

浅析预制装配式桥梁抗震设计及抗震措施

王春寒

中远交科设计咨询有限公司 四川 成都 610000

摘要: 由于地质构造活动的作用, 中国是一个多震区, 震害频发, 这对装配式结构的耐久性是一个巨大的挑战, 但在地震作用下, 桥梁的地震等级, 除了与建筑的质量有关之外, 还与早期的地震设计是否科学合理有关, 有必要对目前桥梁地震中所出现的一些问题展开进一步的探讨, 并提出一些相关的地震设计和地震对策, 为设计人员提供一些有益的参考。

关键词: 桥梁; 装配式; 抗震设计; 抗震措施

Analysis of seismic design and seismic measures for prefabricated bridges

Wang Chunhan

Cosco Jiaotong Design Consulting Co., Ltd. Sichuan Chengdu 610000

Abstract: Due to the action of geological tectonic activities, China is a seismic area with frequent earthquake damage, which is a great challenge to the durability of fabricated structures. However, under the earthquake action, the earthquake grade of the bridge is not only related to the quality of the building, but also related to whether the early earthquake design is scientific and reasonable. It is necessary to further discuss some problems in bridge earthquake, and put forward some relevant earthquake design and countermeasures. It provides some useful reference for designers.

Key words: bridge; fabricated; seismic design; seismic measure

引言

我国位于欧和太平洋两个大陆的交界处, 受到两个大陆的相互挤压作用, 因此, 在中国东部和西部的强震中, 具有较高的频率和较大的影响, 在中国, 5级以上的地震平均每年有24次, 给人们的生活和财产带来了极大的危险。地震过后, 公路运输是灾区抢险救灾的“命脉”, 保障“命脉”畅通尤为关键, 而桥梁又是最关键的一环, 为此, 我国出台了相关的桥梁抗震规范, 规定了在进行桥梁设计时, 必须确保桥梁小震不毁, 中震可修复, 大震不垮, 在地震较大的时候, 可以在必要的时候进行临时的加固, 确保营救的道路不被堵塞。

1 预制装配式桥梁地震中易发生的问题

1.1 下部结构易发生开裂、变形、剪切破坏

在地震波的影响下, 桥身的底部会出现明显的扭曲, 导致桥身出现裂缝, 最终导致桥身倒塌。有关震区桥墩的调研数据表明, 在桥墩底部及顶部位置, 是桥墩破坏的主要部位。受损较轻的部分会产生裂缝, 而受损较重的部分, 表面的混凝土会剥落, 暴露在外的部分会产生弯曲, 有的还会产生剪力破坏。

1.2 上部结构易发生位移、落梁

在高层建筑中, 由于上、下两层之间的相对变形和下一层的破坏, 使高层建筑中的预制梁体产生了破坏, 在地震作用下, 由于地震作用, 上、下建筑物发生了大的变形和失效, 上、下建筑物发生了变形。最严重的情况是梁体平移、扭转和碰撞, 最严重的情况是吊梁失效。

1.3 支座易发生剪切变形超限、脱空

支座是桥梁结构中承上启下的关键部件, 地震波中, 上部 and 下部结构在瞬间地震波的影响下发生了相对位移, 使支承受到了剪力的影响, 如果剪力作用下的位移超出了其承载力, 则会引起不可逆的位移。如果再大一些, 就会出现支承错位, 使得本来起到支承功能的支承失去功能, 引起上部装配式梁受力系统的变化, 如果相邻的预制构件没有出现脱空现象, 那么其所受的反力就会较大, 超出其承载力。

1.4 场地发生液化

当桩基础处在可能发生液化的恶劣地震地质条件下, 液化的基础将对其造成不利的影响, 进而对其和预制梁的连接造成一定的影响。而一旦发生了这种情况, 就等于是把本来很稳固的土壤, 换成了一种强度很低的土壤, 这就导致了桩基础在原有的承压条件下, 出现了较大的变形和位移, 威胁到了上层的安全。

2 结构构件抗震设计

预制拼接桥的地震破坏多集中在其内部(包括桥墩、桥台、基础、支座及支座等),而其内部地震破坏(如位移、落梁等)又是其内部原因,该类桥的地震破坏多集中在其内部。其中,“抗震”是指桥梁在地震作用下承受或承受地震位移的关键点,而“抗震系统”则是指桥梁整体承受或承受地震作用的能力。在桥梁的抗震设计中,以墩柱的塑性铰为主体,其抗震体系是由墩柱的塑性铰和其在纵向和横向上的变形能力决定,而桥台在纵向和横向上都不起到支撑梁的作用。

