

Meiguo Gongluqiaoliang
Kangzhen Sheji Zhunze

美国公路桥梁 抗震设计准则

著者：〔美〕应用技术委员会

（美国运输部联邦公路管理局出资）

译者：钱钟毅

人 民 交 通 出 版 社

前 言

本文献由应用技术委员会编制，内容为公路桥梁抗震设计准则。该准则是由一些全国著名专家组成的小组（包括来自全美国的咨询工程师、学者，州公路工程师和联邦机构的代表）所建议的。

准则内容全面，并包含一些与现行设计规程有明显分歧的新概念。另外还附有一个全面的注释，阐明准则的依据；并有一个例题，说明准则的用法。曾用准则的第三稿对21座桥梁作了抗震试设计，以便评价准则的实用性及其对造价的影响。试设计由四家咨询机构与五个州的公路部门所做。这些试设计的结果导致对第三稿作了一些重要修改。这些修改的讨论和试设计结果的概要列在准则附录中。

本文献体现了研究课题参加者的一致意见。它将在1981年提交美国各州公路和运输工作者协会（AASHTO），以便可能在公路桥梁标准规范中采用。

内 容 提 要

本书由美国应用技术委员会编制。它是美国许多著名学者根据一项桥梁抗震设计研究成果汇编而成,并将提交美国各州公路和运输工作者协会(AASHTO)以便能列入公路桥梁标准规范,因而具有一定的权威性。

全书共分八章,每章都有全面的注释说明,并在书后附有对21座桥梁进行的抗震试设计结果。其内容系统全面,条例明确,注释详细,并有许多新概念,对我国桥梁抗震设计具有指导意义。

该书原名为 SEISMIC DESIGN GUIDELINES FOR HIGHWAY BRIDGES,译名为《美国公路桥梁抗震设计准则》,在美国它不是一本法定的标准而是一指导性文献。

SEISMIC DESIGN GUIDELINES FOR HIGHWAY BRIDGES APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL, U.S.A.

1981年10月

*美国公路桥梁抗震设计准则

著者:〔美〕应用技术委员会

译者:钱钟毅

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 850×1168 1/32 印张: 5.75 字数: 129千

1988年1月 第1版

1988年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—4,000册 定价: 1.60元

序

本报告是公路桥梁工程师、结构工程师和研究人员所关注的用于典型公路桥梁抗震设计的准则。该文献由应用技术委员会 (Applied Technology Council, Berkeley, California), 为联邦公路管理局 (FHWA) 科研办公室, 按 DOT-FH-11-9295 号合约编制的。地震工程研究是联邦公路管理局“公路研究与发展”的全国协作项目之一, 它是课题5A的第一项“改进对地震和风灾的预防”。

准则体现了一批著名学者、设计师和公路桥梁工程师的集体智慧, 它是根据以往地震中观察到的桥梁特性和美国国内外进行的最新研究编制的, 适用于美国各地。

准则备有足够份数, 将分发到联邦公路管理局每一区局、分局和各州公路局至少五份并直接发到各分局。

联邦公路管理局科研办公室主任

Charles F. Scheffy

通 告

本准则在运输部主管下分发，旨在交换信息。美国政府对其内容和应用不负任何责任。

准则内容反映编写人的观点，编制人应对其中数据的准确性负责。准则内容不一定反映运输部的官方政策。

准则不构成一个标准、规范或规则。

美国政府不认可任何产品或厂商。这里所出现的贸易或厂家的名字仅为准则目的所需。

目 录

章节	题 名	页次
1	导论	1
1.1	目的	1
1.2	背景	2
1.3	基本思想	3
1.4	专题组织	3
1.5	质量保证要求	4
1.6	使用准则的流程框图和示例	4
2	符号和定义	7
3	一般要求	10
3.1	准则的适用性	10
3.2	加速度系数	10
3.3	重要性等级	10
3.4	抗震类别 (SPC)	11
3.5	场地效应	11
3.5.1	场地系数	12
3.6	反应修正系数	12
4	分析和设计要求	16
4.1	总述	16
4.2	分析方法	16
4.3	弹性地震力和位移的确定	17
4.4	正交地震力的合成	17
4.5	单跨桥梁的设计要求	18

