



T/CECS G XXX: XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路桥梁减隔震加固技术规程

Design Standard for Seismic Isolation of Highway Bridges

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中国工程建设标准化协会标准

公路桥梁减隔震加固技术规程

Design Standard for Seismic Isolation of Highway Bridges

主编单位：山东省交通规划设计院集团有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：202X 年 XX 月 XX 日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021 年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2021〕11 号）的要求，由山东省交通规划设计院集团有限公司承担《公路桥梁减隔震加固技术规程》（以下简称“本文件”）的制定工作。

本文件总结吸收国内桥梁减隔震设计相关科研成果和工程应用经验，编制而成。

本文件分为 7 章，主要包括总则、术语和符号、基本规定、抗震性能目标、减隔震分析、桥梁减隔震设计。

请注意本文件的某些内容可能直接或间接涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件是基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本文件提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本文件相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本文件由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由山东省交通规划设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或张常勇（地址：山东省济南市高新区天辰路 2177 号；邮编：250101；电子邮箱：cy_zhang777@qq.com），以便修订时参考。

主 编 单 位：山东省交通规划设计院集团有限公司

参 编 单 位：同济大学

主 编：

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

目 次

1 总则	4
2 术语和符号	5
2.1 术语.....	5
2.2 符号.....	5
3 基本规定	7
3.1 一般规定.....	7
3.2 作用及其组合	8
4 抗震性能目标.....	9
4.1 一般规定	9
4.2 抗震性能目标	9
4.3 既有桥梁性能目标	9
5 减隔震分析	12
5.1 一般规定	12
5.2 用于动力时程分析的地震作用.....	12
5.3 分析模型及分析方法	12
6 桥梁减隔震设计.....	18
6.1 一般规定	18
6.2 桥梁伸缩装置	18
6.3 防落梁系统.....	19
6.4 减隔震支座的性能要求	19
6.5 减隔震支座的验算	20

6.6 支座及限位装置系统构造要求.....	20
6.7 整体型减隔震装置	21
6.8 分离型减隔震装置	23
本标准用词用语说明	25

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为贯彻执行《中华人民共和国防震减灾法》，规范和指导既有公路桥梁减隔震设计工作，保障公路桥梁抗震性能，制定本规程。

条文说明

编制公路桥梁减隔震加固技术规程对于贯彻执行《中华人民共和国防震减灾法》、规范设计工作、保障桥梁安全、减轻经济损失、提升抗震设计水平、预防地震灾害、促进技术进步以及提升社会经济效益等方面具有重要意义。编制本规程，可以显著提高既有公路桥梁的抗震性能，减少地震对桥梁的破坏，确保桥梁在地震中的安全和正常运行，同时推动新材料、新技术的应用，促进相关技术的发展和创断，为经济社会的可持续发展提供坚实的基础设施保障。

1.0.2 本规程适用于既有公路桥梁的减隔震设计。

1.0.3 公路桥梁减隔震加固设计除应符合本规程外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 抗震性能目标 seismic performance objective

桥梁工程中为确保结构在地震作用下能够达到既定的安全性、功能性和经济性标准而设定的综合性能指标

2.1.2 桥梁抗震性能评价 seismic performance assessment of bridges

桥梁抗震性能评价是对桥梁结构在地震作用下的安全性、承载力和变形能力进行的综合评估，以确定其是否满足预定的抗震设防水平。

2.1.3 桥梁减隔震设计 Seismic isolation design of bridges

桥梁减隔震设计是一种以提高桥梁抗震性能为目的的设计方法，它包括减震设计来增加结构的阻尼，以及隔震设计来隔离地震能量的传递，确保桥梁在地震发生时能够维持其结构完整性和功能。

2.2 符号

Y_a ——既有桥梁的预期使用年限；

Y_d ——既有桥梁的设计使用年限；

Y_e ——对既有桥梁进行评价的年份；

Y_c ——既有桥梁的建造年份；

A_g ——墩柱截面面积；

η_k ——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；

ρ_t ——纵向配筋率；

f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度实测值或标准值；

f_{yh} ——箍筋抗拉强度实测值或标准值；

D_d ——减隔震支座的设计位移；

$F(D_d)$ ——减隔震支座对应于设计位移 D_d 的水平力；

D_y ——减隔震支座的屈服位移；
 Q_d ——减隔震支座的特征强度；
 K_{eff} ——减隔震支座的等效刚度；
 K_u ——减隔震支座的屈前刚度；
 K_d ——减隔震支座的屈后刚度；
 ζ_{eff} ——减隔震支座的等效阻尼比。
 K_s ——拉索的轴向刚度；
 α ——拉索张紧时与水平面的夹角；
 E ——拉索弹性模量；
 A ——拉索计算截面积；
 L ——单根拉索全长；
 W ——恒载作用下支座竖向反力；
 R ——支座滑动曲面的曲率半径；
 M_d ——支座滑动摩擦系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 采用减隔震加固的桥梁，在加固前应对桥梁抗震性能进行评价，评价内容及方法等应满足 JTG/T 2231-02 有关规定。