2.1 桥墩

桥墩在地震作用下的结构设计是最重要的,一是桥墩是最重要的地震构件,关系到结构的安全性;此外,基于能量保障原理,地基与顶板的承载能力主要来源于桥墩的承载能力,出于经济方面的原因,我们应该对桥墩的强度进行严密的控制,不能太高。桥墩结构中首先要考虑的是桥墩的正断面承载力,其中最重要的是桥墩纵向钢筋的配置。根据 JTG/TB02-01-2008《公路桥梁抗震设计细则》(《细则》)的规定,在E1地震(1级设防水平)条件下,桥墩的正断面承载能力必须大于E1时的承载能力,才能确保桥墩在E1地震条件下不发生破坏,为此,必须对构架的几何尺寸及纵肋进行合理的设计。

2.2 桥台

桥梁的主要失效形式为侧向挡块失效和背壁受纵向撞击,坝基背侧壁是坝基后回填土体的受力部位,由于主梁和桥台在地震作用下的刚性差别较大,导致主梁与桥台后壁之间的相对位移量远超过了其伸缩节距,产生了冲撞现象。对于小型化后的背墙板,受撞击时会产生强烈的横向剪应力,使得纵桥方向上的主梁丧失了对边坡的控制能力,引起下梁处的下拉。桥梁震害研究结果显示,若桥台不出现较大变形,中小跨径桥梁基本可以保证其正常使用,但桥台自身承载能力的校核值得关注。

2.3 基础

地基中最常见的地震灾害有桩顶出现明显位移和桩顶截面出现损伤等,很多时候,地基出现了损坏,很难确定,人们只能猜测地基有没有损坏。而且,地基损坏后,其修复难度更大,最好的情况是地基不会产生任何损伤,这也符合《细则》中的规定:地基要比地基更坚固,地基要能够在地基不损坏的情况下,将地基承载到地基上。为了使桩基和桩身的强度都大于墩柱,通常采用的方法是:桩身直径大于桩身直径,桩身直径大于桩身直径;在桩顶区段,纵向钢筋的直径要比柱子大一个等级,钢筋的数量要多,并且在桩的顶部进行了加固处理。

2.4 盖梁

在地震作用下,盖板的几何尺寸应达到最小,桥面上应能产生合理的滑移量,从预制梁到桥墩、台面或盖梁的端

部必须有一段间距,且该间距至少要符合《细则》第11.2条的规定。《细则》对于盖梁的设计也十分清楚,在地震作用下,盖梁不能出现损坏,应按照抗震性能保障的原则进行设计;但是,当结构在E2以下没有发生塑性变形时,为了节约成本,可以采用E2以下的内力来校核,而不用带安全防护的内力。值得注意的是,抗震荷载和荷载结合后,桥墩端部可能产生正弯矩(底板受拉时),而底板则可能产生正弯矩,与静荷载计算时底板上的底板钢筋采用的是跨中截面形式,因此底板梁正断面的底板配筋效果与静荷载计算中底板钢筋的取值有很大差异,其效果也与静荷载下底板的设计有很大差别。

2.5 系梁

《细则》第11.4.7条对 III度地区7米以上的立柱及立柱墩台,提出了横向系梁的要求。高墩墩间系梁的间隔可以根据现场条件来决定。但是《细则》中并未提及系梁的基本计算方法,在正常的结构设计中,系梁只是一种构造元件,事实上,系梁在侧向地震作用下,其破坏之前所受的弯矩比墩要大^[1]。提出了如下几点的设计准则:在E1级的强震下,根据计算得到的钢筋不发生损伤;在E2级地震作用下,桥墩可以产生塑性铰链,但桥墩的结合部不会发生失效。

2.6 支座

在预制组装型桥梁中,普遍使用的是平板型橡胶支撑,《细则》规定,在E2荷载作用下,不能发生滑移或剪移的现象,这是因为目前还难以做到的,因为在E2荷载作用下,板式胶结构件往往没有与上部、底部牢固的联接件,在抗震时极易发生滑移或剪移。研究发现,与其他结构相比,桥梁的抗震性能更好,且桥台的抗震性能优于桥墩的抗震性能,提高支座橡胶层厚度,改用PTFE滑动支架或使用铅心减震支架均可有效提高支座的地震反应能力。

