UDC

**中华人民共和国行业标准**

CJJ 166-2011

P 备案号 J 1224 – 2011

**城市桥梁抗震设计规范**

Code for seismic design of urban bridges

（局部修订条文征求意见稿）

20××-××-××发布 20××-××-××实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

修订说明

本标准按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

本标准是对CJJ 166-2011《城市桥梁抗震设计规范》的修订，与CJJ 166-2011相比主要技术变化如下：

——修改了“根据新颁布的第五代《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015），对场地地震动加速度峰值进行了修订”的规定（见3.1、3.2）；

——增加了“预制拼装桥墩抗震性能要求”的规定（见3.5）；

——修改了“地基与基础。根据新颁布的第五代《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）,修改了场地类型和场地分类标准”（见4.1、4.2、4.3、4.4）；

——修改了“地震作用。根据新颁布的第五代《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）,修改相关设计加速度反应谱的放大系数和场地地震动加速度反应谱特征周期的取值”的规定（见5.1、5.2、5.3、5.5）；

——修改了“能力保护构件验算”（见7.4）；

——修改了“抗震构造细节设计”的规定（见8.1、8.2）；

——修改了“桥梁减隔震设计，增加了减隔装置性能检测要求”的规定（见9.1、9.2、9.4）

——修改了“斜拉桥、悬索桥 和大跨度拱桥”的规定（见10.1、10.2、10.3）

——修改了“抗震措施”的规定（见11.2、11.3、11.4、11.5）

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部建筑结构标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：同济大学

本标准参加起草单位（拼音排序）：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、天津市政工程设计研究总院有限公司、北京市市政工程设计研究总院有限公司。