3.1.2 满足下列条件之一的既有桥梁，应采用减隔震加固：

- 1 未进行抗震设防的；
- 2 未达到该地区抗震设防现行标准规定的设防烈度或设防类别要求的；
- 3 遭受地震灾害的桥梁。

3.1.3 满足下列条件之一的既有桥梁，可采用减隔震加固：

- 1 桥墩为刚性墩，桥梁的基本周期比较短；
- 2 桥墩高度相差较大；
- 3 桥梁工程场地的预期地面运动特性比较明确，主要能量集中在高频段。

3.1.4 存在以下情况之一时，不宜采用减震加固和隔震加固：

- 1 地震作用下，场地可能失效。
- 2 下部结构刚度小，桥梁的基本周期比较长。
- 3 位于软弱场地，延长周期也不能避开地震波能量集中频段。
- 4 支座中可能出现负反力。

3.1.5 采用减隔震加固的桥梁，若 E1 与 E2 地震作用下结构体系相同，可只进行 E2 地震作用下的抗震加固设计和验算，否则应分别进行 E1 和 E2 地震作用下的抗震加固设计和验算。

3.1.6 桥梁减隔震加固应尽可能不损伤原结构，避免不必要的拆除及更换。

3.1.7 减震加固和隔震加固施工方法、流程、工艺的设计，应考虑结构或构件出现倾斜、失稳、坍塌等的可能性，并采取有效措施。

3.2 作用及其组合

3.2.1 桥梁减震设计和隔震设计应考虑以下作用：

- 1 永久作用，包括结构重力、预应力、混凝土的徐变收缩、土压力、水压力、浮力；
- 2 地震作用，包括地震动的作用和地震土压力、水压力等；
- 3 在进行减隔震装置抗震验算时，应计入50%均匀温度作用效应；

3.2.2 桥梁减震设计和隔震设计时的作用效应组合应包括本标准第 3.2.1 条要求的各种作用之和，组合方式应为各种作用效应的最不利组合。

3.2.3 地震对桥梁结构的影响应包括以下几个方面：

- 1 由于结构的质量而导致的惯性力；
- 2 地震主动土压力；
- 3 地震动水压力；
- 4 地基的液化和流动；
- 5 震后的地基位移；
- 6 震后结构的破坏形态。

3.2.4 设计地震荷载宜按照现行行业标准 JTG/T 2231-01 的规定执行。

4 抗震性能目标

4.1 一般规定

4.1.1 减隔震桥梁主体结构的极限状态不应超过抗震性能目标规定的桥梁极限状态。

4.1.2 减隔震桥梁应根据抗震性能目标进行验算，设计地震动作用下桥梁各个构件的受力状态应满足本标准第 4.2、4.3 节抗震性能目标规定的要求。

4.2 抗震性能目标

4.2.1 抗震性能目标 1：地震作用下，桥梁主要承力构件应处于完全弹性状态，减隔震装置可进入弹塑性状态，震后桥梁可正常使用，结构总体反应在弹性范围，基本无损伤。

4.2.2 抗震性能目标 2：地震作用下，桥梁主要承力构件应处于完全或基本弹性状态，减隔震装置已进入弹塑性状态，震后桥梁不需修复或经简单修复可正常使用，结构可发生局部轻微损伤。

4.2.3 抗震性能目标 3：地震作用下，桥梁主要塑性化构件发生塑性变形，但其塑性变形不应超过该构件的极限变形能力，震后桥梁经临时加固后可供维持应急交通使用，不致倒塌或产生严重结构损伤。

