

JTJ

中华人民共和国交通部部标准

JTJ 004—89

公路工程抗震设计规范

Specifications of Earthquake Resistant Design
for Highway Engineering

1989—10—04 发布

1990—01—01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国交通部部标准

公路工程抗震设计规范

Specifications of Earthquake Resistant Design
for Highway Engineering

JTJ 004-89

主编单位:交通部公路规划设计院

批准部门:中华人民共和国交通部

施行日期:1990年1月1日

人民交通出版社

1999·北京

中华人民共和国交通部标准
公路工程抗震设计规范

JTJ 004—89

交通部公路规划设计院 主编

责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

新世纪印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:5.625 字数:144 千

1989 年 11 月 第 1 版

2001 年 3 月 第 1 版 第 4 次印刷

印数:27501—32500 册 定价:15.00 元

统一书号:15114·0347

关于发布《公路工程抗震 设计规范》的通知

(89)交工字 568 号

兹批准《公路工程抗震设计规范》，编号为 JTJ 004—89，作为交通部部颁标准自一九九〇年一月一日起施行。一九七七年发布的《公路工程抗震设计规范》同时废止。

该规范的解释工作，由我部公路规划设计院负责，希各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见函告该院，以便修订时参考。

中华人民共和国交通部

1989 年 10 月 4 日

修 订 说 明

根据交通部(85)公路技字152号文,“关于修订《公路工程抗震设计规范》的通知”的要求,自1986年起,交通部公路规划设计院会同有关设计、科研和高等院校等单位对原规范进行了修订。

修订后的规范共分5章8个附录。修订的主要内容有:适用范围扩大到所有公路工程;调整了抗震设防标准;修订了液化土的判别方法;补充了软土地基上路基抗震设计的规定;增加了使用橡胶支座的梁桥、弯桥、动水压力、动土压力、连孔拱桥等的地震荷载设计计算公式;修订了反应谱曲线;增补了隧道抗震部分;修订和增加了抗震措施有关条文;结构理论方面改用以分项系数表达的极限状态法。与原规范相比,在设计理论和设计方法上以及在内容上均做了较大的修改和补充。

在本规范施行过程中,希望各有关单位注意积累资料,总结经验,并随时将需要修改、补充的意见和有关资料寄交通部公路规划设计院(北京东四前炒面胡同33号,100010),以便今后进一步修订时参考。

目 录

基本符号	1
第一章 总则	8
第二章 路线、桥位、隧址和地基	11
第一节 路线、桥位和隧址	11
第二节 地基	12
第三章 路基和挡土墙	17
第一节 抗震强度和稳定性验算	17
第二节 抗震措施	20
第四章 桥梁	22
第一节 一般规定	22
第二节 地震荷载	23
第三节 抗震强度和稳定性验算	38
第四节 抗震措施	40
第五章 隧道	46
第一节 一般规定	46
第二节 抗震强度和稳定性验算	46
第三节 抗震措施	48
附录一 梁桥桥墩基本周期的近似公式	50
附录二 采用板式橡胶支座的梁桥基本周期近似计算 公式	52
附录三 单孔拱桥基本周期近似计算公式	53
附录四 连拱桥自振周期近似计算公式	55
附录五 拱桥地震内力系数表	57
附录六 按场地评定指数 μ 确定动力放大系数 β 的方法	62
附录七 本规范专用术语解释	64
附录八 本规范用词说明	65
本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单	66

