,结构的抗弯承载力无法满足公路—Ⅱ级荷载,抗剪承载力满足公路—Ⅱ级荷载要求。

参考文献:

[1] 颜志华,王起才.体外预应力加固旧桥设计与施工方法研究[J].广西交通科技,2003(5):42-45.
[2] 刘柏平,陈星,陈畅,等.大跨径连续刚构桥体外预应力加固力学分析和工程应用[J].交通世界,2024(36):120-123.
[3] 吴晓杰,张永康.预应力混凝土现浇箱梁加固工程研究[J].山东交通科技,2024(6):97-99.
[4] 王彤,王天阔,顾威.体外预应力加固曲线梁试验[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2016(6):1017-1025.
[5] 余凯渊,马壮,张长青,等.基于体外预应力加固法连续刚构桥加固效果分析.黑龙江交通科技,2024(12):83-89.
[6] 王李佳.体外预应力技术在连续刚构桥加固中的应用探析[J].交通世界,2024(23):149-151.
[7] 李可.大跨径连续刚构桥体外预应力加固设计及效果分析[J].交通世界,2024(11):149-151.
[8] JTG 5120—2021 公路桥涵养护规范[S].
[9] JTG/T J21—2011 公路桥梁承载能力检测评定规程[S].
[10] GB/T 50784—2013 混凝土结构现场检测技术标准[S].
[11] JTJ021—89 公路桥涵设计通用规范[S].
[12] JTJ 023—85 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[13] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].
[14] JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].