《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166-2011

修订对照表

| 现行《标准》条文 | 局部修订征求意见稿 |
| --- | --- |
| **1 总则** | **1 总则** |
| 1.0.3桥址处地震基本烈度数值可由现行《中国地震动参数区划图》查取地震动峰值加速度，按表1.0.3确定： | 1.0.3桥址处地震基本烈度数值可由现行《中国地震动参数区划图》GB18306-2015 查取Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度,按表1.0.3确定。 |
| **2 术语和符号** | **2 术语和符号** |
| **2.1.18** 限位装置 restrainer  为限制梁墩以及梁台间的相对位移而设计的构造装置。 | **2.1.18** 限位装置 restrainer  为限制梁墩以及梁台间的相对位移装置，包含弹塑性阻尼器，弹性索等。 |
|  | 2.1.20剪力键 shear key  支座水平承载能力不足时，用于水平连接梁体与墩、台，传递梁体水平地震惯性力的构件。 |
|  | 2.1.21隔震周期 Period of isolated structure  采用减隔装置（支座）达到设计位移时的等效刚度，计算得到的桥梁结构的基本周期。 |
|  | 2.1.22挡块 Retainer  用于防止桥梁梁体纵桥向或横桥向落梁的构造措施，包含混凝土挡块和钢挡块等。 |
| **3 基本要求** | **3 基本要求** |
| **3.1 抗震设防分类和设防标准** | **3.1 抗震设防分类和设防标准** |
| **3.1.1** 城市桥梁应根据结构形式、在城市交通网络中位置的重要性以及承担的交通量，按表3.1.1分为甲、乙、丙和丁四类。 | **3.1.1**城市桥梁应根据结构形式、在城市交通网络中位置的重要性以及承担的交通量，按表3.1.1分为甲、乙、丙和丁四类。 |
| **3.1.2**本规范采用两级抗震设防，在E1和E2地震作用下，根据本规范第3.1.1条的桥梁抗震设防分类，各类城市桥梁抗震设防标准应符合表3.1.2的规定。 | **3.1.2**本规范采用两级抗震设防，在E1和E2地震作用下，根据本规范第3.1.1条的桥梁抗震设防分类，各类城市桥梁抗震设防标准应符合表3.1.2的规定。 |
| **3.1.4**各类城市桥梁的抗震措施等级，应符合下列要求：  1 甲类桥梁抗震措施，当地震基本烈度为6~8度时，应符合本地区地震基本烈度提高一度的要求；当为9度时，应符合比9度更高的要求。  2 乙类和丙类桥梁抗震措施，一般情况下，当地震基本烈度为6~8度时，应符合本地区地震基本烈度提高一度的要求；当为9度时，应符合比9度更高的要求。  3 丁类桥梁抗震措施均应符合本地区地震基本烈度的要求。 | **3.1.4** 各类城市桥梁的抗震措施等级，应按表3.1.4确定： |
|  | **3.1.5**立体交叉的跨线桥梁的抗震设防标准应不低于其跨越的下线工程的抗震设防标准。 |
|  | **3.1.6**对抗震救灾以及在经济、国防上具有重要意义的桥梁或破坏后修复（抢修）困难的桥梁，应提高抗震设防类别，并宜采用低损伤、自复位或可不中断交通进行修复的结构体系。 |
| **3.2地震影响** | **3.2地震影响** |
| **3.2.1** 甲类桥梁所在地区遭受的E1和E2地震影响，应按地震安全性评价确定，相应的E1和E2地震重现期分别为475年和2500年。其他各类桥梁所在地区遭受的E1和E2地震影响，应根据现行《中国地震动参数区划图》的地震动峰值加速度、地震动反应谱特征周期以及本规范第3.2.2条规定的E1和E2地震调整系数来表征。 | **3.2.1** 主跨跨度大于150m的甲类桥梁所在地区遭受的E1和E2地震影响，应按地震安全性评价确定，相应的E1和E2地震重现期分别为475年和2500年。 |
|  | **3.2.2** 当距桥梁工程场地10km以内有发生6.5 级及以上潜在地震危险的断裂时，乙类和丙类桥梁的E1和E2地震作用应开展地震安全性评价进行确定，地震安全性评价应考虑近断层效应。 |
|  | **3.2.3** 当桥梁工程场处于条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石或强风化岩石的陡坡、河岸与边坡边缘等不利地段时，乙类和丙类桥梁的E1和E2地震作用应开展地震安全性评价进行确定，地震安全性评价应考虑局部场地效应。 |
| **3.2.2** 乙类、丙类和丁类桥梁的E1和E2水平向地震动峰值加速度A的取值，应根据现行《中国地震动参数区划图》查得的Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度，乘以表3.2.2中的E1和E2地震调整系数得到。 | **3.2.4** 一般情况下，乙类、丙类和丁类桥梁的 E1和E2水平向地震动峰值加速度A的取值，应根据现行《中国地震动参数区划图》查得的Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度，按下式计算：    式中：*A*——各类场地E1和E2的水平向基本地震动峰值加速度；  ——据现行《中国地震动参数区划图》查得的Ⅱ场地基本地震动峰值加速度；  ——为E1和E2地震调整系数，按表3.2.4-1取值；  ——为地震加速度峰值场地调整系数，按表3.2.4-2取值。 |
| **3.3抗震设计方法分类** | **3.3抗震设计方法分类** |
| **3.3.2** 乙、丙和丁类桥梁的抗震设计方法根据桥梁场地地震基本烈度和桥梁结构抗震设防分类，分为A、B和C三类，并应符合下列规定：  1 A类：应进行E1和E2地震作用下的抗震分析和抗震验算，并应满足本章3.4节桥梁抗震体系以及相关构造和抗震措施的要求；  2 B类：应进行E1地震作用下的抗震分析和抗震验算，并应满足相关构造和抗震措施的要求；  3 C类：应满足相关构造和抗震措施的要求，不需进行抗震分析和抗震验算。 | **3.3.1** 根据桥梁场地地震基本烈度和桥梁结构抗震设防分类，乙、丙和丁类桥梁的抗震设计方法可分为以下3 类：  1 1类：应进行E1和E2地震作用下的抗震分析和抗震验算，并应满足本章3.4节桥梁抗震体系以及相关构造和抗震措施的要求；  2 2类：应进行E1地震作用下的抗震分析和抗震验算，并应满足相关构造和抗震措施的要求；  3 3类：应满足相关构造和抗震措施的要求，不需进行抗震分析和抗震验算。 |
| **3.3.1** 甲类桥梁的抗震设计可参考本规范第10章给出的抗震设计原则进行设计。 | **3.3.2** 甲类桥梁的抗震设计可参考本规范第10章给出的抗震设计原则进行设计。 |
| **3.3.3** 乙、丙和丁类桥梁的抗震设计方法应按表3.3.3选用。 | **3.4.6** 根据桥梁场地地震基本烈度和桥梁结构的桥梁抗震设防分类，乙、丙和丁类桥梁的抗震设计方法应按表3.3.3选用。 |
| **3.4桥梁抗震体系** | **3.4桥梁抗震体系** |
| **3.4.2** 对采用A类抗震设计方法的桥梁，可采用的抗震体系有以下二种类型：  1 类型Ⅰ：地震作用下，桥梁的弹塑性变形、耗能部位位于桥墩，其中连续梁、简支梁单柱墩和双柱墩的耗能部位如图3.4.2所示；      2 类型II：地震作用下，桥梁的耗能部位位于桥梁上、下部连接构件（支座、耗能装置）。 | **3.4.2** 对采用1类抗震设计方法的桥梁，可采用的抗震体系有以下二种类型：  1 类型Ⅰ：地震作用下，桥梁的弹塑性变形、耗能部位位于桥墩，其中连续梁、简支梁单柱墩和双柱墩的耗能部位如图3.4.2所示；      2 类型II：地震作用下，桥梁的耗能部位位于桥梁上、下部连接构件（支座、耗能装置）。 |
| **3.4.6** 桥台不宜作为抵抗梁体地震惯性力的构件，桥台处宜采用活动支座，桥台上的横向抗震挡块宜设计为在E2地震作用下可以损伤。 | **3.4.6** 桥台不宜作为抵抗梁体地震惯性力的构件，桥台处宜采用活动支座，桥台上的横向抗震挡块宜设计为在E2地震作用下可以损伤。采用桥台作为抵抗梁体地震惯性力的构件时，应进行专门研究。 |
| **3.4.7** 当采用A类抗震设计方法的桥梁抗震体系不满足本规范第3.4.2条要求时，应进行专题论证，并必须要求结构在地震作用下的抗震性能满足本规范表3.1.2的要求。 | **3.4.7** 采用1类抗震设计方法的桥梁，如果抗震体系不满足本规范3.4.2条要求，应进行专题研究，并要求结构抗震性能满足本规范表3.1.2的要求。 |
|  | **3.5 预制拼装桥墩抗震性能要求** |
|  | **3.5.1** 本节适用于灌浆套筒、灌浆波纹管、承插式和超高强混凝土（UHPC）连接的预制拼装桥墩。 |
|  | **3.5.2** 预制拼装桥墩应具有稳定的强度，变形和延性能力，其抗震分析计算、验算和延性构造应满足本规范和相关规范的要求。 |
|  | 3.5.3 预制拼装桥墩的适用范围如下：  1 经过试验验证的灌浆套筒、灌浆波纹、插承式和超高强混凝土（UHPC）连接的预制拼装桥墩可用于7度及以下地区；  2 灌浆套筒、灌浆波纹管位于盖梁和承台内以及插承式连接和超高强混凝土（UHPC）连接的预制拼装桥墩在满足3.5.4条的要求条件下，可用于8度地区；  3 采用减隔震设计桥梁的预制拼装桥墩可用于8度及以下地区。 |
|  | **3.5.4** 除采用减隔震设计的桥梁以外，对于应用于8度地区的预制拼装桥墩，应进行大比例尺模型拟静力试验，并满足以下要求：  （1）抗震性能不低于整体现浇桥墩抗震性能；  （2）预制拼装桥墩的位移延性系数（延性能力）应不小于4。 |
|  | **3.5.5** 预制拼装桥墩中的盖梁、承台、基础应按能力保护原则设计，在地震作用下不发生损伤。 |
|  | **3.5.6** 预制拼装桥墩的连接构造应满足以下要求：  1 采用灌浆波纹管连接时，应具有足够的锚固连接强度，锚固连接应按能力保护方法设计，在地震作用下应避免锚固连接破坏；  2 采用插承式连接时，应具有足够的插承深度，承台应具有足够的承载能力，在地震作用下应避免连接和承台破坏；  3 灌浆套筒连接强度应大于所连接钢筋抗拉强度，地震作用下，应避免套筒连接破坏。 |
| **3.5抗震概念设计** | **3.6抗震概念设计** |