基本符号

作用和作用效应

E_{hs} ——作用于路基计算土体重心处的水平地震荷载

E_{ihw} ——作用于第 i 截面以上墙身重心处的水平地震荷载

E_{ihp} ——作用于梁桥桥墩质点 i 的水平地震荷载

E_{htp} ——作用于梁桥柔性墩支座顶面处的水平地震荷载

E_{ihs} ——上部结构对第 i 号墩板式橡胶支座顶面处产生的水平地震荷载

E_{hp} ——墩身所产生的水平地震荷载

E_{hsp} ——上部结构对一个或几个板式橡胶支座顶面处产生的水平地震荷载之和。

E_{hau} ——作用于台身重心处的水平地震荷载

E_{ea} ——地震时作用于台背每延米长度上的主动土压力

E_{ihp} ——作用于墩顶的顺桥向水平集中力

q_{zhp} ——沿墩身分布的顺桥向水平地震荷载

E_{lzp} ——作用于墩顶的横桥向水平集中力

S_{lza} ——等跨度连拱桥沿拱圈均布的横桥向水平地震荷载引起拱脚、拱顶和 $1/4$ 拱跨截面处弯矩、剪力或扭矩

E_{ih} ——作用于隧道衬砌和明洞上任一质点的水平地震荷载

G_s ——路基计算土体的重力

G_{iw} ——第 i 截面以上墙身圬工的重力

$G_{i=1,2,3\cdots}$ ——桥墩墩身各分段的重力

G_t ——支座顶面处的换算质点重力

G_{sp} ——上部结构重力

G_{cp} ——盖梁重力

- G_p ——墩身重力
- G_{tp} ——桥墩对板式橡胶支座顶面处的换算质点重力
- G_{au} ——基础顶面以上台身重力
- G_{ma} ——包括拱上建筑在内沿拱圈单位弧长的平均重力
- G_{it} ——第 i 号墩顶集中重力
- G_a ——一孔拱桥上部结构总重力
- G_{mp} ——墩身每延米重力
- E_w ——地震时在水深 $1/2$ 高度处, 作用于桥墩的总动水压力
- E_{hb} ——作用于固定支座上顺桥向的水平地震荷载
- E_{zb} ——作用于固定支座和活动支座上横桥向的水平地震荷载
- E_{hzb} ——作用于橡胶支座上顺桥向或横桥向的水平地震荷载
- S_{va} ——单孔拱桥由顺桥向水平地震动所产生的竖向地震荷载引起拱脚、拱顶和 $1/4$ 拱跨截面处弯矩、剪力或轴力
- S_{ha} ——单孔拱桥由顺桥向水平地震动所产生的水平地震荷载引起拱脚、拱顶和 $1/4$ 拱跨截面处变矩、剪力或轴力
- S_{za} ——单孔拱桥由横桥向水平地震动所产生的水平地震荷载引起拱脚、拱顶和 $1/4$ 拱跨截面处弯矩、剪力或扭矩
- S_a ——等跨度连拱桥拱圈的总地震内力
- S_p ——等跨度连拱桥墩身的总地震内力
- X_{li} ——梁桥桥墩基本振型在第 i 分段重心处的相对水平位移
- X_f ——考虑地基变形时, 顺桥向作用于支座顶面或横桥向作用于上部结构质量重心上的单位水平力在一般冲刷线或基础顶面引起的水平位移与支座顶面或上部结

构质量重心处的水平位移之比值

$X_{f\frac{1}{2}}$ ——考虑地基变形时,在顺桥向作用于支座顶面上的单位水平力在墩身计算高度 $H/2$ 处引起的水平位移与支座顶面处的水平位移之比值

$X_{1,i}$ ——连拱桥基本振型位移

X_{2p} ——连拱桥桥墩第二振型位移

X_e ——由水平地震作用引起的支座顶面相对于底面的水平位移

δ ——在顺桥向或横桥向作用于支座顶面或上部结构质量重心上单位水平力在该点引起的水平位移

δ_{1ha} ——连拱桥作用于拱脚处相向水平集中力引起拱脚处相向水平位移

K_{itp} ——第 i 号墩组合抗推刚度

K_{is} ——第 i 号墩板式橡胶支座抗推刚度

K_{ip} ——第 i 号墩墩顶抗推刚度

K_1 ——相应于一联上部结构所对应的全部板式橡胶支座抗推刚度之和

K_2 ——相应于一联上部结构所对应的桥墩抗推刚度之和

K_{iz} ——第 i 号墩横向抗推刚度

K_s ——拱脚相向抗推刚度

R_i ——上部结构重力在第 i 号聚四氟乙烯滑板支座上产生的反力

R_{fre} ——上部结构重力在活动支座上产生的反力

R_b ——上部结构重力在板式橡胶支座上产生的反力

计 算 系 数

C_i ——重要性修正系数

K_h ——水平地震系数

K_v ——竖向地震系数

K ——地基土抗震容许承载力提高系数
 P_c ——粘粒含量百分率
 ξ ——粘粒含量修正系数
 C_v ——地震剪应力随深度的折减系数
 C_n ——标准贯入锤击数的修正系数
 C_e ——液化抵抗系数
 a ——折减系数
 C_z ——综合影响系数
 K_c ——抗滑动稳定系数
 K_o ——抗倾覆稳定系数
 Ψ_{iw} ——水平地震荷载沿墙高的分布系数
 β_1 ——相应于桥墩顺桥向或横桥向的基本周期的动力放大系数
 γ_1 ——桥墩基本振型参与系数
 β ——相应于某一振型的自振周期的动力放大系数
 η ——墩身重力换算系数
 K_A ——非地震条件下作用于台背的主动土压力系数
 ξ_h ——断面形状系数
 γ_v ——与在拱平面基本振型的竖向分量有关的系数
 γ_h ——与在拱平面基本振型的水平分量有关的系数
 Ψ_v ——顺桥向竖向地震荷载产生的内力系数
 Ψ_h ——顺桥向均布水平地震荷载产生的内力系数
 Ψ_z ——横桥向水平地震荷载产生的内力系数
 Ψ_{1z} ——横桥向单位均布水平地震荷载产生的内力系数
 γ_m ——材料或砌体安全系数
 γ_c ——混凝土安全系数
 γ_s ——预应力钢筋或非预应力钢筋安全系数
 γ_b ——结构工作条件系数
 γ_g ——荷载安全系数

