

## 橡胶支座连续梁桥地震力计算方法（一）岩土工程师考试

PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/551/2021\\_2022\\_\\_E6\\_A9\\_A1\\_E8\\_83\\_B6\\_E6\\_94\\_AF\\_E5\\_c63\\_551881.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/551/2021_2022__E6_A9_A1_E8_83_B6_E6_94_AF_E5_c63_551881.htm)

摘要：对橡胶支座连续梁桥在地震作用下的动力特性进行了分析、结果表明我国现行《公路工程抗震设计规范》(JTJ00489)有关橡胶支座连续梁桥纵向地震力计算的方法有一定的局限性。在此基础上，提出了一种改进的计算方法，与动力时程分析结果比较表明，这一方法是可行的和有效的

关键词：桥梁；橡胶支座；聚四氟乙烯滑板支座；时程分析

近年来，国内外发生了几次大地震，作为生命线工程的桥梁遭受了严重破坏。在阪神大地震中，专门对支座的破坏及其与上部、下部结构破坏之间的关系进行了详细调查，调查表明，支座对桥梁整个结构响应的关系进行了详细调查，调查表明，支座对桥梁整个结构响应的影响十分重要，在实际地震作用下，支座与上部、下部结构的相互作用比较复杂，支座的破坏往往会改变上部、下部结构间的传力状况，也改变整个结构的响应。因此，在桥梁结构的抗震设计中，必须对支座在地震作用下的性能有明确的认识，才能正确把握结构的响应。我国目前《公路工程抗震设计规范》(以下简称《规范》)对连续梁桥中板式支座地震力的计算规定如下：1、对于全联均采用板式支座的连续梁桥，上部结构对板式支座顶面产生的纵向水平地震力按《规范》公式4.2.6-1计算；2、连续梁桥一联中一个或几个墩采用板式支座，其余均为聚四氟乙烯滑板支座，上部结构对板式支座顶面处产生的水平地震力可按《规范》公式4.2.6-4计算，其值如小于按式4.2.6-1的计算值，应按式4.2.6-1计算，公式中变量含义见《规范》条文。由上述规定可

知，存在以下一些缺点：1、对桥梁中使用的滑板支座在地震作用下的预期性能如何没有明确的规定，由《规范》给出的两个计算公式可知，前者将滑板支座看作板式支座计算，即不发生滑动。后者按滑板支座均发生滑动计算，计算结果取两者中的最大值；2、由式4.2.6-4知，滑板支座对板式支座地震力的影响，《规范》只简单地以静力方法加以考虑。而在实际地震中，由于滑板支座发生滑动，一方面改变了结构的刚度，从而改变了结构的反应特性，另一方面，在滑动过程中，滑板支座消耗大量地震能量，降低了整个结构的响应。鉴于上述原因，本文对这类桥型在地震作用下的纵向动力特性进行分析，了解其相互作用的机理建立合理分析方法提供依据。

### 1. 橡胶支座连续梁桥纵向动力特性计算分析

#### 1.1 模型建立

根据文献[3]对橡胶支座在地震力作用下的性能研究可知，板式橡胶支座的滞回曲线为狭长条形，可近似为线弹性，见图1所示。在近几年，国内外对聚四氟乙烯滑板支座的滞回特性，进行了大量试验与理论研究〔3，4〕，研究表明：聚四氟乙烯滑板支座的滑动摩擦系数受加速度的影响比较小，而是随滑动速度的增加迅速增加，当速度达到一定数值后，摩擦系数趋于常数；与所受压应力大小有关系，随压应力增加，滑动摩擦系数值减小，同时也与接触面的光滑程度、是否添加润滑物有关，试验测得滑动摩擦系数值变化范围在0.01—0.20左右；通过对试验结果的理论分析表明，尽管滑动摩擦系数值随上述诸多因素变化而变化，但当滑动摩擦系数值选取适当时，采用常摩擦系数值的库仑模型进行分析，仍可得到很好的计算结果（4）。本文的分析是借助于DRAIN-2DX软件来进行的。桥面板、墩、柱均采用