4.6	A类抗震桥梁设计地震力	18
4.7	B类抗震桥梁设计地震力	18
4.7.1	结构杆件和连结的设计地震力	18
4.7.2	基础的设计地震力	19
4.7.3	桥台和挡土墙	20
4.8	C和D类抗震桥梁的设计地震力	20
4.8.1	设计地震力修正	20
4.8.2	柱、墩或排架中形成塑性铰的设计地震力	20
A	单柱和单墩	20
B	多柱排架墩	21
4.8.3	柱和桩式排架的设计地震力	22
4.8.4	墩的设计地震力	22
4.8.5	连结的设计地震力	22
A	纵向连结地震力	22
B	向下锚定装置	23
C	柱和墩连结的设计地震力	23
4.8.6	基础的设计地震力	23
4.8.7	桥台和挡土墙的设计地震力	24
4.9	设计位移	24
4.9.1	A类抗震桥梁	24
4.9.2	B类抗震桥梁	25
4.9.3	C和D类抗震桥梁	25
5	分析方法	27
5.1	总述	27
5.2	弹性地震反应系数和反应谱	27
5.2.1	弹性地震反应系数: 方法 1	27
5.2.2	弹性地震反应谱: 方法 2	28
5.3	单振型谱分析法: 方法 1	28
5.4	多振型谱分析法: 方法 2	30
5.4.1	总述	30

5.4.2	数学模型	30
A	上部结构	31
B	下部结构	31
5.4.3	振型和周期	31
5.4.4	多振型谱分析	31
5.4.5	杆件设计地震力和位移	31
6	基础和桥台的设计要求	33
6.1	总述	33
6.2	A类抗震桥梁	33
6.3	B类抗震桥梁	33
6.3.1	基础	33
A	调查研究	33
B	基础设计	34
C	桩的特殊要求	34
6.3.2	桥台	35
A	独立式桥台	35
B	整体式桥台	36
6.4	C类抗震桥梁	36
6.4.1	基础	36
A	调查研究	36
B	基础设计	36
C	桩的特殊要求	36
6.4.2	桥台	37
6.5	D类抗震桥梁	37
6.5.1	基础	37
A	调查研究	37
B	基础设计	38
6.5.2	桥台	38
7	钢结构	39
7.1	总述	39

7.2	A类抗震桥梁	39
7.3	B、C和D类抗震桥梁	39
8	钢筋混凝土	40
8.1	总述	40
8.2	A类抗震桥梁	40
8.3	B类抗震桥梁	40
8.4	C和D类抗震桥梁	40
8.4.1	柱的要求	41
A	竖向配筋	41
B	弯曲强度	41
C	柱剪力和横向配筋	41
D	塑性铰处箍筋的横向配筋	42
E	箍筋的横向配筋间距	43
F	钢筋搭接	43
8.4.2	墩的要求	44
8.4.3	柱的连结	44
8.4.4	墩和柱的施工缝	45

注 释

C1	导论注释	46
	设计思想	46
	地震地面运动的加速度	48
	地面运动的地层效应	48
	参考文献	49
C3	一般要求注释	51
C3.1	准则的适用性	51
C3.2、C3.5及C5.2	加速度系数、场地效应、弹性地震 反应系数和反应谱	52
C3.3	重要性等级	62
C3.4	抗震类别 (SPC)	63