| **3.5.1** 对梁式桥，一联内桥墩的刚度比宜满足下列要求：  1 任意两桥墩刚度比：  1）桥面等宽：  (3.5.1-1)  2）桥面变宽：  (3.5.1-2)  2 相邻桥墩刚度比：  1）桥面等宽：  (3.5.1-3)  2）桥面变宽：  (3.5.1-4)  式中：、──分别为第*i*和第*j*桥墩考虑支座、挡块或剪力键后计算出的组合刚度（含顺桥向和横桥向），≥；  *mi*、*mj*──分别为第*i*和第*j*桥墩墩顶等效的梁体质量。 | **3.6.1** 对梁式桥，一联内桥墩的刚度比宜满足下列要求：  1 任意两桥墩刚度比：  1）桥面等宽：  (3.6.1-1)  2）桥面变宽：  (3.6.1-2)  2 相邻桥墩刚度比：  1）桥面等宽：  (3.6.1-3)  2）桥面变宽：  (3.6.1-4)  式中：、──分别为第*i*和第*j*桥墩考虑支座、挡块或剪力键后计算出的组合刚度（含顺桥向和横桥向），≥；  *mi*、*mj*──分别为第*i*和第*j*桥墩墩顶等效的梁体质量。 |
| **3.5.2** 梁式桥（多联桥）相邻联的基本周期比宜满足下式：  (3.5.2)  式中： *Ti* 、*Tj*──分别为第*i*和第*j*联的基本周期（含顺桥向和横桥向），*Tj*≥*Ti。* | **3.6.2** 梁式桥（多联桥）相邻联的基本周期比宜满足下式：  (3.6.2)  式中： *Ti* 、*Tj*──分别为第*i*和第*j*联的基本周期（含顺桥向和横桥向），*Tj*≥*Ti。* |
| **3.5.3** 对梁式桥，一联内各桥墩刚度相差较大和相邻联基本周期相差较大的情况，宜采用以下方法调整一联内各墩刚度比和相邻联周期比：  1 顺桥向，各桥墩刚度相差较大时，宜在各墩顶设置合理剪切刚度的橡胶支座，来调整各墩的等效刚度；  2 改变墩柱尺寸或纵向配筋率。 | **3.6.3** 对梁式桥，一联内各桥墩刚度相差较大和相邻联基本周期相差较大的情况，宜采用以下方法调整一联内各墩刚度比和相邻联周期比：  1 顺桥向，各桥墩刚度相差较大时，宜在各墩顶设置合理剪切刚度的橡胶支座，来调整各墩的等效刚度；  2 改变墩柱尺寸或构造形式。 |
|  | **3.6.4** 对于采用简支梁和桥面连续的桥梁，其墩高不宜超过40m。对墩高超过40m的桥梁，宜采用连续刚构或其他对抗震有利的结构形式。 |
| **3.5.4** 双柱或多柱墩在横桥向地震作用下，进行盖梁抗震设计时，应考虑盖梁可能会出现的正负弯矩交替作用。 | **3.6.5** 双柱或多柱墩在横桥向地震作用下，进行盖梁抗震设计时，应考虑盖梁可能会出现的正负弯矩交替作用。 |
|  | **3.6.6** 桥梁应尽可能设计为连续跨，同时加强过渡墩和桥台处的防落梁措施，以减小落梁风险。对于液化场地上的桥梁，下部结构宜选用桩径较大的基础。 |
| **4 场地、地基与基础** | **4 场地、地基与基础** |
| **4.1 场地** | **4.1 场地** |
| **4.1.3** 桥梁工程场地土层剪切波速应按下列要求确定：  1 甲类桥梁，应由工程场地地震安全性评价工作确定；  2 乙和丙类桥梁，可通过现场实测确定。现场实测时，钻孔数量应为：中桥不少于1个，大桥不少于2个，特大桥宜适当增加；  3 丁类桥梁，当无实测剪切波速时，可根据岩土名称和性状按表4.1.3划分土的类型，并应结合当地的经验，在表4.1.3的范围内估计各土层的剪切波速。 | **4.1.3** 桥梁工程场地土层剪切波速应按下列要求确定：  1 甲类桥梁，应由工程场地地震安全性评价工作确定；  2 乙和丙类桥梁，可通过现场实测确定。现场实测时，钻孔数量应为：中桥不少于1个，大桥不少于2个，特大桥宜适当增加；  3 丁类桥梁，当无实测剪切波速时，可根据岩土名称和性状按表4.1.3划分土的类型，并应结合当地的经验，在表4.1.3的范围内估计各土层的剪切波速。 |
| **4.1.7** 工程场地类别，应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度划分为四类，并应符合表4.1.7的规定。当在场地范围内有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表4.1.7所列场地类别的分界线附近时，允许按插值方法确定地震作用计算所用的特征周期值。 | **4.1.7** 工程场地应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表4.1.7进行分类。当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表4.1.7所列场地类别的分界线±15%范围内时，允许按插值方法确定地震作用计算所用的特征周期。 |
| **4.4 桩基** | **4.4 桩基** |
| **4.1.1** E2地震作用下，非液化土中，单桩的抗压承载能力可以提高至原来的2倍，单桩的抗拉承载力，可比非抗震设计时提高25%。 |  |
| **4.1.2** 当桩基内有液化土层时，液化土层的承载力（包括桩侧摩阻力）、土抗力（地基系数）、内摩擦角和内聚力等，可根据液化抵抗系数予以折减，折减系数α应按表4.4.1采用。液化抵抗系数应根据E1、E2加速度峰值分别确定。  （4.4.2）  式中：——液化抵抗系数；  *、*——分别为实际标准贯入锤击数和标准贯入锤击数临界值。 | **4.1.1** 桩基内有液化土层时，液化土层的承载力（包括桩侧摩阻力）、土抗力（地基系数）、内摩擦角和内聚力等，可根据液化抵抗系数予以折减，折减系数α应按表4.4.1采用。液化抵抗系数应根据E1、E2加速度峰值分别确定。  （4.4.1）  式中：——液化抵抗系数；  *、*——分别为实际标准贯入锤击数和标准贯入锤击数临界值。 |
| **5 地震作用** | 5 地震作用 |
| **5.1 一般规定** | **5.1 一般规定** |
| **5.1.1** 各类桥梁结构的地震作用，应按下列原则考虑：  1 一般情况下，城市桥梁可只考虑水平向地震作用，直线桥可分别考虑顺桥向X和横桥向Y的地震作用；  2 地震基本烈度为8度和9度时的拱式结构、长悬臂桥梁结构和大跨度结构，以及竖向作用引起的地震效应很重要时，应考虑竖向地震的作用。 | **5.1.1** 各类桥梁结构的地震作用，应按下列原则考虑：  1 一般情况下，城市桥梁可只考虑水平向地震作用，直线桥可分别考虑顺桥向X和横桥向Y的地震作用；  2 甲类桥梁、地震基本烈度为8度和9度时的拱式结构、长悬臂桥梁结构和大跨度结构，以及竖向作用引起的地震效应很重要时，应考虑竖向地震的作用。 |
| **5.1.2** 反应谱法，同时考虑三个正交方向（顺桥向 X、横桥向Y 和竖向 Z）的地震作用时，可分别单独计算 X 向地震作用在计算方向产生的最大效应 EX 、Y 向地震作用在计算方向产生的最大效应 EY 以及 Z 向地震作用在计算方向i产生的最大效应 EZ。在计算方向总的设计最大地震作用效应E按下式计算：  （5.1.2） | **5.1.2** 1 反应谱法，同时考虑三个正交方向（顺桥向 X、横桥向Y 和竖向 Z）的地震作用时，可分别单独计算 X 向地震作用在计算方向i产生的最大效应EiX 、Y 向地震作用在计算方向i产生的最大效应 EiY 与 Z 向地震作用在计算方向i产生的最大效应EiZ。在计算方向i总的设计最大地震作用效应 Ei按下式计算：  （5.1.2）  2 当采用时程分析法时，应同时输入两个或三个方向分量的一组地震动时程计算地震作用效应。 |
| **5.1.2** 对甲类桥梁，应根据专门的工程场地地震安全性评价确定地震作用。 |  |
| **5.2 设计加速度反应谱** | **5.2 设计加速度反应谱** |
| **5.2.1** 水平向设计加速度反应谱谱值S（图5.2.1）可由下式确定：    式中：──特征周期（s），根据场地类别和地震动参数区划的特征周期分区值按表5.2.1采用；计算8、9度E2地震作用时，特征周期宜增加0.05s。  ──结构的阻尼调整系数，阻尼比为0.05时取1.0，阻尼比不等于0.05时按本规范第5.2.2条计算；  *A*—— E1或E2地震作用下水平向地震动峰值加速度，按本规范第3.2.2条取值；  ──自特征周期至5倍特征周期区段曲线衰减指数，阻尼比为0.05时取0.9，阻尼比不等于0.05时按本规范第5.2.2条计算；  ──自5倍特征周期至6s区段直线下降段下降斜率调整系数，阻尼比为0.05时取0.02，阻尼比不等于0.05时按本规范第5.2.2条计算；  ──结构自振周期(s)。 | **5.2.1** 水平向设计加速度反应谱谱值S（图5.2.1）可由下式确定：    式中：──特征周期（s），根据场地类别和Ⅱ类场地基本地震动加速度反应谱特征周期分区值，按表5.2.1确定；E2地震动加速度反应谱特征周期应在表5.2.1的基础上增加0.05s。  ──结构的阻尼调整系数，阻尼比为0.05时取1.0，阻尼比不等于0.05时按本规范第5.2.2条计算；  *A*—— E1或E2地震作用下水平向地震动峰值加速度，按本规范第3.2.2条取值；  ──自特征周期至5倍特征周期区段曲线衰减指数，阻尼比为0.05时取0.9，阻尼比不等于0.05时按本规范第5.2.2条计算；  ──自5倍特征周期至6s区段直线下降段下降斜率调  整系数，阻尼比为0.05时取0.02，阻尼比不等于0.05时按本规范第5.2.2条计算；  ──结构自振周期(s)。 |
| **5.2.2** 当桥梁结构的阻尼比按有关规定不等于0.05时，地震加速度谱曲线的阻尼调整系数和形状参数应符合下列规定：  1 曲线下降段的衰减指数按下式确定：  (5.2.2-1)  式中：*γ*──曲线下降段的衰减指数；  *ξ*──结构实际阻尼比。  2 直线下降段下降斜率调整系数按下式确定：  (5.2.2-2)  式中：──倾斜段的斜率，小于0时取0。  3 阻尼调整系数按下式确定:  (5.2.2-3)  式中： ──阻尼调整系数，当小于0.55时，应取0.55。 | **5.2.2** 当桥梁结构的阻尼比按有关规定不等于0.05时，地震加速度谱曲线的阻尼调整系数和形状参数应符合下列规定：  1 曲线下降段的衰减指数按下式确定：  (5.2.2-1)  式中：*γ*──曲线下降段的衰减指数；  *ξ*──结构实际阻尼比。  2 直线下降段下降斜率调整系数按下式确定：  (5.2.2-2)  式中：──倾斜段的斜率，小于0时取0。  3 阻尼调整系数按下式确定:  (5.2.2-3)  式中： ──阻尼调整系数，当小于0.55时，应取0.55。 |
| **5.3 设计加速度反应谱** | **5.3 设计加速度反应谱** |