4.3 既有桥梁抗震性能目标

4.3.1 既有桥梁的预期使用年限可以通过下式计算：

$$Y_a = Y_d - (Y_e - Y_c) \quad (1)$$

式中：

Y_a ：既有桥梁的预期使用年限；

Y_d ：既有桥梁的设计使用年限；

Y_e ：对既有桥梁进行评价的年份；

Y_c : 既有桥梁的建造年份。

4.3.2 既有桥梁可根据预期使用年限按表 1 确定使用年限类别。

表1 不同使用年限类别分类

使用年限类别	预期使用年限
Y_1	0 到 15 年
Y_2	15 到 50 年
Y_3	50 年以上

4.3.3 应根据桥梁抗震设防分类类别和使用年限类别按表 2 确定既有桥梁的最低性能目标要求。

表2 既有桥梁最低性能目标要求

桥梁抗震 设防类别	A 类			B 类			C 类			D 类		
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_1	Y_2	Y_3
E1 地震水准下最低性能目标	性能目标 1	性能目标 1	性能目标 1	性能目标 2	性能目标 1	性能目标 1	性能目标 3	性能目标 2	性能目标 2	性能目标 3	性能目标 3	-
E2 地震水准下最低性能目标	性能目标 3	性能目标 2	性能目标 2	性能目标 3	性能目标 3	性能目标 2	/	性能目标 3	性能目标 3	/	/	-

表中:

- (1) 桥梁抗震设防类别应根据《公路桥梁抗震设计规范》(JTGT 2231-01)中的分类方法确定;
- (2) B 类、C 类中的斜拉桥和悬索桥以及采用减隔震设计的桥梁,其抗震设防目标应按A 类桥梁要求执行。
- (3) “/”指对该性能目标不作特别要求。

条文说明

桥梁抗震性能目标的设定应以预期使用年限为基础，统筹安全需求、经济成本与工程效益的全寿命周期平衡，具体实施需根据预期使用年限特征进行分类决策。既有桥梁剩余使用年限小于其设计使用年限，尤其是剩余使用年限较短的既有桥梁，服役期内遭遇设防地震作用的概率随年限缩减呈指数衰减规律，故既有桥梁加固后抗震设防标准应与新建桥梁有所不同，从而避免采用冗余度较高的抗震加固措施。本标准通过建立3级抗震性能目标，在可靠度理论框架下实现抗震设防标准的动态适配，既避免短期服役结构的过度抗震加固，实现工程投入与风险概率的合理匹配，又保障长期使用工程的全周期抗震安全储备。

5 减隔震分析

5.1 一般规定

5.1.1 宜采用动力时程分析方法计算地震作用下桥梁各主要构件的内力、位移等，并根据本标准第 4 章的有关规定进行验算。

5.1.2 进行动力时程分析时，计算模型应真实模拟桥梁结构的刚度、质量分布及边界条件。

5.2 用于动力时程分析的地震作用

5.2.1 计算结构的地震响应宜采用桥位处实际测量的强震记录作为输入地震动。

5.2.2 对于已进行地震安全性评价的桥址，应根据地震安全性评价的结果确定输入地震动。

5.2.3 未进行地震安全性评价的桥址，可以设计加速度反应谱为目标拟合设计加速度时程；也可选用与设计地震震级、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设计加速度反应谱匹配。

5.2.4 时程分析的最终结果，当采用 3 组地震加速度时程计算时，应取 3 组计算结果的最大值；当采用 7 组及以上地震加速度时程计算时，应取各组结果的平均值。

5.3 分析模型及分析方法

5.3.1 进行动力时程分析时，应根据分析目的和设计地震动强度按以下原则确定分析模型和分析方法。

- 1 进行抗震性能目标1的验算时，应使用反映桥梁构件线性特性的分析模型及分析方法。

2 进行抗震性能目标2或性能目标3的验算时，应根据初步分析结果，判断构件是否进入塑性，采用可模拟塑性化构件非线性特性的分析模型及分析方法。

5.3.2 承台底可采用六个自由度的弹簧模拟桩土相互作用的边界条件。当采用高桩承台或地基表层为软弱土层或液化土层时，可采用等代土弹簧模拟桩土共同作用，等代土弹簧的刚度可采用 m 法计算。

5.3.3 滑动摩擦支座的力学本构模型应满足以下要求：

- 1 滑动摩擦支座的力学特性可采用双线性力学模型或具有等效刚度和等效阻尼比的等效线性模型模拟。
- 2 双线性力学模型如图1所示。其等效刚度和等效阻尼比可按公式（2）及公式（3）计算。

