

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.03.023

基于减隔震技术的预制拼装桥墩抗震设计

徐辉, 孙晨然, 李雪峰

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300000)

摘要: 节段预制拼装桥墩技术在低地震区应用相对比较常见,高震区特别是8度区以上地区应用很少,究其原因是因为高震区的抗震问题尚未得到大家统一认可。现以河北地区一处立交主线桥抗震设计计算为例,阐述减隔震技术在预制拼装桥墩抗震设计方面的应用。通过计算分析可知,预制拼装桥墩上采用减隔震技术可很好地满足工程要求并能回避预制拼装接缝延性耗能问题,是高震区预制拼装桥墩抗震一个比较好的选择。

关键词: 减隔震;高震区;预制拼装桥墩;抗震设计

中图分类号: U442.5+5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)03-0075-03

0 引言

随着工业化、快速化和绿色化的概念越来越深入人心,节段预制拼装快速化施工技术逐步为大家所接受。国内对预制拼装桥墩的抗震研究主要集中在接缝作为延性构件方面,根据文献[1]可知,在低荷载水平力下接缝并非薄弱环节,同时根据文献[1]提供的位移滞回曲线,以及骨架曲线可知在水平荷载达到使得钢筋屈服,混凝土出现大的裂缝之前,节段预制拼装桥墩与现浇桥墩的曲线重合度很好,亦即是在正常使用状态,节段预制拼装桥墩的抗弯承载力可以采用现浇混凝土桥墩的抗弯承载力计算公式。工程建设规范《预制拼装桥墩技术规程》(DG/TJ 08-2160—2015)[2],明确预制拼装桥墩抗弯设计可按国家现行标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》进行设计。实践中的预制拼装桥墩抗弯计算也是采用等同现浇混凝土计算,并经受住了正常使用阶段荷载的考验。国标《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1—2014)[3]框架章节6.5.1条文说明对接缝的受力特性描述“当穿过接缝的钢筋不少于构件内钢筋并且符合本规范构造时,节点及接缝的正截面受压、受拉及抗弯承载力一般不低于构件,可不必单独进行承载力验算。当需要计算时,可按照混凝土构件正截面的计算方法计算,混凝土强度取用接缝及构件混凝土材料强度的较低值,钢筋取穿过正截面而且有可靠锚固的钢筋数量”。综上所述,在

正常承载能力状态下,节段预制拼装桥墩可采用与现浇桥墩等同的承载力设计方法,这也为高震区节段预制拼装桥墩采用减隔震技术提供了技术支持。

根据地勘资料揭示在钻探深度范围内,桥梁建设区域主要为第四纪冲、洪积而形成的粉质粘土、粉土等。场地内及其附近未发现影响建筑物稳定性的活动构造。在勘察过程中未发现其它不良地质作用,也未发现埋藏的河道、沟浜、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物。根据《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010,该场地抗震设防烈度为8度,设计基本地震加速度值为0.2g,抗震需求较高。

1 模型的建立

1.1 项目资料

此次研究的立交主线位于一级公路上,由于项目的特殊性,该设计项目采用双向八车道,四块板断面,两侧各15 m机动车道、1.5 m机非隔离带、7 m非机动车道和3.5 m人行便道,桥梁按照分幅设计。现选取具有代表性的南北向主线ZH4~ZH8作为此次研究的重点,ZH4~ZH8为三跨现浇箱梁,断面尺寸从12.5 m渐变到16.5 m,跨径布置为24+30+30+24=108 m。断面尺寸,以及接缝处理方式如图1、图2所示。

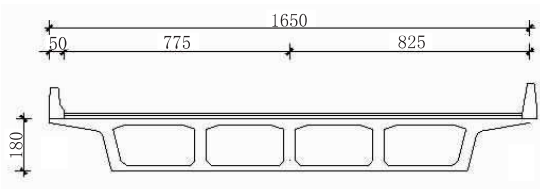


图1 上部结构断面标准尺寸图(单位:cm)

收稿日期: 2020-07-08

作者简介: 徐辉(1981—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁工程设计研究工作。

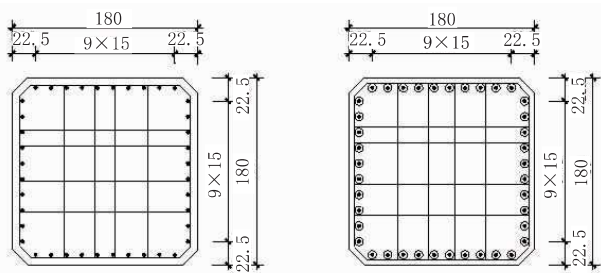


图2 接缝处理断面图(单位:cm)