| **5.3.2** 未进行地震安全性评价的桥址，可采用本规范设计加速度反应谱为目标拟合设计加速度时程；也可选用与设定地震震级、距离、场地特性大体相近的实际地震动加速度记录，通过时域方法调整，使其加速度反应谱与本规范设计加速度反应谱匹配。 | **5.3.2** 未进行地震安全性评价的桥址，可采用本规范设计加速度反应谱为目标拟合设计加速度时程；也可选用与设定地震震级、距离、场地特性大体相近的实际地震动加速度记录，通过时域方法调整，使其加速度反应谱与本规范设计加速度反应谱匹配，每个周期值对应的反应谱幅值的相对误差应小于5%。采用实际地震动加速度记录调整得到的设计加速度时程应不少于总数的1/3。 |
|  | **5.3.3** 设计加速度时程不得少于三组，且应保证任意两组间同方向时程由式（5.3.3）定义的相关系数的绝对值小于0.1。   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  | (5.3.3) | (5.3.3) |   式中： a1j与a2j分别为时程a1与a2第j点的值。 |
| **5.5 作用效应组合** | **5.5 作用效应组合** |
| **5.5.1** 城市桥梁抗震设计应考虑以下作用：  1 永久作用，包括结构重力、土压力、水压力；  2 地震作用，包括地震动的作用和地震主动土压力、水压力等;  3 在进行支座抗震验算时，应计入50％均匀温度作用效应；  4 对城市轨道交通桥梁，应分别按有车、无车进行计算；当桥上有车时，顺桥向不计算活载引起的地震作用；横桥向计入50％活载引起的地震力，作用于轨顶以上2m处，活载竖向力按列车竖向静活载的100％计算。 | **5.5.1** 城市桥梁抗震设计应考虑以下作用：  1 永久作用，包括结构重力、预应力、土压力、水压力；  2 地震作用，包括地震动的作用和地震主动土压力、动水压力等;  3 在进行支座抗震验算时，应计入50％均匀温度作用效应；  4 对城市轨道交通桥梁，应分别按有车、无车进行计算；当桥上有车时，顺桥向不计算活载引起的地震作用；横桥向计入50％活载引起的地震力，作用于轨顶以上2m处，活载竖向力按列车竖向静活载的100％计算。 |
| **5.5.2** 城市桥梁抗震设计时的作用效应组合应包括本规范第5.5.1条要求的各种作用，组合方式应包括各种作用效应的最不利组合。 | **5.5.2** 城市桥梁抗震设计时的作用效应组合应包括本规范第5.5.1条要求的各种作用，组合方式应包括各种作用效应的最不利组合，组合系数为1.0。 |
| **6 抗震分析** | **6 抗震分析** |
| **6.1 一般规定** | **6.1 一般规定** |
| **6.1.2** 抗震分析时，可将桥梁划分为规则桥梁和非规则桥梁两类。简支梁及表6.1.2限定范围内的梁桥属于规则桥梁，不在此表限定范围内的桥梁属于非规则桥梁。 | **6.1.2** 抗震分析时，可将桥梁划分为规则桥梁和非规则桥梁两类。简支梁及表6.1.2限定范围内的梁桥属于规则桥梁，不在此表限定范围内的桥梁属于非规则桥梁。 |
| **6.1.7** 地震作用下，桥台台身地震惯性力可按静力法计算。 |  |
| **6.1.8** 在进行桥梁抗震分析时，E1地震作用下，桥梁的所有构件抗弯刚度均应按毛截面计算；E2地震作用下，延性构件的有效截面抗弯刚度应按式（6.1.7）计算，对圆形和矩形桥墩，可按本规范附录A取值，但其它构件抗弯刚度仍应按毛截面计算：  (6.1.7)  式中：──桥墩混凝土的弹性模量(kN/m2)；  ──桥墩有效截面抗弯惯性矩(m4)；  ──等效屈服弯矩(kN·m)，可按本规范第7.3.8条计算；  ──等效屈服曲率(1/m)，可按本规范第7.3.8条计算。 | **6.1.7** 在进行桥梁抗震分析时，E1地震作用下，桥梁的所有构件抗弯刚度均应按毛截面计算；E2地震作用下，延性构件的有效截面抗弯刚度应按式（6.1.7）计算，对圆形和矩形桥墩，可按本规范附录A取值，但其它构件抗弯刚度仍应按毛截面计算：  (6.1.7)  式中：──桥墩混凝土的弹性模量(kN/m2)；  ──桥墩有效截面抗弯惯性矩(m4)；  ──等效屈服弯矩(kN·m)，可按本规范第7.3.8条计算；  ──等效屈服曲率(1/m)，可按本规范第7.3.8条计算。 |
| **6.1.9** 在进行桥梁结构抗震分析时，地震动的输入宜按下列方式选取：  1 跨越河流的桥梁，地震动输入宜取一般冲刷线处场地地震动；  2 其他桥梁，地震动输入宜取地表处场地地震动。 | **6.1.8** 在进行桥梁结构抗震分析时，地震动的输入宜按下列方式选取：  1 跨越河流的桥梁，地震动输入宜取一般冲刷线处场地地震动；  2 其他桥梁，地震动输入宜取地表处场地地震动。 |
|  | **6.1.9** 对于可液化场地，应分别按非液化、液化两种情况，进行桥梁的地震反应分析，并按最不利情况进行抗震设计。 |
|  | **6.1.10** 对于土体液化可能会引起地面大变形的场地，桥梁的抗震设计应进行专题研究。 |
| **6.2 建模原则** | **6.2 建模原则** |
| **6.2.8** 当墩柱的计算高度与矩形截面尺寸之比大于8时，或墩柱的计算高度与圆形截面直径之比大于6时，应考虑-效应。 | **6.2.8** 当墩柱满足6.2.8式要求时，可不考虑-效应。  （6.2.8）  式中：——墩柱恒载轴力；  ——E2地震下，墩柱反弯点相对于塑性铰截面的水平位移；  ——恒载轴力作用下，采用材料强度标准值计算得到的截面抗弯承载力。 |
| **6.6 能力保护构件计算** | **6.6 能力保护构件计算** |
| **6.6.4** 双柱和多柱墩塑性铰区域截面顺桥向超强弯矩可按本规范第6.6.3条计算，横桥向超强弯矩可按下列步骤计算：  1 假设墩柱轴力为恒载轴力；  2 按截面实配钢筋，采用材料强度标准值，按本规范式（6.6.3）计算出各墩柱塑性铰区域截面超强弯矩；  3 计算各墩柱相应于其超强弯矩的剪力值，并按下式计算各墩柱剪力值之合*Q*(kN)：  （6.6.4）  式中：⎯⎯各墩柱相应于塑性铰区域截面的超强弯矩的剪力值(kN)。  4 将按正、负方向分别施加于盖梁质心处，计算各墩柱所产生的轴力（如图6.6.4所示）；  5 将合剪力Q产生的轴力与恒载轴力组合后，采用组合的轴力，重复步骤2和4进行迭代计算，直到相邻2次计算各墩柱剪力之合相差在10％以内。 | **6.6.4** 双柱和多柱墩塑性铰区域截面顺桥向超强弯矩可按本规范第6.6.3条计算，横桥向超强弯矩可按下列步骤计算：  1 假设墩柱轴力为恒载轴力；  2 按截面实配钢筋，采用材料强度标准值，按本规范式（6.6.3）计算出各墩柱塑性铰区域截面超强弯矩；  3 计算各墩柱相应于其超强弯矩的剪力值，并按下式计算各墩柱剪力值之合*V*(kN)：  （6.6.4）  式中：⎯⎯各墩柱相应于塑性铰区域截面的超强弯矩的剪力值(kN)。  4 将*V*按正、负方向分别施加于盖梁质心处，计算各墩柱所产生的轴力（如图6.6.4所示）；  5 将合剪力*V*产生的轴力与恒载轴力组合后，采用组合的轴力，重复步骤2和4进行迭代计算，直到相邻2次计算各墩柱剪力之合相差在10％以内。 |
| **6.6.10** 对低桩承台基础，作用在承台的水平地震可按下式计算：  （6.6.10）  式中：⎯⎯作用在承台中心处的水平地震力（kN）；  ⎯⎯承台的质量（t）。  A⎯⎯水平向地震动峰值加速度，按本规范第3.2.2条取值。 | **6.6.10** 承台的地震惯性力可按以下方法计算：  1 对低桩承台基础，作用在承台的水平地震可按下式计算：  （6.6.10）  式中：⎯⎯作用在承台中心处的水平地震力（kN）；  ⎯⎯承台的质量（t）。  A⎯⎯水平向地震动峰值加速度，按本规范第3.2.2条取值。  ⎯⎯对于非液化土中低桩承台基础，当回填土为压实填土时，可取1/3承台侧被动土压力；其他情况=0。  2 对于高桩承台基础，如果E2地震下桥墩墩底屈服，则承台的地震惯性力可将高桩承台基础作为独立单自由度系统，采用单振型反应谱法简化计算。 |
| **6.7 桥台** | **6.7 桥台** |
| **6.7.1** 桥台台身的水平地震力可按下式计算：  （6.7.1）  式中：⎯⎯水平向地震动加速度峰值，按本规范第3.2.2条取值；  ⎯⎯作用于台身重心处的水平地震作用力(kN)；  ⎯⎯基础顶面以上台身的质量(t)。  1 对修建在基岩上的桥台，其水平地震力可按式（6.7.1）计算值的80%采用；  2 验算设有固定支座的梁桥桥台时，应计入由上部结构所产生的水平地震力，其值按式（6.7.1）计算，但应加上一孔（简支梁）或一联（连续梁）梁的质量。 | **6.7.1** 桥台台身的水平地震力可按下式计算：  （6.7.1）  式中：⎯⎯水平向地震动加速度峰值，按本规范第3.2.2条取值；  ⎯⎯作用于台身重心处的水平地震作用力(kN)；  ⎯⎯基础顶面以上台身的质量(t)。  1 对修建在基岩上的桥台，其水平地震力可按式（6.7.1）计算值的80%采用；  2 设有固定支座、并且要求E2地震下固定支座正常工作的梁桥桥台，抗震设计应进行专题研究。 |
| **7 抗震验算** | **7 抗震验算** |
| **7.1 一般规定** | **7.1 一般规定** |