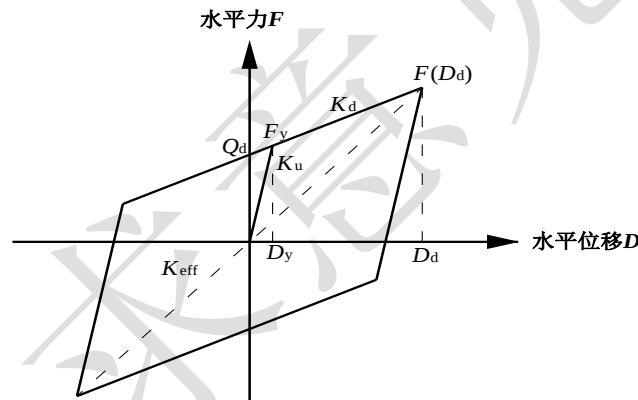


图1 双线性力学模型

$$K_{\text{eff}} = F(D_d) / D_d = Q_d / D_d + K_d \dots\dots\dots (2)$$

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{2Q_d(D_d - D_y)}{\pi D_d^2 K_{\text{eff}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中： D_d ——减隔震支座的设计位移（m）；

$F(D_d)$ ——减隔震支座对应于设计位移 D_d 的水平力（kN）；

D_y ——减隔震支座的屈服位移（m）；

Q_d ——减隔震支座的特征强度（kN）；

K_{eff} ——减隔震支座的等效刚度（kN/m）；

K_u ——减隔震支座的屈前刚度（kN/m）；

K_d ——减隔震支座的屈后刚度（kN/m）；

ζ_{eff} ——减隔震支座的等效阻尼比。

5.3.4 拉索减震支座的力学本构模型应满足以下要求：

- 1 拉索减震支座的力学模型由摩擦支座本体和拉索限位装置两个独立单元组成，针对单元各自力学特性单独模拟，然后并联组成拉索减震支座单元。
- 2 拉索减震球型支座、拉索减震盆式支座和拉索减震摩擦摆支座的摩擦支座本体可采用双线性理想弹塑性单元模拟。
- 3 拉索限位装置的力学本构如下图所示。

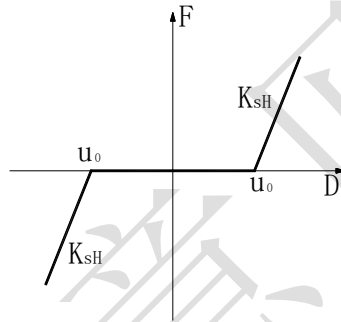


图2 拉索构件的力学本构

- 4 拉索减震支座的拉索可采用多段线弹性单元模拟，拉索构件水平刚度可按公式（4）及公式（5）计算。

$$K_H = 4 \cdot \cos^2 \alpha \cdot K_S \quad (4)$$

$$K_S = \frac{E \cdot A}{L} \quad (5)$$

式中：

K_S ——拉索的轴向刚度；

α ——拉索张紧时与水平面的夹角；

E ——拉索弹性模量；

A ——拉索计算截面积；

L ——单根拉索全长。

5 拉索减震盆式橡胶支座、拉索减震球型支座力学模型见图3（a），拉索减震摩擦摆支座力学模型见图3（b），图中 u_0 为拉索减震支座的自由行程。

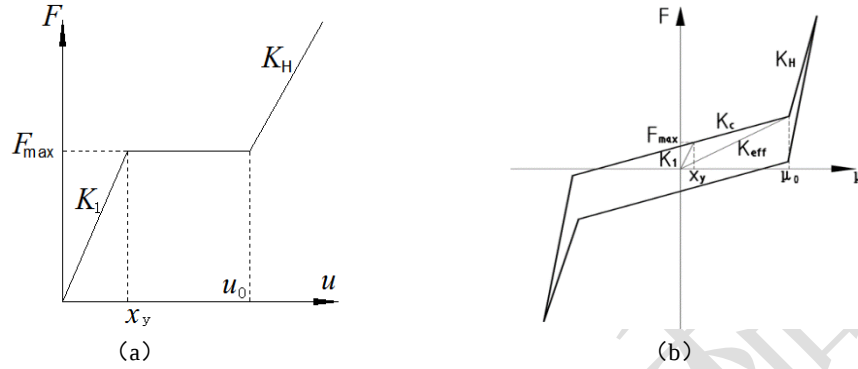


图3 拉索减震支座力学模型

5.3.5 高阻尼橡胶支座、铅芯橡胶支座以及板式橡胶支座的力学特性可采用双线性力学模型或具有等效刚度和等效阻尼比的等效线性模型模拟。

5.3.6 组合橡胶支座的力学本构模型应满足以下要求：

1 组合橡胶支座按照结构形式可以分为 I、II、III 型。I 型支座包含叠合橡胶区与滑板橡胶区，两者共同形成支座本体；II 型支座由预埋钢板、支座钢板、封层钢板、支座本体和锚固组件等组成；III 型支座由预埋钢板、支座钢板、封层钢板、支座本体、限位拉索和锚固组件等组成。