γ_q —— 地震荷载安全系数
 m —— 截面弯矩系数
 t —— 截面扭矩系数
 q —— 截面剪力系数
 n —— 截面轴力系数

几 何 特 征

d_u —— 上覆非液化土层厚度
 d_w —— 地下水位深度
 d_s —— 标准贯入点深度
 H —— 路基边坡、挡土墙、桥墩或台身的高度
 H_i —— 一般冲刷线或基础顶面至墩身各段重心处的垂直距离
 H_w —— 路堤浸水常水位的深度
 H_{iw} —— 第 i 截面以上墙身重心至墙底的高度
 B —— 顺桥向或横桥向的墩身最大宽度
 b —— 与地震作用方向相垂直的桥墩宽度
 h —— 从地面或一般冲刷线算起的水深
 θ_h —— 曲梁桥轴线所对应的水平中心角
 R —— 曲梁半径
 Σ_t —— 板式橡胶支座橡胶层总厚度
 A_r —— 板式橡胶支座面积
 A_f —— 基底截面积
 A_p —— 墩身截面积
 e —— 砖石、混凝土构件截面或基底截面的合力偏心距
 ρ —— 基底截面的核心半径
 W —— 基底截面的抵抗矩
 a —— 梁端至墩(台)帽或盖梁边缘的最小距离
 L —— 梁的计算跨径

d —— 吊梁与悬臂之间的搭接长度
 I_e —— 桥墩等效截面惯性矩
 I —— 截面惯性矩
 S —— 拱轴线的弧长
 θ_a —— 圆弧拱轴线全弧长所对应的中心角

材料指标

$[\sigma]$ —— 地基土修正后的容许承载力或强度提高后的材料容许应力
 $[\sigma_e]_1$ —— 地基土抗震容许承载力
 σ_0 —— 标准贯入点处土的总上覆压力
 σ_e —— 标准贯入点处土的有效覆盖压力
 $[\sigma_0]$ —— 地基土容许承载力
 γ_u —— 地下水位以上土的容重
 γ_d —— 地上水位以下土的容重
 γ —— 土的容重
 φ —— 土的内摩擦角
 θ —— 地震角
 δ_s —— 墙背与填土之间的摩擦角
 G_d —— 板式橡胶支座动剪切模量
 μ_d —— 支座动摩阻系数
 γ_w —— 水的容重
 γ_p —— 墩身材料容重
 R_j —— 材料或砌体的极限强度
 R_c —— 混凝土设计强度
 R_s —— 预应力钢筋或非预应力钢筋设计强度
 E —— 材料弹性模量
 G_m —— 场地土平均剪切模量

其 它

N_T ——土层实测的修正标准贯入锤击数

N_c ——土层计算的修正液化临界标准贯入锤击数

$N_{63.5}$ ——土层实测的标准贯入锤击数

G ——非地震荷载效应

Q_d ——地震荷载效应

ω_1 ——梁桥桥墩或连拱桥顺桥向基本圆频率

ω_{2p} ——边拱桥桥墩顺桥向第二圆频率

ω_{iz} ——连拱桥横桥向基本圆频率

T_{iz} ——连拱桥横桥向基本周期

T_1 ——梁桥桥墩、单孔拱桥或连拱桥顺桥向基本周期

T_{2p} ——连拱桥桥墩顺桥向第二周期

g ——重力加速度

μ_1 ——场地的平均剪切模量对场地评定指数的影响系数

μ_2 ——覆盖土层厚度对场地评定指数的影响系数

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为贯彻抗震工作以预防为主方针,减轻公路工程的地震破坏,保障人民生命财产的安全和减少经济损失,更好地发挥公路运输及其在抗震救灾中的作用,特制定本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于中国地震烈度区划图所规定的基本烈度为 7、8、9 度地区的公路工程抗震设计。对于基本烈度大于 9 度的地区,公路工程的抗震设计应进行专门研究;基本烈度为 6 度地区的公路工程,除国家特别规定外,可采用简易设防。