| **7.2.2** 采用2类抗震设计方法设计的桥梁，支座抗震能力可按下列方法验算；  1 板式橡胶支座的抗震验算：  1）支座厚度验算  (7.2.2-1)  (7.2.2-2)  式中：⎯⎯考虑地震作用、均匀温度作用和永久作用组合后的橡胶支座位移；  ⎯⎯橡胶层的总厚度（m）；  ⎯⎯橡胶片剪切角正切值，取；  ⎯⎯E1地震作用下橡胶支座的水平位移（m）；.  ⎯⎯永久作用产生的橡胶支座的水平位移（m）；  ──均匀温度作用产生橡胶支座的水平位移（m）；  ⎯⎯支座调整系数，一般取2.3。  2）支座抗滑稳定性验算：  (7.2.2-3)  (7.2.2-4)  式中：──支座的动摩阻系数，橡胶支座与混凝土表面的动摩阻系数采用0.15；与钢板的动摩阻系数采用0.10；  ──支座水平组合地震力（kN）；  ──上部结构重力在支座上产生的反力（kN）；  ──E1地震作用下橡胶支座的水平地震力（kN）；  ──永久作用产生的橡胶支座水平力（kN）；  ──均匀温度引起的橡胶支座的水平力（kN）；  ──支座调整系数，一般取2.3。  2 盆式支座和球形支座的抗震验算：  1）活动支座  (7.2.2-5)  2）固定支座  (7.2.2-6)  式中：**⎯⎯**活动支座容许滑动的水平位移（m）；  **⎯⎯**固定支座容许承受的水平力（kN）； | **7.2.2** 采用2类抗震设计方法设计的桥梁，支座抗震能力可按下列方法验算；  1 板式橡胶支座的抗震验算：  1）支座厚度验算  (7.2.2-1)  (7.2.2-2)  式中：⎯⎯考虑地震作用、均匀温度作用和永久作用组合后的橡胶支座位移；  ⎯⎯橡胶层的总厚度（m）；  ⎯⎯橡胶片剪切角正切值，取；  ⎯⎯E1地震作用下橡胶支座的水平位移（m）；.  ⎯⎯永久作用产生的橡胶支座的水平位移（m）；  ──均匀温度作用产生橡胶支座的水平位移（m）；  ⎯⎯支座调整系数，一般取2.3。  2）支座抗滑稳定性验算：  (7.2.2-3)  (7.2.2-4)  式中：──支座的动摩阻系数，橡胶支座与混凝土表面的动摩阻系数采用0.25；与钢板的动摩阻系数采用0.20；  ──支座水平组合地震力（kN）；  ──上部结构重力在支座上产生的反力（kN）；  ──E1地震作用下橡胶支座的水平地震力（kN）；  ──永久作用产生的橡胶支座水平力（kN）；  ──均匀温度引起的橡胶支座的水平力（kN）；  ──支座调整系数，一般取2.3。  2 盆式支座和球形支座的抗震验算：  1）活动支座  (7.2.2-5)  （7.2.2-6）  式中：⎯⎯考虑地震作用、均匀温度作用和永久作用组合后的橡胶支座位移；  ⎯⎯E1地震作用下橡胶支座的水平位移（m）；.  ⎯⎯永久作用产生的橡胶支座的水平位移（m）；  ──均匀温度作用产生橡胶支座的水平位移（m）；  2）固定支座  (7.2.2-7)    ──支座水平组合地震力（kN）；  ──E1地震作用下橡胶支座的水平地震力（kN）；  ──永久作用产生的橡胶支座水平力（kN）；  ──均匀温度引起的橡胶支座的水平力（kN）；  ──活动支座容许滑动的水平位移（m）；  ──固定支座容许承受的水平力（kN）。 |
| **7.4 能力保护构件验算** | **7.4 能力保护构件验算** |
| **7.4.2** 墩柱塑性铰区域沿顺桥向和横桥向的斜截面抗剪强度应按下列公式验算：  (7.4.2-1)  (7.4.2-2)    (7.4.2-4) (7.4.2-5)    式中：**⎯⎯**剪力设计值（kN），按本规范第6.6节计算；  **⎯⎯**塑性铰区域混凝土的抗剪能力贡献（kN）；  **⎯⎯**横向钢筋的抗剪能力贡献（kN）；  **⎯⎯**塑性铰区域混凝土抗剪强度（MPa）;  **⎯⎯**混凝土抗压强度设计值（MPa）;  **⎯⎯**核芯混凝土面积，可取（cm2）；  **⎯⎯**墩柱塑性铰区域截面全面积（cm2）；  **⎯⎯**墩柱位移延性系数，为墩柱地震位移需求与墩柱塑性铰屈服时的位移之比；  **⎯⎯**墩柱截面最小轴压力，对于框架墩横向需按本规范第6.6.4条计算（kN）；  **⎯⎯**螺旋箍筋面积（cm2）；  **⎯⎯**计算方向上箍筋面积总和（cm2）；  s**⎯⎯**箍筋的间距（cm）；  **⎯⎯**箍筋抗拉强度设计值（MPa）；  b**⎯⎯**墩柱的宽度（cm）；  **⎯⎯**螺旋箍筋环的直径（cm）；  **⎯⎯**核芯混凝土受压边缘至受拉侧钢筋重心的距离（cm）；  **⎯⎯**抗剪强度折减系数，。 | **7.4.2** 墩柱斜截面抗剪强度应按下列公式验算：  (7.4.2-1)  式中：──剪力设计值（kN），按本规范第6.6节计算；  ──抗剪强度折减系数，。  ——混凝土部分提供的抗剪强度，按下式（7.4.2-2）计算：  (7.4.2-2)  ──核芯混凝土面积，可取 (cm2)；  ——名义剪应力，对于塑性饺区域内按式（7.4.2-3）计算，塑性饺区域外按式（7.4.2-4）计算。  ——箍筋提供的抗剪强度，可按式（7.4.2-5）计算；  1 塑性铰区域外名义剪应力可按下式计算：  (7.4.2-3)  (7.4.2-4)  2 塑性饺区外名义剪应力可按下式计算：  (7.4.2-5)  3 箍筋提供的抗剪强度，可按（7.4.2-6）式计算:  (7.4.2-6)  (7.4.2-7)  ──混凝土抗压强度设计值(MPa)；  ──墩柱塑性铰区域截面全面积(cm2)；  ──墩柱位移延性系数，为墩柱地震位移需求与墩柱塑性铰屈服时的位移之比；  ──墩柱截面最小轴压力，对于框架墩横向需按本规范第6.6.4条计算(kN)；  ──螺旋箍筋面积(cm2)；  ──计算方向上箍筋面积总和(cm2)；  ──箍筋的间距(cm)；  ──箍筋抗拉强度设计值(MPa)；  ──墩柱的宽度(cm)；  ──螺旋箍筋环的直径(cm)；  ──核芯混凝土受压边缘至受拉侧钢筋重心的距离(cm)。 |
| **7.4.3** 应根据本规范第6.6节计算的基础弯矩、剪力和轴力设计值和永久作用效应组合后，应按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG63进行基础强度验算。在验算桩基础截面抗弯强度时，截面抗弯能力可采用材料强度标准值计算。 | **7.4.3** 应根据本规范第6.6节计算的基础弯矩、剪力和轴力设计值和永久作用效应组合后，按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》进行基础强度验算。  在对群桩基础进行抗震验算时，可进行以下调整：  1 非液化土层中的单桩抗压承载能力，可以提高至非抗震设计时的单桩承载能力的2倍；摩擦桩的单桩的抗拉承载力，可比非抗震设计时提高50%。  2 在验算桩身截面抗弯强度时，材料强度可采用标准值；  3 在验算高桩承台基础的桩顶截面抗弯强度时，其抗弯承载力可采用截面超强弯矩，超强系数取1.2。 |
| **7.4.5** 板式橡胶支座的抗震验算应符合下列要求：  1 支座厚度验算  (7.4.5-1)  (7.4.5-2)  式中：──橡胶层的总厚度(m)；  ──橡胶片剪切角正切值，取；  **⎯⎯**按照本规范第6.6.6条计算的支座水平地震设计力产生的支座水平位移、永久作用效应以及均匀温度作用效应组合后橡胶支座水平位移，按本规范式（7.4.5-2）计算；  **⎯⎯**按照本规范第6.6.6条计算的支座水平地震设计力产生的支座水平位移(m)；  ──永久作用产生的橡胶支座的水平位移(m)；  ──均匀温度作用引起的橡胶支座的水平位移（m）**。**  2 支座抗滑稳定性验算：  (7.4.5-3)  (7.4.5-4)  式中：──支座的动摩阻系数，橡胶支座与混凝土表面的动摩阻系数采用0.25；与钢板的动摩阻系数采用0.20；  **⎯⎯**按照本规范第6.6.6条计算的支座水平地震设计力、永久作用效应以及均匀温度作用效应组合后得到的橡胶支座的水平力设计值(kN)；  **⎯⎯**按本规范第6.6.6条计算的支座水平地震设计力（kN）；  ──永久作用产生的橡胶支座的水平力(kN)；  ──均匀温度作用引起的橡胶支座的水平力（kN）。 | **7.4.5** 板式橡胶支座的抗震验算应符合下列要求：  1 支座厚度验算  (7.4.5-1)  (7.4.5-2)  式中：──橡胶层的总厚度(m)；  ──橡胶片剪切角正切值，取；  **⎯⎯**按照本规范第6.6节计算的支座水平地震设计力产生的支座水平位移、永久作用效应以及均匀温度作用效应组合后橡胶支座水平位移，按本规范式（7.4.5-2）计算；  **⎯⎯**按照本规范第6.6节计算的支座水平地震设计力产生的支座水平位移(m)；  ──永久作用产生的橡胶支座的水平位移(m)；  ──均匀温度作用引起的橡胶支座的水平位移（m）**。**  2 支座抗滑稳定性验算：  (7.4.5-3)  (7.4.5-4)  式中：──支座的动摩阻系数，橡胶支座与混凝土表面的动摩阻系数采用0.25；与钢板的动摩阻系数采用0.20；  **⎯⎯**按照本规范第6.6节计算的支座水平地震设计力、永久作用效应以及均匀温度作用效应组合后得到的橡胶支座的水平力设计值(kN)；  **⎯⎯**按本规范第6.6节计算的支座水平地震设计力（kN）；  ──永久作用产生的橡胶支座的水平力(kN)；  ──均匀温度作用引起的橡胶支座的水平力（kN）。 |
| **7.4.6** 盆式支座和球型支座的抗震验算应符合下列要求：  1 活动支座：  (7.4.6-1)  2 固定支座：  (7.4.6-2)  式中： ──活动支座容许滑动水平位移(m)；  ──固定支座容许承受的水平力(kN)。 | **7.4.6** 盆式支座和球型支座的抗震验算应符合下列要求：  1 活动支座：  (7.4.6-1)  (7.4.6-2)  2 固定支座：  (7.4.6-3)  (7.4.6-4)  式中：──E2地震作用效应、永久作用效应以及均匀温度作用组合后得到的活动支座滑动水平位移(m)；  ──活动支座容许滑动水平位移(m)；  ──按照本规范第6.6节计算的支座水平地震设计力、永久作用效应以及均匀温度作用组合后得到的固定支座水平力设计值(kN)；  ──固定支座容许承受的水平力(kN)。 |
| **8 抗震构造细节设计** | **8 抗震构造细节设计** |
| **8.1 墩柱结构构造** | **8.1 墩柱结构构造** |
| **8.1.1** 对地震基本烈度7度及以上地区，墩柱塑性铰区域内加密箍筋的配置，应符合下列要求：  1 加密区的长度不应小于墩柱弯曲方向截面边长或墩柱上弯矩超过最大弯矩80％的范围；当墩柱的高度与弯曲方向截面边长之比小于2.5时，墩柱加密区的长度应取墩柱全高；  2加密箍筋的最大间距不应大于10cm或6或b/4(为纵筋的直径，b为墩柱弯曲方向的截面边长)；  3 箍筋的直径不应小于10mm；  4 螺旋式箍筋的接头必须采用对接焊，矩形箍筋应有135°弯钩，并应伸入核心混凝土之内6以上。 | **8.1.1** 对地震基本烈度7度及以上地区，墩柱塑性铰区域内加密箍筋的配置，应符合下列要求：  1 加密区的长度不应小于墩柱弯曲方向截面边长或墩柱上弯矩超过最大弯矩80％的范围；当墩柱的高度与弯曲方向截面边长之比小于2.5时，墩柱加密区的长度应取墩柱全高；  2加密箍筋的最大间距不应大于10cm或6或b/4(为纵筋的直径，b为墩柱弯曲方向的截面边长)；  3 加密区箍筋肢距不宜大于35cm；截面宽度内采用拉结筋时，其至少一端采用135°弯钩，弯钩伸入核心混凝土内的长度应大于6 倍箍筋直径，且不小于10cm，如图8.1.1所示;  4 螺旋式箍筋的接头必须采用对接焊，矩形箍筋应有135°弯钩，并应伸入核心混凝土之内6以上（为箍筋直径）。  5 箍筋的直径不应小于12mm。 |