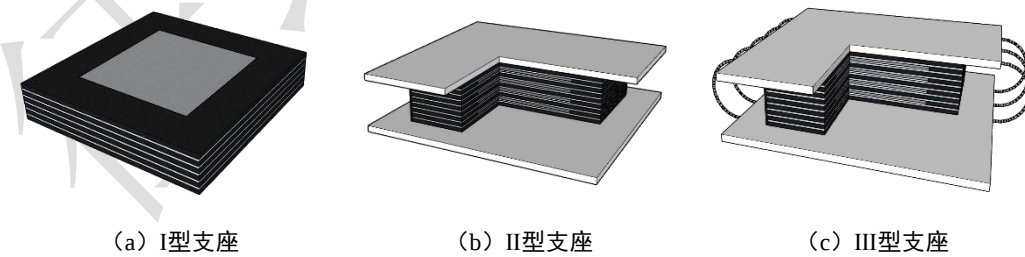


图4 组合橡胶支座示意图

2 对于 I 型、II 型组合支座，非线性计算中，支座恢复力模型可采用等效双线性。

3 对于 I 型组合支座，支座发生整体滑动时，支撑系统的力学模型可由模拟滑动的连接单元与模拟 I 型组合支座的连接单元串联组成。

4 对于III型组合支座，支座的力学模型可由模拟支座本体和拉索两个独立的连接单元组成，针对单元各自力学特性单独模拟，然后并联组成III型组合支座单元。

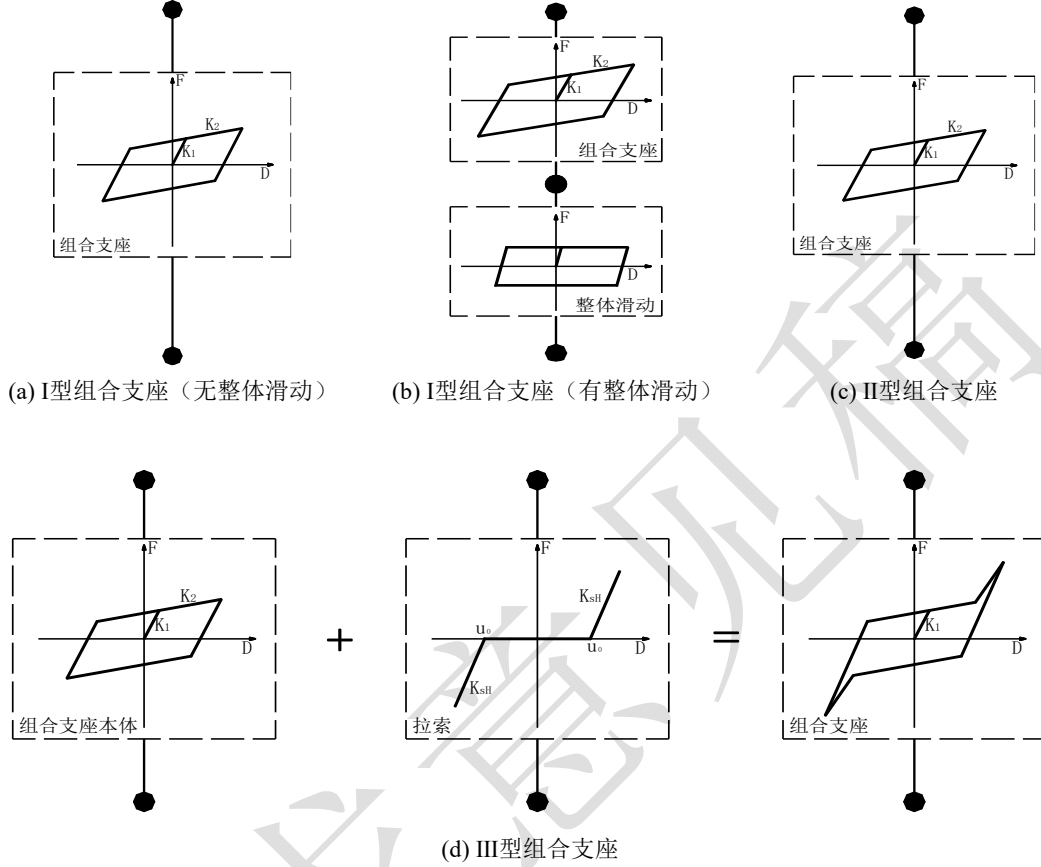


图5 组合橡胶支座力学模型

5.3.7 摩擦摆式支座的力学本构模型如图 6 所示，其屈后刚度、等效刚度、等效阻尼比可分别按式(6)、(7)、(8)确定：

$$K_d = \frac{W}{R} \quad (6)$$

$$K_{eff} = \frac{W}{R} + \mu_d \frac{W}{D_d} \quad (7)$$

$$\xi_{eff} = \frac{2\mu_d}{\pi(D_d / R + \mu_d)} \quad (8)$$

式中：W——恒载作用下支座竖向反力(kN)；

R——支座滑动曲面的曲率半径(m)；

D_d ——支座设计水平位移(m);

M_d ——支座滑动摩擦系数。

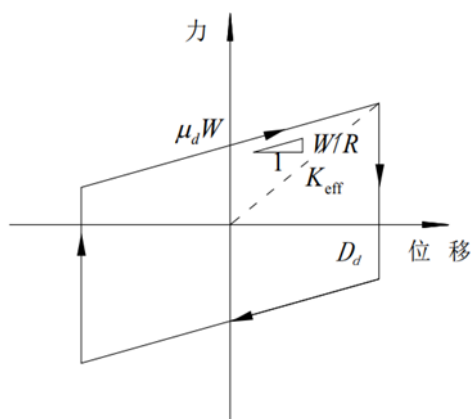


图6 摩擦摆式支座力学模型

6 桥梁减隔震设计

6.1 一般规定

6.1.1 桥梁的减隔震设计从作用机理上可以划分为减震设计与隔震设计，减震设计可通过增加结构阻尼耗散地震能量，隔震设计可通过延长结构振动周期一定程度地隔离地震作用在结构内部的传递。

6.1.2 减隔震装置的地震位移应可控，减隔震体系与桥梁的各构件应相配合。

6.1.3 减隔震装置的构造应简单、性能可靠且对环境温度变化不敏感；隔震装置应具有可替换性，应便于维护和检查。

6.1.4 桥梁减隔震设计，应满足下列要求：