平面梁单元描述，支座用连接单元来描述。其滞回模型采用图1、2所示模型。

### 1.2 算例分析

以一个板式橡胶支座其余均为聚四氟乙烯滑板支座的等高等跨连续梁桥分析。分别对一联三跨、五跨、七跨连续梁桥上部结构对墩顶板式支座纵向地震力进行计算分析，跨径均为20m、墩高均为5m，主梁采用单箱单室截面形式，面积为2.7m<sup>2</sup>，竖向刚度为0.522m<sup>4</sup>，桥墩直径均为1.2m的圆形截面，阻尼比为5%。在算例中将板式橡胶支座都放置在1号墩，板式支座水平剪切刚度为 $K = 5.3 \text{ MNm}^{-1}$ ，其余均为聚四氟乙烯滑板支座，其初始水平剪切刚度取为 $K = 5.3 \text{ MNm}^{-1}$ 。图3给出三跨连续梁桥的模型，五跨、七跨连续梁桥模型与之类似。基于上述模型，分别对影响板式支座纵向地震力的各参数进行分析，这些参数有：

- 地震动特性的影响，采用依据规范Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类场地反应谱分别合成的人工波来考虑；
- 地震烈度的影响，考虑7、8、9三类烈度水平的影响；
- 聚四氟乙烯滑板支座的滑动摩擦系数值不同的影响，摩擦系数值根据试验结果分别为0.02，0.05，0.10，0.15，0.20。

#### 1.2.1 摩擦系数对板式支座剪力的影响

图4a、b分别给出了对于三跨、五跨、七跨连续梁桥在Ⅱ、Ⅲ类场地，不同烈度水平地震作用下的计算结果。从图中可以看出，在Ⅱ类场地条件，上部结构传给板式支座的 seismic force 受滑板支座摩擦系数变化的影响不大；在Ⅲ类场地条件下，则随摩擦系数的增加而降低。同时在图中标出在低烈度水平地震作用及不同摩擦系数值下，存在部分滑板支座发生滑动的情况。

#### 1.2.2 板式支座剪力随跨数增加的变化规律

图5给出连续梁桥在Ⅱ类场地不同烈度水平地震作用下，随跨数变化的计算结果。从图中可知，上部结构传给板式支座

的地震力随跨数增加仅略有增加。图中同时给出了按《规范》公式4.2.6-1、4.2.6-4计算的结果，其中，在按《规范》公式4.2.6-4计算时，摩擦系数取0.02。对于常用的滑板支座，其摩擦系数值通常在0.02~0.06之间，由计算结果可知，按4.2.6-1计算结果与时程分析结果比较接近，变化规律也与时程分析结果类似，但有时所得结果偏低。按《规范》公式4.2.6-4计算，因《规范》规定 $\mu = 0.3$ ， $p_1 d = 0.02$ ，可知随跨数增加板式支座剪力迅速增加，并随烈度增加而增大，但由图5知，时程分析结果并不呈现这样的规律，而随跨数增加，仅略有增加。如果在4.2.6-4式中使用滑板支座所具有的实际摩擦系数值计算，则有时会得到板式支座剪力为负值的错误结果。综上所述分析结果表明：(1)板式支座地震力受滑板支座滑动摩擦系数大小的影响比较复杂，在Ⅰ类场地条件下，影响较小；但在Ⅱ类场地条件下，板式支座地震力受摩擦系数大小影响比较大，同时也与烈度水平有关。(2)《规范》公式4.2.6-4是以静力方法考虑滑板支座对板式支座地震力的影响，并假设全部滑板支座同时发生滑动。但从分析中可知，当摩擦系数大于0.03时，在低烈度水平地震作用下，存在滑板支座部分发生滑动的情况；对于相邻桥墩水平刚度变化较大且滑板支座放置于刚度较小的墩顶时更是如此，显然公式不再适合。此外，《规范》公式没有能够恰当考虑滑板支座的摩擦耗能作用，随着地震烈度水平的增加滑板支座发生较大的滑移，同时消耗大量的地震能量，从而显著降低结构的响应。(3)《规范》规定，对于作用于板式支座的地震力应根据《规范》公式4.2.6-1、4.2.6-4分别计算，取两者中的最大值。这表明《规范》对滑板支座在设计地震作用

下是否允许滑动，没有给出明确规定，这导致设计人员对其设计的结构在实际地震作用下的动力响应特性也很不清楚。

(4)《规范》没有对滑板支座下桥墩地震力的计算给出明确规定，如果根据摩擦力与桥墩自身地震力叠加并乘以相应的系数作为设计地震力，则存在可能得到的桥墩屈服强度低于滑板支座发生滑动的摩擦力，从而导致墩的屈服先于滑板支座发生滑动，这与预期的性能不一致；此外，由于存在滑板支座不发生滑动的可能，因此，设计中应根据滑板支座的实际情况进行桥墩相应的抗震设计，这是目前规范所没有考虑的。把岩土师站点加入收藏夹 100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)