| **8.1.2** 对地震基本烈度7度、8度地区，圆形、矩形墩柱塑性铰区域内加密箍筋的最小含箍率，应按式（8.1.2-1）和式（8.1.2-2）计算。对地震基本烈度9度及以上地区，圆形、矩形墩柱塑性铰区域内加密箍筋的最小体积含箍率应比地震基本烈度7度、8度地区适当增加，以提高其延性能力。  1 圆形截面：    （8.1.2-1）  2 矩形截面：  （8.1.2-2）  式中：⎯⎯轴压比，指结构的最不利组合轴向压力与柱的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比值；  ⎯⎯纵向配筋率。  ──箍筋抗拉强度标准值(MPa)；  ──混凝土抗压强度标准值(MPa)。 | **8.1.2** 对地震基本烈度7度、8度地区，圆形、矩形墩柱塑性铰区域内加密箍筋的最小含箍率，应按式（8.1.2-1）和式（8.1.2-2）计算。对地震基本烈度9度及以上地区，圆形、矩形墩柱塑性铰区域内加密箍筋的最小体积含箍率应比地震基本烈度7度、8度地区适当增加，以提高其延性能力。  1 圆形截面：    （8.1.2-1）  2 矩形截面：  （8.1.2-2）  式中：ρ s min——对于矩形截面为截面计算方向的配箍率，对于圆形截面为截面螺旋箍筋的体积配箍率；  ⎯⎯轴压比，指结构的最不利组合轴向压力与柱的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比值；  ⎯⎯纵向配筋率。  ──箍筋抗拉强度标准值(MPa)；  ──混凝土抗压强度标准值(MPa)。 |
| **8.1.3** 墩柱塑性铰加密区以外区域的箍筋量应逐渐减少，但箍筋的体积配箍率不应少于塑性铰区域体积配箍率的50%。 | **8.1.3** 塑性铰区域外的箍筋形式应与塑性铰区域内的箍筋形式相同。墩柱塑性铰加密区以外区域的箍筋量应逐渐减少，但箍筋的配箍率不应少于塑性铰区域配箍率的50%。 |
| **8.1.6** 墩柱的纵向钢筋应延伸至盖梁和承台的另一侧面，纵筋的锚固和搭接长度应在现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62要求的基础上增加10 (为纵筋的直径)，不应在塑性铰区域进行纵筋的连接。 | **8.1.6**  墩柱的纵向钢筋应满足以下要求：  1 墩柱的纵筋宜尽可能延伸至盖梁顶面和承台底面，纵筋的锚固和搭接长度应在现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》要求的基础上增加10 (为纵筋的直径)；  2 不应在塑性铰区域进行纵筋的连接；  3 桥墩伸入盖梁和承台的束筋应增加锚固长度，对于由 2 根钢筋组成的束筋应增加20%的锚固长度，对于由 3 根钢筋组成的束筋应增加 50%的锚固长度，4根及4根以上钢筋组成的束筋不能在延性构件中使用；  4 塑性铰区外纵向钢筋连接时，区段内连接受力钢筋的截面面积占总截面面积的百分数应满足现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》的要求，相邻两根纵向钢筋的连接处至少应错开60cm 以上**。** |
| **8.1.7** 塑性铰加密区域配置的箍筋应延伸至盖梁和承台内。延伸到盖梁和承台的距离不宜小于墩柱长边尺寸的1/2，并不应小于50cm。 | **8.1.7** 塑性铰加密区域配置的箍筋应延续到盖梁和承台内。延伸到盖梁和承台的距离应按施工允许的最大距离确定，延伸到盖梁或承台的最小距离不应小于墩柱长边尺寸的1/2，并不应小于50cm。 |
| **8.2 节点构造** | **8.2 节点构造** |
| **8.2.1** 节点的主拉应力和主压应力可按下式计算：  (8.2.1-1)  (8.2.1-2)  (8.2.1-3)  (8.2.1-4)  (8.2.1-5)  式中：、**⎯**节点的名义主压应力和名义主拉应力(MPa)；  **⎯**节点的水平方向名义剪应力(MPa)；  **⎯**节点的竖直方向名义剪应力(MPa)；  **⎯**节点的名义剪力(kN)，(见图8.2.1)；  **⎯**考虑超强系数（）的混凝土墩柱纵筋拉力(kN)，(见图8.2.1)；  **⎯**考虑超强系数（）的混凝土墩柱受压区压应力合力，(见图8.2.1)；  ，**⎯**节点沿竖直方向和水平方向的正应力(MPa)；  **⎯**分别为横梁横截面的宽度和高度(m)；  **⎯**分别为上立柱横截面的宽度和高度(m)；  **⎯**分别为上下立柱的轴力(kN)；  **⎯**横梁的轴力(kN)（包括预应力产生的轴力）。    图8.2.1 节点受力图 | **8.2.1** 节点的主拉应力和主压应力可按下式计算：  1.┣型节点  (8.2.1-1)  (8.2.1-2)  (8.2.1-3)  (8.2.1-4)  (8.2.1-5)  式中：、⎯节点的名义主压应力和名义主拉应力(MPa)；  ⎯节点的水平方向名义剪应力(MPa)；  ⎯节点的竖直方向名义剪应力(MPa)；  ⎯节点的名义剪力(kN)，(见图8.2.1)；  ⎯考虑超强系数（）的混凝土墩柱纵筋拉力(kN)，(见图8.2.1)；  ⎯考虑超强系数（）的混凝土墩柱受压区压应力合力，(见图8.2.1-1)；  ，⎯节点沿竖直方向和水平方向的正应力(MPa)；  ⎯分别为横梁横截面的宽度和高度(m)；  ⎯分别为上立柱横截面的宽度和高度(m)；  ⎯分别为上下立柱的轴力(kN)；  ⎯横梁的轴力(kN)（包括预应力产生的轴力）。    图8.2.1-1 ┣型节点受力图  2. T型节点  (8.2.1-6)  (8.2.1-7)  (8.2.1-8)  (8.2.1-9)  (8.2.1-10)  式中：、⎯节点的名义主压应力和名义主拉应力(MPa)；  ⎯节点的水平方向名义剪应力(MPa)；  ⎯节点的竖直方向名义剪应力(MPa)；  ⎯节点的名义剪力(kN)，(见图8.2.1-2)；  ⎯考虑超强系数（）的混凝土墩柱纵筋拉力(kN)，(见图8.2.2)；  ，⎯节点沿竖直方向和水平方向的正应力(MPa)；  ⎯分别为横梁横截面的宽度和高度(m)；  ⎯分别为立柱横截面的宽度和高度(m)；  ⎯立柱的轴力(kN)；  ⎯左右横梁的轴力(kN)（包括预应力产生的轴力）。    图8.2.1-2 T型节点受力图 |
| **8.2.2** 当主拉应力 (MPa)，节点的水平向和竖向箍筋配置可按下式计算：  (8.2.2) | **8.2.2** 节点的名义主压应力不应超过0.38，名义主拉应力不应超过1.23。 |
| **8.2.3** 当主拉应力(MPa)，应按下列要求进行节点的水平和竖向箍筋配置：  1 节点中的横向配箍率不应小于本规范第8.1.1、8.1.2条对于塑性铰加密区域配箍率的要求（横向箍筋的配置见图8.2.3）。  2 在距柱侧面/2的盖梁范围内配置竖向箍筋（为盖梁的高度，竖向箍筋见图8.2.3），按下式计算竖向箍筋面积：  (8.2.3)  式中 **⎯**立柱纵筋面积。  3 节点中的竖向箍筋面积可取/2。 | **8.2.3** 伸入节点的立柱最小配箍率应满足：    式中：⎯节点的名义主拉应力；  ⎯立柱伸入节点中的纵筋面积；  ⎯立柱伸入节点中的纵筋长度。 |
|  | **8.2.4** 对于盖梁和墩柱节点，当主拉应力 (MPa)，若盖梁高度为1.0～1.25倍墩柱横向宽度，宜按下列要求进行节点的水平和竖向箍筋配置(图8.2.4)：  1 盖梁两侧范围内增设竖向箍筋，单侧面积不小于0.175；  2 节点区域内范围内的竖向箍筋，面积不小于0.135；  3 盖梁上下增设附加纵筋，面积不小于0.245；  4 节点区域内设水平拉筋，可间隔布置，直径不小于12mm。 |
| **9 桥梁减隔震设计** | **9 桥梁减隔震设计** |
| **9.1 一般规定** | **9.1 一般规定** |
| **9.1.3** 桥梁减隔震设计，应满足列下要求：  1 桥梁减隔震支座应具有足够的刚度和屈服强度；  2 相邻上部结构之间应设置足够的间隙。 | **9.1.3** 桥梁减隔震设计，应满足列下要求：  1 桥梁减隔震支座应具有足够的刚度和屈服强度；  2 主梁与桥台之间、伸缩缝处梁体与梁体之间、主梁与挡块之间应设置足够的间隙。 |
|  | **9.1.5** 减隔震装置计算模型中应考虑减隔震装置力学参数的变化范围，对减隔震桥梁抗震分析进行不利参数下的抗震分析和验算。 |
| **9.2 减隔震装置** | **9.2 减隔震装置** |
| **9.2.2** 应通过试验对减隔震装置的变形、阻尼比等力学参数值进行验证。实验值与设计值的差别应在±10%以内 |  |
| **9.2.4** 减隔震装置可分为整体型和分离型两类，两类减隔震装置水平位移从50%的设计位移增加到设计位移时，其恢复力增量不宜低于其上部结构重量的2.5%。 | **9.2.2** 减隔震装置可分为整体型和分离型两类，两类减隔震装置水平位移从0.5倍的设计位移增加到设计位移时，其恢复力增量不宜低于其上部结构重量的0.0125倍。 |
| **9.2.3** 应依据相关的检测规程，对减隔震装置的性能和特性进行严格的检测实验。 |  |
| **9.2.5** 整体型减隔震装置宜选用下列类型：  1 铅芯橡胶支座；  2 高阻尼橡胶支座；  3 双曲面减隔震支座。 | **9.2.3** 常用的整体型减隔震装置有：  1 铅芯橡胶支座；  2 高阻尼橡胶支座；  3 双曲面减隔震支座。 |
| **9.2.6** 分离型减隔震装置宜选用下列类型：  1 橡胶支座+金属阻尼器；  2 橡胶支座+摩擦阻尼器；  3 橡胶支座+粘性材料阻尼器。 | **9.2.4** 常用的分离型减隔震装置有：  1 橡胶支座+金属阻尼器；  2 橡胶支座+摩擦阻尼器；  3 橡胶支座+粘性材料阻尼器。 |
|  | **9.2.5** 减隔震装置的选型和设计参数确定，应考虑施工容差和支座沉降等因素对减隔震装置性能发挥的影响。 |
|  | **9.2.6** 钢阻尼器应做好防锈蚀措施，应考虑局部锈蚀对钢阻尼器力学性能的影响。 |
|  | **9.2.7** 应依据相关的减隔震装置检测规程或标准，通过实验对减隔震装置成品的位移能力、特征强度、屈服强度、竖向承载力、摩擦系数、等效刚度、等效阻尼比等力学参数值和正常运营性能要求进行验证。 |