对于做过地震小区划地区的公路工程,应经主管部门审批后进行抗震设计。

对于修建特别重要的特大桥的场址,宜进行烈度复核或地震危险性分析。

沿线公路用房的抗震设计,应按国家现行的工业与民用建筑抗震设计规范进行。

第 1.0.3 条 公路工程按本规范设计后,在发生与之相当的基本烈度地震影响时,位于一般地段的高速公路、一级公路工程,经一般整修即可正常使用;位于一般地段的二级公路工程及位于软弱粘性土层或液化土层上的高速公路、一级公路工程,经短期抢修即可恢复使用;三、四级公路工程和位于抗震危险地段、软弱粘性土层或液化土层上的二级公路以及位于抗震危险地段的高速公路、一级公路工程,保证桥梁、隧道及重要的构造物不发生严重破坏。

注:抗震危险地段系指发震断层及其邻近地段;地震时可能发生大规模滑坡、崩塌、岸坡滑移等地段。

第 1.0.4 条 对构造物的地震作用,应根据路线等级及构造物的重要性和修复(抢修)的难易程度,按表 1.0.4 进行修正。

重要性修正系数 C_i

表 1.0.4

路线等级及构造物	重要性修正系数 C_i
高速公路和一级公路上的抗震重点工程	1.7
高速公路和一级公路的一般工程、二级公路上的抗震重点工程、二、三级公路上桥梁的梁端支座	1.3
二级公路的一般工程、三级公路上的抗震重点工程、四级公路上桥梁的梁端支座	1.0
三级公路的一般工程、四级公路上的抗震重点工程	0.6

注：(1)位于基本烈度为 9 度地区的高速公路和一级公路上的抗震重点工程，其重要性修正系数也可采用 1.5。

(2)抗震重点工程系指特大桥、大桥、隧道和破坏后修复（抢修）困难的路基、中桥和挡土墙等工程。一般工程系指非重点的路基、中小桥和挡土墙等工程。

对政治、经济或国防上具有重要意义的三、四级公路工程，按国家批准权根，报请批准后，其重要性修正系数可按表 1.0.4 调高一档采用。

第 1.0.5 条 构造物一般应按基本烈度采取抗震措施。对于高速公路和一级公路上的抗震重点工程，可比基本烈度提高一度采取抗震措施，但基本烈度为 9 度的地区，提高一度的抗震措施应专门研究；对于四级公路上的工程，可不考虑或采用简易抗震措施。

第 1.0.6 条 立体交叉的跨线工程，其抗震设计不应低于下线工程的要求。

第 1.0.7 条 验算构造物地震作用时，水平地震系数 K_h 应按表 1.0.7 采用。

竖向地震系数 K_v 取 $\frac{1}{2}K_h$ 值。

第 1.0.8 条 抗震设计应符合下列要求：

一、选择对抗震有利的地段布置路线和选定桥位。

二、避免或减轻在地震影响下因地基变形或地基失效对公路

工程造成的破坏。

水平地震系数 K_h

表 1.0.7

基本烈度 (度)	7	8	9
水平地震系数 K_h	0.1	0.2	0.4

三、本着减轻震害和便于修复(抢修)的原则,确定合理的设计方案。

四、加强路基的稳定性和构造物的整体性。

五、适当降低路基和构造物的高度,合理减轻构造物的自重。

六、在设计中提出保证施工质量的要求和措施。

第 1.0.9 条 按本规范进行抗震设计时,还应符合公路现行的有关标准、规范的要求。

第二章 路线、桥位、隧址和地基

第一节 路线、桥位和隧址

第 2.1.1 条 选择路线、桥位和隧址时,应搜集基本烈度、地震活动情况和区域性地质构造等资料,并加强工程地质、水文地质和历史震害情况的现场调查和勘察工作,查明对公路工程抗震有利、不利和危险的地段。应充分利用对抗震有利的地段。

注:对抗震不利的地段系指软弱粘性土层、液化土层和地层严重不均的地段;地形陡峭、孤突、岩土松散、破碎的地段;地下水位埋藏较浅、地表排水条件不良的地段。

第 2.1.2 条 路线和桥位宜绕避下列地段:

- 一、地震时可能发生滑坡、崩塌地段。
- 二、地震时可能塌陷的暗河、溶洞等岩溶地段和已采空的矿穴地段。
- 三、河床内基岩具有倾向河槽的构造软弱面被深切河槽所切割的地段。

四、地震时可能坍塌而严重中断公路交通的各种构造物。

第 2.1.3 条 当路线必须通过发震断层时,宜布设在其破碎带较窄的部位;当路线必须平行于发震断层时,宜布设在断层的下盘上。路线设计宜采用低填浅挖的设计方案。

当桥位无法避开发震断层时,宜将全部墩台布置在断层的同一盘(最好是下盘)上。

第 2.1.4 条 对河谷两岩在地震时可能因发生滑坡、崩塌而造成堵河成湖的地段,应估计其淹没和堵塞体溃决的影响范围,合理确定路线的标高和选定桥位。当可能因发生滑坡、崩塌而改变