根据《建筑抗震设计规范》规定,该地区抗震设防烈度为8度,设计基本地震加速度值为 $0.2g$,设计地震分组为第一组。地勘揭示出场地土为中软土,建筑场地类别为III类,特征周期为 0.45 s ,可进行建设的一般场地。按照《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01-2008)^[4]规定,该桥抗震设防类别为B类,在E2地震作用后,应能经临时加固后可供维持应急交通使用。

1.2 模型以及参数选取

采用MDIAS civil建立结构三维模型。其结构采用梁单元模拟,全桥共有762个梁单元,具体模型如图3所示。桩基础侧面土体效应按照“m”法考虑,减隔震支座采用铅芯橡胶支座。地震波采用搜集到的场地实际地震数值并按公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(JTG 3362-2018)^[5]提供的反应谱兼容的原则对实测的地震波进行频谱特性、有效峰值,以及持续时间三个重要因素予以修正。耗能部位选择在减隔震支座,支座的恢复力模型采用双线性模式。结构分析按照规范^[4]要求考虑P- Δ 效应,并采用非线性时程分析方法进行分析。为考察减隔震支座对地震力的降低效果,现选取同样计算模型,地震力按照7度区($0.1g$)考虑,地震力的输入采用反应谱模式输入。结构三维模型如图3所示。

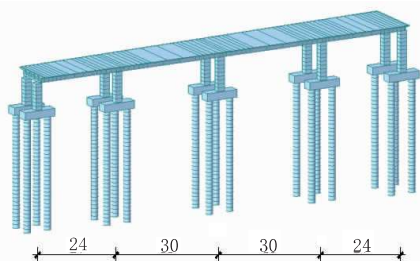


图3 结构三维模型(单位:m)

2 结果分析

2.1 抗弯承载力复核

为得到此截面的性能曲线,现利用MIDAS CIVIL提供的纤维单元,按照实际输入的钢筋和混凝土本

构参数计算结构的弯矩曲率曲线。钢筋采用《混凝土设计规范》(GB 50010-2010)提供的本构关系,核心区混凝土采用mander模型,经过计算得到的性能曲线如图4所示。

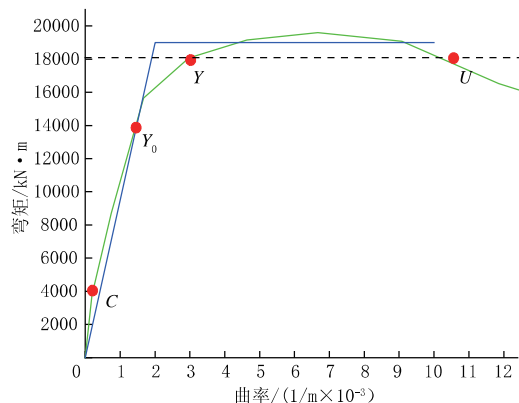


图4 断面性能曲线图

从图4可以看出,在轴向压力600 t的情况下,此断面在弯矩14 091.8 kN时发生初始屈服,在此之前,结构均处于弹性工作范围,在此范围内采用灌浆套筒接缝处理预制拼装构件可按照现浇混凝土结构计算。

经过非线性时程分析得到地震力作用下最不利断面弯矩结果如表1所列。在表1中,墩柱编号按照图3中的方向从左到右依次为0#~4#,为避免考虑行波效应的影响,在该项设计时,边跨采用了滑板支座。故表1只列出了1#~3#墩位最大的弯矩。

表1 墩底弯矩值一览表

弯矩方向	MY(顺桥向)			MZ(横桥向)		
编号	1#	2#	3#	1#	2#	3#
数值/(kN·m)	8 055	8 825	9 311	9 084	10 116	10 998

从表1可以看出,无论是顺桥向还是横桥向,墩底的接缝处弯矩均在初始屈服弯矩下方,墩柱截面受力状况为弹性,按照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018)^[5]等同现浇钢筋混凝土结构复核计算。

为评估经过减隔震支座处理后的墩柱地震力的减少程度,现选用相同计算模型,支座采用橡胶支座,地震力输入采用反应谱输入,地震烈度选用7度($0.1g$),其余条件同减隔震桥梁。经过计算得到弯矩和剪力数值分别见表2和表3所列,其中表2为弯矩数值,表3为剪力数值。