|  | **9.2.8** 减隔震支座的主要力学设计参数，实验测试应满足下表和相关减隔震装置产品规范的要求。  1、叠层橡胶支座性能要求应符合表9.2.8-1的规定；    2 铅芯橡胶支座参数应满足表9.2.8-2；    3 摩擦摆式减隔震支座的力学参数应满足表9.2.8-3： |
| **9.3 减隔震桥梁地震反应分析** | **9.3 减隔震桥梁地震反应分析** |
|  | **9.3.1** 减隔震桥梁的计算模型，应正确反映减隔震装置的力学特性。当环境温度全年变化较大时，计算模型中还应考虑温度对减隔震装置的力学特性的影响，并对减隔震桥梁进行不利温度条件下的抗震分析和验算。 |
|  | **9.3.1** 当考虑竖向地震动作用时，摩擦型减隔震支座的力学模型应能考虑竖向地震动对其力学特性的影响。 |
| **9.3.1** 减隔震桥梁水平地震力的计算，可采用反应谱分析法和非线性动力时程分析法。 | **9.3.3** 减隔震桥梁水平地震力的计算，可采用反应谱分析法和非线性动力时程分析法。 |
| **9.3.2** 当同时满足以下条件时，可采用反应谱法进行减隔震桥梁抗震分析：  1 桥梁几何形状满足本规范表6.1.2对规则桥梁的要求；  2 距离最近的活动断层大于15km；  3 场地类型为I、II、III类，且场地条件稳定；  4 减隔震装置等效阻尼比不超过30%；  5 减隔震桥梁的基本周期T1（隔震周期）为未采用隔震桥梁基本周期T0的2.5倍以上。 | **9.3.4** 当同时满足以下条件时，可采用反应谱法进行减隔震桥梁抗震分析：  1 桥梁几何形状满足本规范表6.1.3对规则桥梁的要求；  2 距离最近的活动断层大于10 km；  3 场地类型为I、II、III类，且场地条件稳定；  4 减隔震装置等效阻尼比不超过30%；  5 减隔震桥梁的隔震周期T1为未采用隔震桥梁基本周期T0的2.5倍以上，且小于3s。 |
| **9.3.3** 当不满足本规范第9.3.2条要求时，减隔震桥梁应采用非线性动力时程分析方法进行抗震分析。 | **9.3.5** 当不满足本规范第9.3.4条要求时，减隔震桥梁应采用非线性动力时程分析方法进行抗震分析。 |
| **9.3.4** 一般情况下，弹塑性和摩擦类减隔震支座的恢复力模型可采用双线性模型，并应符合下列规定：  1 铅芯橡胶支座的恢复力模型如图9.3.4-1所示，其等效刚度和等效阻尼比分别为：  (9.3.4-1)  (9.3.4-2)  式中：**⎯**为铅芯橡胶支座的设计位移(m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的屈服位移(m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的特征强度(kN)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的等效刚度(kN/m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的屈后刚度(kN/m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的等效阻尼比。    图中：**⎯**初始弹性刚度  2 摆式支座的恢复力模型如图9.3.4-2所示，屈后刚度为：    (9.3.4-3)  等效刚度为：  (9.3.4-4)  等效阻尼比为：  (9.3.4-5)  式中：W**⎯**恒载作用下支座竖向反力(kN)；  R**⎯**为滑动曲面的曲率半径(m)；  **⎯**支座设计水平位移(m)；  **⎯**为滑动摩擦系数。 | **9.3.6** 一般情况下，弹塑性和摩擦类减隔震支座的恢复力模型可采用双线性模型，并应符合下列规定：  1 铅芯橡胶支座的恢复力模型如图9.3.6-1所示，其等效刚度和等效阻尼比分别为：  (9.3.6-1)  (9.3. 6-2)  式中：**⎯**为铅芯橡胶支座的设计位移(m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的屈服位移(m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的特征强度(kN)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的等效刚度(kN/m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的屈后刚度(kN/m)；  **⎯**为铅芯橡胶支座的等效阻尼比。    图中：**⎯**初始弹性刚度  2 摆式支座的恢复力模型如图9.3.6-2所示，屈后刚度为：    (9.3.6-3)  等效刚度为：  (9.3.6-4)  等效阻尼比为：  (9.3.6-5)  式中：W⎯恒载作用下支座竖向反力(kN)；  R⎯为滑动曲面的曲率半径(m)；  ⎯支座设计水平位移(m)；  ⎯为滑动摩擦系数；摩擦系数应考虑随速度变化的影响，根据相关试验数据确定，如无试验数据，可取0.03。  3 粘性材料阻尼器的恢复力模型如图所示，恢复力模型宜用于非线性时程分析方法。  （9.3.6-6）  式中：C⎯阻尼系数；  V⎯速度；  α⎯速度指数。 |
| **9.3.5**  采用反应谱法进行减隔震桥梁抗震分析时，应符合下列要求：  1 减隔震桥梁顺桥向、横桥向的水平地震力，可按下式计算：  (9.3.7-1)  2 梁体顺桥向和横桥向的位移可按下式计算：  （9.3.7-2）  式中：*S*──相应于减隔震桥等效周期（顺桥向或横桥向），采用等效阻尼比修正的反应谱值；  ──一联桥梁总质量，应包含梁体，以及按本规范第6.5.2 条墩身质量换算系数p、盖梁质量换算系数*cp*等效的各墩身质量之和(t)。  3 减隔震桥梁等效周期(s)，可按下式计算：  （9.3.7-3）  （9.3.7-4）  式中：──重力加速度系数；  ──第*i*桥墩、桥台与其上的减隔震装置等效刚度串联后的组合刚度值(kN/m)；  ──为第*i*桥墩、桥台的剪切刚度(kN/m)；  ──为第*i*桥墩、桥台上减隔震装置的等效刚度(kN/m)。  4 隔震桥梁等效阻尼比可根据第*i*个桥墩、桥台上减隔震装置的等效阻尼比与第*i*个桥墩、桥台等效阻尼比，按下式计算：  （9.3.7-5）  式中：──第i个桥墩、桥台上减隔震装置的水平设计位移 (m)。 | **9.3.7** 采用反应谱法进行减隔震桥梁抗震分析时，应符合下列要求：  1 减隔震桥梁顺桥向、横桥向的水平地震力，可按下式计算：  (9.3.7-1)  2 梁体顺桥向和横桥向的位移可按下式计算：  （9.3.7-2）  式中：*S*──相应于减隔震桥等效周期（顺桥向或横桥向），采用等效阻尼比修正的反应谱值；  ──一联桥梁总质量，应包含梁体，以及按本规范第6.5.2 条墩身质量换算系数p、盖梁质量换算系数*cp*等效的各墩身质量之和(t)。  3 减隔震桥梁等效周期(s)，可按下式计算：  （9.3.7-3）  （9.3.7-4）  式中：──重力加速度系数；  ──第*i*桥墩、桥台与其上的减隔震装置等效刚度串联后的组合刚度值(kN/m)；  ──为第*i*桥墩、桥台的剪切刚度(kN/m)；  ──为第*i*桥墩、桥台上减隔震装置的等效刚度(kN/m)。  4 隔震桥梁等效阻尼比可根据第*i*个桥墩、桥台上减隔震装置的等效阻尼比与第*i*个桥墩、桥台等效阻尼比，按下式计算：  （9.3.7-5）  式中：──第i个桥墩、桥台上减隔震装置的水平设计位移 (m)。 |
| **9.3.6** 反应谱方法计算地震作用效应（内力，位移），可根据本规范第6章中有关条文确定。 | **9.3.8** 反应谱方法计算地震作用效应（内力，位移），可根据本规范第6章中有关条文确定。 |
| **9.3.7**  采用反应谱分析方法计算作用在减隔震桥梁第*i*个墩台顶的水平地震力可按下式计算：  （9.3.9）  式中：──作用在第*i*个桥墩、桥台顶的水平地震力(kN)；  ──第*i*个桥墩、桥台上减隔震支座的等效刚度(kN/m)；  ──第*i*个桥墩、桥台上减隔震支座的地震水平位移(m)。 | **9.3.9** 采用反应谱分析方法计算作用在减隔震桥梁第*i*个墩台顶的水平地震力可按下式计算：  （9.3.9）  式中：──作用在第*i*个桥墩、桥台顶的水平地震力(kN)；  ──第*i*个桥墩、桥台上减隔震支座的等效刚度(kN/m)；  ──第*i*个桥墩、桥台上减隔震支座的地震水平位移(m)。 |
| **9.4 减隔震桥梁抗震验算** | **9.4 减隔震桥梁抗震验算** |
| **9.4.1** E2 地震作用下，桥梁墩台与基础的验算，应将减隔震装置传递的水平地震力除以1.5的折减系数后，按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62和《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63进行。 | **9.4.1** E2 地震作用下，桥墩、桥台、基础可发生局部轻微损伤，但仍处于弹性状态，震后不需修复或经简单修复可继续使用。 |
|  | **9.4.2** 顺桥向和横桥向E2 地震作用效应和永久作用效应组合后，应按现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》 和《公路桥涵地基与基础设计规范》 进行抗震验算，可采用材料强度标准值。 |
| **9.4.2** 减隔震装置的验算应符合下列要求：  1 对橡胶型隔震支座，E2地震作用下产生的剪切应变必须在250%以下，并应校核其稳定性；  2 非橡胶型减隔震装置，应根据具体的产品性能指标进行验算。 | **9.4.3** 减隔震装置的验算应符合下列要求：  1 对橡胶型隔震支座，E2地震作用下产生的剪切应变必须在250%以下，并应校核其稳定性；  2 E2地震作用下有效承压面积应符合下列规定:  (9.4.3-1)  ⎯E2地震作用与恒载作用组合后竖向反力；  =2.0[σ] (9.4.3-2)  [σ]⎯橡胶支座的容许压应力，按按现行行业标准《公路桥梁板式橡胶支座》取值；  ⎯支座为有效承压面积，可按支座在发生水平位移XB的情况下，支座顶面和底面在平面上投影的重叠面积计算（图9.4.3）；    3 非橡胶型减隔震装置，应根据具体的产品性能指标和相关规范进行检测和验算；  4 减隔震装置连接件设计强度，应确保在减隔震装置破坏前其连接件不发生破坏；  5 在E2 地震作用下，减隔震支座不宜出现拉力。 |