C3.5	场地效应	64
C3.6	反应修正系数	64
	参考文献	65
C4	分析方法和设计要求注释	67
C4.1	总述	67
C4.2	分析方法	67
C4.3	弹性地震力和位移的确定	68
C4.4	正交地震力的合成	68
C4.5	单跨桥梁的设计要求	69
C4.6	A类抗震桥梁的设计地震力	69
C4.7	B类抗震桥梁的设计地震力	70
C4.8	C和D类抗震桥梁的设计地震力	71
C4.8.1	设计地震力修正	71
C4.8.2	柱、墩或排架中形成塑性铰的设计地震力	72
C4.8.3	柱和桩式排架的设计地震力	73
C4.8.4	墩的设计地震力	73
C4.8.5	连结的设计地震力	73
C4.8.6	基础的设计地震力	73
C4.9	设计位移	74
C4.9.1	A类抗震桥梁	74
C4.9.2及C4.9.3	B、C和D类抗震桥梁	75
	参考文献	75
C5	分析方法注释	77
C5.1	总述	77
C5.2	弹性地震反应系数和反应谱	77
C5.2.1	弹性地震反应系数	77
C5.2.2	弹性地震反应谱	77
C5.3	单振型谱分析方法	78
C5.4	多振型谱分析方法	82
C5.4.1	总述	82

C5.4.2	数学模型.....	82
C5.4.3	振型和周期.....	84
C5.4.4	多振型谱分析.....	84
C5.4.5	杆件设计地震力和位移.....	85
C6	基础和桥台的设计要求注释.....	86
C6.3、C6.4及C6.5	<i>B、C和D</i> 类抗震桥梁	86
C6.3.1、C6.4.1及C6.5.1	基础	86
A	调查研究	86
B	基础设计	91
C	桩的特殊要求	97
C6.3.2、C6.4.2及C6.5.2	桥台	98
A	独立式桥台	98
B	整体式桥台	110
参考文献.....		110
C7	钢结构注释.....	116
C7.1	总述.....	116
C7.3	<i>B、C和D</i> 类抗震桥梁	116
参考文献.....		116
C8	钢筋混凝土注释.....	118
C8.1	总述.....	118
C8.2	<i>A</i> 类抗震桥梁	118
C8.3	<i>B</i> 类抗震桥梁	119
C8.4	<i>C和D</i> 类抗震桥梁	119
C8.4.1	柱的要求.....	119
A	竖向配筋	119
B	弯曲强度	119
C	柱的剪力与横向配筋	120
D	塑性铰处箍筋的横向配筋	120
E	钢筋搭接	123
C8.4.2	墩的要求.....	123

C8.4.3 柱的连结	124
C8.4.4 墩和柱的施工缝	125
参考文献.....	125
附录A 使用准则实例	126
附录B 桥梁试设计摘要	144

附 图 目 录

图号	名 称	页次
1	设计方法流程框图.....	5
2	<i>B</i> 、 <i>C</i> 和 <i>D</i> 类抗震桥梁设计流程分框图.....	6
3	加速度系数——美国大陆.....	13
4	加速度系数——阿拉斯加、夏威夷、波多黎哥.....	14
5	最小支承长度规定.....	25
6	承受假想横向和纵向地震荷载的桥面系.....	28
7	承受等代横向和纵向地震荷载的桥面系.....	29
8	如何从反应谱获得有效峰值加速度和有效峰值 速度.....	55
9	各种场地条件的平均加速度谱曲线.....	58
10	标准反应谱.....	59
11	$A = 0.4$ 的地面运动谱曲线	59
12	$A = 0.4$ 的地面运动谱曲线	60
13	自由场地运动谱与侧向设计力系数的比较.....	61
14	承受横向地面运动的桥梁平面图.....	79
15	桥面系横向位移函数.....	79
16	均布静载下的挠曲线.....	79
17	桥梁假设振型的横向自由振动.....	80
18	施加到桥梁体系上的静载特征.....	82
19	桥梁抗震分析中包括桥台土壤作用的迭代计算 程序.....	83
20	场地液化与贯入阻抗的关系图.....	88