- 1 桥梁减隔震支座应具有足够的刚度和屈服强度，满足桥梁正常使用状态下的功能要求；
- 2 桥梁相邻上部结构梁端之间应具有足够的间隙，存在困难时可设置抗拉防撞型伸缩装置或通过凿除或切割的方法来改变原有结构使之满足要求。

6.1.5 应根据桥梁结构特征及地基可能的破坏模式设置防落梁系统。

6.1.6 桥梁盖梁、基础和墩柱抗剪作为能力保护构件，应按照现行行业标准《公路桥梁抗震设计规范》（JTGT 2231-01）第 6.7 节的规定验算。支座、伸缩缝、防落梁系统、阻尼器等按相关标准进行验算。

6.2 桥梁伸缩装置

6.2.1 桥梁伸缩装置应满足正常使用状态下的伸缩要求。

6.2.2 桥梁伸缩装置应预留足够的间隙，伸缩缝间隙不应小于 E1 地震作用下的伸缩缝地震位移，不宜小于 E2 地震作用下的伸缩缝地震位移。

6.2.3 伸缩装置宜设置合理的抗拉防撞措施，避免梁体直接相互碰撞。

6.3 防落梁系统

6.3.1 减隔震桥梁应根据桥梁结构形式、支座类型及地基条件等设置合理的防落梁系统，防落梁系统可由梁搭接长度、防落梁构造、位移限制构造及高差限制构造组成。

6.3.2 桥梁上部结构的梁端应设置足够的梁搭接长度以防止地震引起的落梁，且最小值应遵循《公路桥梁抗震设计规范》（JTGT 2231-01）的规定。

6.3.3 防落梁构造的设计地震力及间隙位移量宜根据抗震计算结果确定。

6.3.4 防落梁构造应能可靠地将地震力传递给下部结构，并对地震力起到缓冲作用；不应限制上部结构横桥向位移及支座的平移、转动，并不应对支座维护造成障碍。

6.4 减隔震支座的性能要求

6.4.1 桥梁减隔震支座应符合下列规定：

- 1 有可靠和稳定的传力途径。
- 2 有明确、可靠的位移约束，能有效地控制结构地震位移，防止落梁。
- 3 有明确、合理、可靠的能量耗散部位。

6.4.2 减隔震支座应满足《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）以及《城市桥梁设计规范》（CJJ 11）等相关规范规定的水平承载力要求。