| **10 斜拉桥、悬索桥和大跨度拱桥** | **10 斜拉桥、悬索桥和大跨度拱桥** |
| **10.1 一般规定** | **10.1 一般规定** |
| **10.1.1** 斜拉桥、悬索桥和大跨度拱桥应采用对称的结构形式，上、下部结构之间的连接构造应均匀对称。 | **10.1.1** 斜拉桥、悬索桥和大跨度拱桥宜采用对称的结构形式，上、下部结构之间的连接构造宜均匀对称。 |
| **10.1.2** 建在地震基本烈度8度、9度地区的斜拉桥宜优先考虑漂浮体系，如漂浮体系导致梁端位移过大，宜采用塔-梁弹性约束或阻尼约束体系。 | **10.1.2** 建在地震基本烈度8度、9度地区强震条件下，斜拉桥桥纵向宜优先考虑漂浮体系，如漂浮体系导致梁端位移过大，宜采用塔-梁弹性约束或阻尼约束体系；横向当墩梁、塔梁固定约束导致地震内力过大时，宜采用适当的横向减震设计。 |
| **10.1.5** 主要承重结构（塔、墩及拱桥主拱）宜选择有利于提高延性变形能力的结构形式及材料，避免发生脆性破坏。 | **10.1.5** 主要承重结构（塔、墩及拱桥主拱）宜选择有利于提高延性变形能力的结构形式及材料，钢筋混凝土结构应加强箍筋配置，避免发生脆性破坏。 |
|  | **10.1.6** 建在地震基本烈度7度以上地区的大跨度斜拉桥，边墩和辅助墩支座的横向固定约束宜设计为地震下可牺牲，如地震下横向位移过大，宜并联设置耗能装置。 |
| **10.2 建模与分析原则** | **10.2 建模与分析原则** |
| 10.2.1 大跨度桥梁的地震反应分析可采用时程分析法和多振型反应谱法。 | 10.2.1 大跨度桥梁的地震反应分析可采用时程分析法和多振型反应谱法，并相互校核，线性时程分析结果不应小于反应谱分析结果的80%。 |
| **10.2.3** 地震反应分析时，采用的计算模型应真实模拟桥梁结构的刚度和质量分布及边界连接条件，并应满足下列要求：  1 计算模型应考虑相邻引桥对主桥地震反应的影响；  2 墩、塔、拱肋及拱上立柱可采用空间梁单元模拟；桥面系应根据截面形式选用合理计算模型；斜拉桥拉索、悬索桥主缆和吊杆、拱桥吊杆和系杆可采用空间桁架单元；  3 应考虑恒载作用下结构初应力刚度，拉索垂度效应等几何非线性影响；  4 当进行非线性时程分析时，支承连接条件应采用能反应支座力学特性的单元模拟；若结构已进入非线性工作状态，应选用适当的弹塑性单元进行模拟。 | **10.2.3** 地震反应分析时，采用的计算模型应真实模拟桥梁结构的刚度和质量分布及边界连接条件，并应满足下列要求：  1 计算模型应考虑相邻引桥对主桥地震反应的影响；  2 墩、塔、拱肋及拱上立柱可采用空间梁单元模拟；桥面系应根据截面形式选用合理计算模型；斜拉桥拉索、悬索桥主缆和吊杆、拱桥吊杆和系杆可采用空间桁架单元；  3 应考虑恒载作用下结构初应力刚度，拉索垂度效应等几何非线性影响；  4 当进行非线性时程分析时，支承连接条件应采用能反应支座力学特性的单元模拟；若结构已进入非线性工作状态，应选用适当的弹塑性单元进行模拟。  5 E2 地震作用下，桥塔截面抗弯刚度可采用开裂刚度，开裂刚度可取0.8 倍全截面刚度，若边墩已进入非线性工作状态，应选用适当的弹塑性单元进行模拟。 |
|  | **10.2.8** 当桥梁长度大于600m时，宜考虑行波效应，地震动水平视波速应通过对工程场地地震环境的评价确定，当无可靠依据时，可取大于1000m/s并对结构反应最不利的视波速。 |
|  | **10.2.8** 当桥址场地存在地质不连续或明显的不同地貌特征, 宜考虑地震动的空间变化性。 |
| **10.3 性能要求与抗震验算** | **10.3 性能要求与抗震验算** |
| **10.3.2** 在 E2 地震作用下，主缆不应发生损伤，主塔、基础、主梁等重要结构受力构件可发生局部轻微损伤，震后不需修复或简单修复可继续使用，边墩等桥梁结构中比较容易修复的构件可按延性构件设计，震后应能修复。 | **10.3.2** 在 E2 地震作用下，主缆、斜拉索、吊杆应不发生损伤，主塔、主拱圈、基础、主梁等重要受力构件可发生局部轻微损伤，震后不需修复或经简单修复可继续使用，边墩等桥梁结构中比较容易修复的构件可按延性构件设计，但宜控制损伤程度，保证震后能够快速修复。 |
|  | **10.3.3** 在E2地震下，需验算主、引桥纵向相对位移，避免发生碰撞，应加强相邻引桥的防落梁措施。 |
| **10.3.3** 拱桥桥墩和拱上立柱、斜拉桥引桥桥墩和悬索桥引桥桥墩可按本规范第7章的有关规定进行抗震验算；桥梁支座等连接构件可按本规范第7.4节相关要求进行抗震验算。 | **10.3.4** 拱桥桥墩和拱上立柱、斜拉桥引桥桥墩和悬索桥引桥桥墩可按本规范第7章的有关规定进行抗震验算；桥梁支座等连接构件可按本规范第7.4节相关要求进行抗震验算。 |
| **11 抗震措施** | **11 抗震措施** |
| **11.2 6度区** | **11.2 一级抗震措施** |
| **11.2.1** 简支梁梁梁端至墩、台帽或盖梁边缘应有一定的距离(图11.2.1)。其最小值a (cm)按下式计算：  （11.2.1）  式中：L**⎯**桥梁跨度（m）。 | **11.2.1** 简支梁梁梁端至墩、台帽或盖梁边缘应有一定的距离(图11.2.1)。其最小值a (cm)按下式计算：  （11.2.1）  式中：L**⎯**桥梁跨度（m）。 |
| **11.3 7度区** | **11.3 二级抗震措施** |
| **11.3.1** 7度区的抗震措施，除应符合6度区的规定外，尚应符合本节的规定。 | **11.3.1** 二级抗震措施，除应符合一级抗震措施的规定外，尚应符合本节的规定。 |
| **11.3.2** 简支梁梁梁端至墩、台帽或盖梁边缘应有一定的距离，其最小值a (cm)按下式计算：  （11.3.2）  式中：L**⎯**桥梁跨度（m）。 | **11.3.2** 简支梁梁梁端至墩、台帽或盖梁边缘应有一定的距离，其最小值a (cm)按下式计算：  （11.3.2）  式中，H⎯为桥墩的高度(m)  L⎯为桥梁的跨度。 |
| **11.3.5** 桥梁宜采用挡块、螺栓连接和钢夹板连接等防止纵横向落梁的措施。 | **11.3.5** 桥梁横桥向应采用挡块作为横向防落梁措施，典型的横桥向挡块如图11.3.5所示。 |
|  | **11.3.6** 横桥向挡块布置位置应满足以下要求：  1对于采用减隔震支座的桥梁，横向挡块与梁体的间隙应大于减隔震支座的设计位移；  2 对于非减隔震桥梁，横向挡块应尽量靠近梁体。 |
| **11.4 8度区** | **11.4 三级抗震措施** |
| **11.4.1** 8度区的抗震措施，除应符合7度区的规定外，尚应符合本节的规定。 | **11.4.1** 三级抗震措施，除应符合二级抗震措施的规定外，尚应符合本节的规定。 |
| **11.4.2** 应设置限位装置控制墩梁位移，常用的限位装置如图11.4.2-1所示。 | **11.4.2** 应设置纵桥向防落梁装置，常用的纵桥向防落向装置有纵向挡块（如图11.4.2-1所示），梁、墩，梁、台连接装置，图11.4.2-2所示。 |
|  | **11.4.3** 纵桥向防落向装置应满足梁体在正常使用下的变形要求；纵向挡块与梁体或桥墩的间隙应大于活动支座的设计位移。 |
|  | **11.4.4** 混凝土纵向挡块的纵向水平承载能力可由下式确定：  （11.4.4）  式中：⎯为桥梁桥墩或桥台基础纵向水平承载能力；  数，0.5≤1。 |
| **11.4.3** 拱桥的主拱圈宜采用抗扭刚度较大、整体性较好的断面形式。当采用钢筋混凝土肋拱时，必须加强横向联系。 | **11.4.5** 拱桥的主拱圈宜采用抗扭刚度较大、整体性较好的断面形式。当采用钢筋混凝土肋拱时，必须加强横向联系。 |
| **11.4.4** 连续梁桥宜采取使上部构造所产生的水平地震荷载能由各个墩、台共同承担的措施。 | **11.4.6** 连续梁桥宜采取使上部构造所产生的水平地震荷载能由各个墩、台共同承担的措施。 |
| **11.4.5** 连续曲梁的边墩和上部构造之间宜采用锚栓连接。 | **11.4.7** 连续曲梁的边墩和上部构造之间宜采用锚栓连接。 |
| **11.4.6** 桥台宜采用整体性强的结构形式。 | **11.4.8** 桥台宜采用整体性强的结构形式。 |
| **11.4.7** 当桥梁下部为钢筋混凝土结构时，其混凝土强度等级不应低于C25。 | **11.4.9** 当桥梁下部为钢筋混凝土结构时，其混凝土强度等级不应低于C30。 |
| **11.4.8** 基础宜置于基岩或坚硬土层上。基础底面宜采用平面形式。当基础置于基岩上时，方可采用阶梯形式。 | **11.4.10** 基础宜置于基岩或坚硬土层上。基础底面宜采用平面形式。当基础置于基岩上时，方可采用阶梯形式。 |
| **11.5 9度区** | **11.5 四级抗震措施** |
| **11.5.1** 9度区的抗震措施，除应符合8度区的规定外，尚应符合本节的规定。 | **11.5.1** 四级抗震措施，除应符合三级抗震措施的规定外，尚应符合本节的规定。 |
| **引用标准名录** | **引用标准名录** |
| 1. 《建筑抗震设计规范》GB50011  2. 《公路工程抗震设计规范》JTJ 004  3. 《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-01  4. 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60  5. 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363  6. 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 63。 | 1. 《建筑抗震设计规范》GB50011  2. 《公路工程抗震设计规范》JTJ 004  3. 《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-01  4. 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60  5. 《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363  6. 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362。 |