3 预制装配式桥梁抗震措施

3.1 考虑场址的稳定性

地震时,桥址附近的地质环境是导致桥梁震后破坏的主要因素,在桥址选择上,必须以地质环境稳定为前提,确保在震后不会出现过渡变形,特别是不能将桥梁建造在活动断裂附近。在施工过程中,必须对大桥所在位置进行详细的地质调查,弄清大桥所在位置的地质条件,以及在施工过程中可能发生的地震引起的基础沉降、砂的液化等。如有必要,则需进行特别的抗震安全评估,以供工程设计参考,通常情况下,大桥的选址是通过整体设计来决定的,在进行初步设计时,设计者必须对大桥所处的位置有所了解,并依据初步勘察数据对其进行判定,在总平面上预先避免桥跨位于地震作用较差的地区^[2]。在无法回避的情况下,必须事先对桥-梁体系进行特殊的地震反应分析,以保证其具有相应的地震反应能力。

3.2 选择合适的材料、增加约束及维护结构

在材料的选择上,要根据地震现场的具体情况,选用强

度高、抗震性能好的,在工程实践中,为了确保结构的可靠性,通常采用在大荷载作用下设置约束,如在墩柱上增设系梁,减少墩柱的计算高度,提高其稳定性。若有需要,可在其周边增设防震防护设施,如位于山脚、山区容易受到震动等,则应增设防震防护设施,以避免因地震诱发的泥石流直接冲击桥梁而造成桥面破坏或坍塌。

3.3 桥梁抗震的结构模拟计算

按照其对地震反应的复杂性,可将其划分为有规律和无规律两种类型,针对规则桥-梁式桥的抗震分析、设计与校核问题,基于已有的震损经验和已有的理论基础,通过简单的分析与设计验证,掌握其抗震反应特征,使得所设计的桥梁能够达到规范的设计目标。针对不规则结构的桥梁,由于其动态反应特征较为复杂,目前常用的简化计算方法难以掌握其动态反应特征,《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T2231-01-2020对其进行了较为详细的分析与校核,以保证其在真实的震动下的力学行为符合规范的设定标准。E1级的震动下,结构处于正常工作状态,可用反映谱法进行分析;而常规桥梁,一阶模态占主导地位,可用一阶模态分析法进行分析^[3]。在E2型地震荷载下,尽管允许桥梁结构处于塑性工作范围,但是,由于能够运用等位移原则等能原理,将其弹性地震位移响应修改为能够反映其非线性地震位移响应,所以也可以使用响应谱法进行分析;然而,对多联大跨梁桥这类结构而言,其非线性响应只能通过建立在其上的非线性时间过程来进行预测

3.4 墩柱抗震设计

墩柱作为桥梁施工中的重要组成部分,既可作为上部结构的承载力,又可作为减震、隔震的重要组成部分,是桥梁

工程中的重要组成部分。根据JTG/T 2231-01-2020《公路桥梁抗震设计规范》的要求,在桥梁的地震作用下,采用二级地震作用下的地震作用。在E1级地震中,不会引起桥梁的破坏^[4]。这时需要考虑的是,在E1级地震中,不要产生裂纹,可以确保在震后不需要进行维护和加强,仍然可以继续使用。在发生E2级大震的情况下,不会发生倒塌事故,在这种情况下,可以将桥墩顶部和桥墩底部都纳入到塑性铰中,利用塑性铰来消能,即规范中所称的“延性”,目标是使塑性铰链能在抗震时起到应有的效果,在地震时,不要使非塑性铰接部位的破坏先于塑性铰接部位,对于其他的构造部位,也有必要做一些能保护元件的设计。

结束语

综上所述,在高等级公路桥的结构体系中,预制装配式是一种常用的结构体系,但它的地震作用也不容忽视,必须遵守有关的桥梁结构设计准则,并与桥梁的特定布置相联系,使用有限元软件,对桥梁的地震作用进行分析,以确保桥梁的各个部件的地震设计符合规定的需要。

参考文献

- [1]王成江.浅析预制装配式桥梁抗震设计及抗震措施[J].价值工程,2022,41(13):44-46.
- [2]石岩,张智超,钟正午,张莹莹,赵彬全.预制装配式桥墩连接类型及抗震性能研究综述[J].世界地震工程,2022,38(02):205-219.
- [3]刘承斌,张辉.预制装配式桥梁下部结构参数优化设计[J].运输经理世界,2021(22):130-132.
- [4]韩阿慧,曹娟丽,王超.装配式桥墩发展及其抗震性能研究[J].四川建材,2021,47(03):151-152.