6.4.3 应通过试验对减隔震支座的变形、阻尼比等力学参数值进行验证，试验值与设计值的差别应在 $\pm 10\%$ 以内。

6.4.4 减隔震支座设计允许位移范围内的正负反复运动下应具有稳定的力学性能。

6.4.5 减隔震支座应具备稳定的竖向承载力，设计允许位移范围内，系统的竖向承载力应大于恒荷载、地震荷载以及可能的活荷载组合作用下的竖向力。

6.4.6 减隔震支座应具备足够的转动能力，且不应小于地震作用下的最大转角。

6.4.7 对于有特殊性能要求的减隔震支座应进行特殊设计。

6.5 减隔震支座的验算

6.5.1 减隔震支座连接构件的地震作用效应组合应小于其抗力。

6.5.2 应验算减隔震支座在支座主体产生的剪切变形是否超过容许剪切变形，并验算支座主体的压曲稳定。

6.5.3 板式橡胶支座、盆式支座和球形支座等的验算，应按现行行业标准的规定执行。

6.6 支座及限位装置系统构造要求

6.6.1 支座采用的材料及构造形式应有效避免应力集中，支座主体和上下部结构的连接构造必须可靠，并且不会先于支座破坏。

6.6.2 位移限制构造除满足构造要求以外，宜根据抗震计算结果对位移限制构造进行强度、间隙位移量设计。

6.6.3 位移限制构造应能确保正常使用状态下伸缩缝的正常伸缩。

6.6.4 位移限制构造不应影响支座的移动和扭转等功能，不应影响支座的维护保养，同时应避免与防落梁构造冲突。

6.6.5 隔震支座高度较高时，宜设置高差限制构造。

6.6.6 当防落梁构造或位移限制构造能够支承桥梁上部结构时，不宜另行设置高差限制构造。

6.6.7 高差限制构造的设计可不考虑水平方向上的地震力。

6.6.8 隔震支座破坏后，高差限制构造应能支承上部结构于适当高度，不使桥面产生过大高差。

6.7 整体型减隔震装置性能要求

6.7.1 常用的整体型减隔震装置有：滑动摩擦支座、拉索减震支座、橡胶减震支座、组合橡胶支座及摩擦摆式减隔震支座。

6.7.2 滑动摩擦支座应满足以下要求：

- 1 减隔震系统中，滑动摩擦支座通过平面或者曲面滑动摩擦，延长结构周期并耗散地震能量，减小结构地震响应。
- 2 作为减隔震支座使用时应设置合理的防落梁措施，防落梁措施的设置不应影响支座减隔震性能的发挥。
- 3 在竖向设计荷载作用下,当镀铬钢板、不锈钢板与聚四氟乙烯板间在加有5201硅脂润滑后，常温下设计摩擦系数可取0.03，低温时,设计摩擦系数可取0.05。

6.7.3 拉索减震支座应满足以下要求：

- 1 拉索减震支座包含了滑动摩擦支座本体和拉索限位装置。滑动摩擦支座本体可以是盆式橡胶支座、球形钢支座以及摩擦摆支座。按照使用性能可分为单向活动型、双向活动型以及固定型。单向型、固定型拉索减震支座应设置剪力销，剪力销应保证支座正常使用时的水平承载要求。

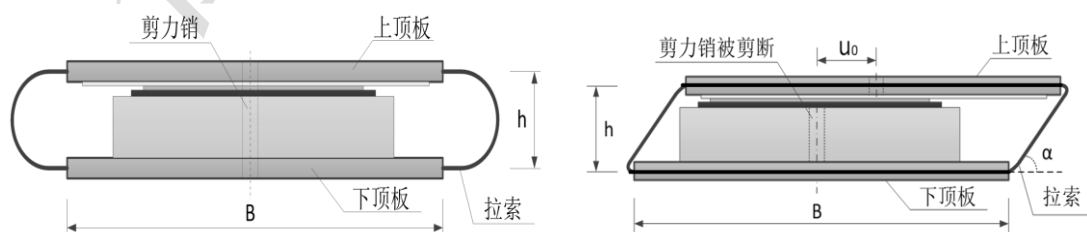


图7 拉索减震支座结构示意图

- 2 在正常使用状态下，拉索减震支座应保证活动支座能自由变形，拉索自由行程需大于温度伸缩、制动力等引起的支座变形。
- 3 拉索组件水平承载力极限值不宜超过支座竖向承载力的40%，也可依需求进行调整；支座与梁、墩连接构件的剪断力应不小于拉索减震支座的拉索组件的水平承载力极限值。
- 4 拉索自由行程是拉索减震支座调控桥梁结构地震“力-位移”响应的关键参数，在确保地震作用下桥梁结构整体受力合理，位移控制满足相关设计要求的基础上，拉索自由行程宜选取若干个合理取值进行试算，以确定拉索自由行程的最优值。