21	C_N 与有效覆盖压力关系图	89
22	估计液化危险性分析法的原理(总应力)	90
23	表明渗透作用的有效应力液化估计法	92
24	显著液化的最大距离与地震强度的关系曲线	92
25	砂土剪切模量随剪应变的变化关系	93
26	用美国石油研究所标准确定砂中桩的侧向荷载	95
27	地震荷载下土壤与桩相互作用的机理	96
28	典型的地震位移剖面	97
29	主动楔体受力图	99
30	地震系数和土壤摩擦角对地震主动压力系数 的影响	102
31	土壤摩擦角对放大比率的影响	102
32	竖向地震系数对放大比率的影响	103
33	填土坡角对放大比率的影响	103
34	土壤及墙的相对位移与速度及加速度时间 历程的关系	104
35	土壤及墙的速度及加速度时间历程	105
36	墙的相对位移	106
37	永久位移上限包络曲线(Franklin和Chang对全 部自然和综合记录的分析结果)	107
38	支座受力图(包括摩擦力)	108
39	桥台支承细部	108
40	典型的整体式桥台	109
41	螺旋配筋柱的箍筋压力	121
42	矩形配筋柱的箍筋压力	122
43	柱中箍筋搭接细部	123
44	柱中箍筋搭接细部	124
A1	例桥尺寸	127
A2	纵向振型的结构理想化和施加假想均布荷载	131
A3	纵向加载的位移和地震荷载强度	131

A4	承受假想横向荷载的三跨桥梁平面图.....	133
A5	承受等代静力地震荷载的三跨桥梁平面图.....	134
A6	柱的相互作用图.....	138
B1	各桥类型.....	149
B2	各式桥梁造价增加（按照第三稿）%.....	150
B3	试设计（按照第三稿）对造价的影响.....	150
B4	试设计（修改第三稿后）对造价的影响.....	151

附表目录

编号	名 称	页次
1	抗震类别 (SPC)	11
2	场地系数 (S)	12
3	反应修正系数 (R)	12
4	分析方法	16
A1	纵向地震运动的弹性地震力及其修正	132
A2	横向荷载下的位移和地震荷载强度	134
A3	横向地震运动的弹性地震力及其修正	135
A4	两种荷载情况下的最大地震力和弯矩	136
A5	静载力	137
A6	柱中发生塑性铰后地震力的计算	139
B1	采用《公路桥梁抗震设计准则》第三稿 各桥试设计概要	152
B2	1 号桥 (Hudson河谷) 综述	156
B3	2 号桥 (Humboldt河) 综述	158
B4	3 号桥 (Durham路) 综述	159
B5	4 号桥 (Menomonee河) 综述	161
B6	5 号桥 (Michelson高速道) 综述	162
B7	6 号桥 (South E. 街) 综述	163

1 导 论

1.1 目的

该准则建立了桥梁设计和施工条文规定，使桥梁所受到的地震危害降至最低。

条文中的设计地震运动和地震力是根据桥梁在正常使用期内规定一个小的超越概率而定的^①。桥梁及其部件如设计得能抵抗这些力，并按照条文规定的设计细节施工，那么，桥梁因地震震动虽可能受损坏，但坍塌的概率将是很低的。

编制这些条文的原则是：

1 桥梁结构在弹性范围内应能抵抗小到中等地震，而不会出现明显地破坏。

2 在设计方法中，使用实际的地震地面运动强度和地震力。

3 在爆发大地震时，桥梁的整体或部分不会发生倒塌。有可能产生破坏的部位要易于发现和便于检查修理。

编制该抗震设计准则的一个基本前提是适应于美国各地区。全国各地的地震危险性大、小不一。因此，为了便于设计，按照区划图上所规定场地加速度系数（A）和桥梁的重要性分类（IC）将桥梁划分为四种抗震类别（SPC）。对于四种抗震桥梁类别，规定了不同程度的简繁精粗的地震分析方法与设计。

重要桥梁应设计得能在震时和震后照常工作。加速度系数超

① 弹性设计力水平在 50 年内不超越概率是 80~95%。可是，设计地震力的水准，本身并不决定其危险性，危险性亦受与设计地面运动有关的设计规则与分析方法的影响。更详细的讨论见注释。