从表2、表3可以看到:经过减隔震处理后,8度($0.2g$)地震力产生的弯矩和剪力已经和7度区

表2 弯矩对比表

弯矩方向	MY(顺桥向)			MZ(横桥向)		
	1#	2#	3#	1#	2#	3#
编号						
减隔震后数值/(kN·m)	8 055	8 825	9 311	9 084	10 116	10 998
7度区数值/(kN·m)	8 552	9 277	9 934	9 077	10 111	10 158
减隔震/7度区	0.94	0.95	0.94	1.00	1.00	1.08

表3 剪力对比表

剪力方向	FY(顺桥向)			FZ(横桥向)		
	1#	2#	3#	1#	2#	3#
编号						
减隔震后数值/kN	1 093	1 166	1 130	1 179	1 109	1 088
7度区数值/kN	970	967	951	986	933	919
减隔震/7度区	1.13	1.21	1.19	1.20	1.19	1.18

(0.1g)普通板式支座状况下的弯矩和剪力相差不多。这也给人们一个启示,采用减隔震支座等一系列减震方法将地震烈度影响降低到7度(0.1g)附近,则高烈度区预制拼装桥梁可按照低烈度区桥梁进行抗震设计。

2.2 抗剪承载力复核

从表3可知,经过减震处理后,FY方向最大剪力为1 166 kN,FZ方向为1 179 kN。根据《预制拼装桥墩技术规程》公式6.2.11可知:

$$V_j=0.6 A_{SM} \sigma_n=0.6 \times 6\,000=3\,600\text{ kN}$$

接缝面不采用特殊处理即可满足抗剪需求。

3 结 论

本文通过河北一座一级公路上的三跨桥墩预制拼装连续梁桥为例,对减隔震技术在节段预制拼装桥梁上应用进行了分析,得出如下结论:

(1)采用减隔震技术后,高烈度地震区采用预制节段拼装桥墩可将耗能点设置在支座位置,桥墩按照弹性进行设计,可避免采用接缝区作为耗能点的不确定性。

(2)经分析对比,采用减隔震技术将桥梁结构的地震效应降低到7度(0.1g)附近,是相对比较合适的,若太高则弹性设计将很困难,太低,则浪费材料。

(3)桥梁结构中由于套筒尺寸的影响通常采用大直径钢筋如本例中采用的 $\phi 40$ 的钢筋,此种钢筋带来的问题是保护层过厚,劈裂等问题,设计时应注意局部加强钢筋等措施的处理。

参考文献:

[1] 魏红一,肖纬,王志强,李田田.采用套筒连接的预制桥墩抗震性能试验研究[J].同济大学学报,自然科学版(7期):1010-1016.
[2] DG/TJ 08-2160—2015,预制拼装桥墩技术规程[S].
[3] JGJ1—2014,装配式混凝土结构技术规程[S].
[4] JTG/T B02-01—2008,公路桥梁抗震设计细则[S].
[5] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

(上接第58页)

表2 施工阶段盖梁主要应力 单位:MPa

阶段	上缘		中缘		下缘	
	σ_{max}	σ_{min}	σ_{max}	σ_{min}	σ_{max}	σ_{min}
1	0.44	-7.43	0.69	-3.69	1.89	-4.03
2	0.57	-3.29	0.64	-2.77	0.01	-6.20
3	-1.91	-16.1	-5.39	-11.8	1.44	-4.11
4	-1.99	-14.2	-5.43	-11.9	-0.28	-5.95

注:表中“-”表示压应力。

同样会出现沿截面横向应力分布不均的情况,应重视施工过程中钢束张拉顺序的分配,保证盖梁满足

短暂状况下的应力控制要求。

(3)由于L型盖梁的受力状态已偏离平截面假定,设计过程中常使用的梁单元模型计算结果不能准确模拟盖梁的真实受力状态。设计过程中可采用梁单元模型进行盖梁的初步配束,然后建立更准确的空间实体有限元模型进行盖梁的受力分析及配束优化。

参考文献:

[1] 李锦,刘刚,刘宇.大悬臂预应力混凝土盖梁配束研究及空间力学分析[J].城市道桥与防洪,2018(12):76-79.
[2] 李建强,孙立山.大悬臂预应力混凝土倒T盖梁设计与施工过程分析研究[J].城市道桥与防洪,2018(8):141-144.
[3] 宋子康,蔡文安.材料力学[M].上海:同济大学出版社,1998:200.