6.7.4 橡胶减震支座应满足以下要求：

- 1 目前常用的橡胶类减隔震支座主要有高阻尼橡胶支座、高性能板式减震橡胶支座、铅芯橡胶支座。
- 2 板式橡胶支座一般与梁底或墩顶无固定连接，支座与梁体以及桥墩可发生相对滑动，也具备一定的减隔震性能，为避免板式橡胶支座的过大滑动位移，应设置合理的墩梁限位装置。
- 3 高阻尼橡胶支座通过高阻尼橡胶的剪切变形来适应水平方向的大位移，利用橡胶材料的滞回耗能实现减隔震功能。
- 4 高性能板式减震橡胶支座一种用柔性高强细密钢丝网加劲的高阻尼复合橡胶减震支座，可以稳定地发生翘曲滚动变形，以使结构适应更大水平位移而减小结构所受地震作用。
- 5 铅芯橡胶支座通过橡胶的剪切变形来适应水平方向的大位移，利用铅芯的滞回耗能实现减隔震功能。

6.7.5 组合橡胶支座应满足以下要求：

- 1 组合橡胶支座是一种在板式橡胶支座的内部设置滑动摩擦面，从而形成一种组合橡胶减震支座，实现在不改变支座竖向承载能力的前提下，通过组合设计降低水平剪切刚度，既能有效延长结构周期，又能实现大的水平位移适应性的目的。

2 组合橡胶支座外圈为叠层橡胶区,叠层橡胶区可为支座提供足够的水平刚度以满足减隔震桥梁在正常使用状态下的水平承载力要求。

3 同一联桥中,组合橡胶支座可布置在中墩也可布置在边墩,为满足正常适用状态下主梁伸缩变形要求,边墩支座宜选择滑板橡胶区域相对面积较大的支座型号。

4 III型组合支座中的拉索组件应满足拉索减震支座中对应的性能要求。

6.7.6 摩擦摆式减隔震支座应满足以下要求:

1 摩擦摆式减隔震支座是利用钟摆原理实现减隔震功能的支座。支座通过滑动界面摩擦消耗地震能量实现减震功能,通过球面摆动延长梁体运动周期实现隔震功能。

2 摩擦摆式减隔震支座应设有限制非地震状态下减震球摆移动或摆动的装置,该装置设计应便于地震发生后进行修复或更换。

3 摩擦摆式支座设计减隔震起始力为支座竖向承载力的10%,其误差不超过起始力的 $\pm 10\%$ 。当有特殊需要时,可按实际工程需要进行调整。

6.8 分离型减隔震装置性能要求

6.8.1 常用的分离型减隔震装置有橡胶支座+限位器和橡胶支座+阻尼器。

6.8.2 拉索限位器应满足以下要求:

1 拉索限位器设置有拉索自由行程,墩梁相对位移小于拉索自由行程时,拉索不发挥限位作用,位移大于拉索自由行程时,拉索张紧,发挥限位作用。

2 正常使用荷载作用下,拉索限位器不宜发生限位作用,能满足上部结构荷载及位移的要求;

3 在桥梁结构遭遇地震时,滑动发生滑动,拉索限位器限制墩梁之间的位移应在可控范围内,避免支座滑动位移过大。

6.8.3 阻尼器应满足以下要求:

1 阻尼器布置,应根据被控结构振动特征和所采用的振动控制技术特点确定,应沿结构轴线对称布置,平面布置不应使结构产生扭转。

2 在设计荷载作用下，阻尼器应正常工作，其部件不应发生强度破坏，阻尼器不应与被控结构发生碰撞，并应采用防碰撞措施

3 在被控结构服役期内，阻尼器不应发生疲劳破坏。当阻尼器不能满足疲劳强度要求时，应能更换。

征求意见稿

本标准用词用语说明

1 本标准执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。

3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本标准第×章的有关规定”、“应符合本标准第×.×节的有关规定”、“应符合本标准第×.×.×条的有关规定”或“应按本标准第×.×.×条的有关规定执行”。