

PGV/PGA 和 PGD/PGA 随震级和震中距变化的研究

罗光财¹, 丁海平^{1,2}, 王绍博³

(1. 江苏省结构工程重点实验室(苏州科技学院), 江苏 苏州 215011;

2. 中国地震局工程力学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080; 3. 上海市地震局, 上海 200062)

摘要:以太平洋地震工程研究中心(PEER)和强震动观测系统组织委员会(COSMOS)记录的13次地震的486个台站的三分量地震动峰值数据为基础,按照震级和震中距大小将其分类,得到地震动的峰值比PGV/PGA和PGD/PGA与震级和震中距的关系。结果表明:峰值比随着震级的增大而增大,随着震中距的增大也增大。最后给出了峰值比与震级和震中距的衰减关系,以供抗震设计参考使用。

关键词:地震动; 峰值比; 衰减规律; 震级; 震中距

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2010)02-0112-05

Variation of the PGV/PGA and PGD/PGA along with the Change of Magnitudes and Epicentral Distances

LUO Guang-cai¹, DING Hai-ping^{1,2}, WANG Shao-bo³

(1. Provincial Key Laboratory of Structure Engineering(Suzhou University of Science and Technology), Jiangsu Suzhou 215011, China;

2. Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Harbin 150080, China;

3. Earthquake Administration of Shanghai, Shanghai 200062, China)

Abstract: Taking three component peak ground accelerations from 13 earthquakes recorded by 486 stations, provided by Pacific Ocean Seismic Engineering Research Center (PEER) and Consortium of Organizations for Strong Motion Observation Systems (COSMOS) as the basis of study, peak ground accelerations are classified according to the magnitudes and the epicentral distances. The relations between the PGV/PGA, PGD/PGA and magnitude, epicentral distance are obtained. The result indicates that the ratio of peak value increases along with the magnitude and epicentral distance increasing. At last, attenuation relationship between the ratio of peak value and magnitude & epicentral distance is presented which could be referenced in aseismic design.

Key words: Ground motion; Ratio of peak value; Attenuation relationship; Magnitude; Epicentral distance

0 引言

结构抗震分析采用的地震动参数多为地面加速度峰值(PGA)和加速度反应谱,《建筑抗震设计规范》提供的也是这一组参数。对于大多数结构采用这组参数是适合的,但对于诸如大跨斜拉桥这样的长大结构,考虑地面速度峰值(PGV)或位移峰值(PGD)时,结构的(位移)响应会有较大的变化,特

别是当结构进入弹塑设计时^[1],由于《建筑抗震设计规范》中并没有提供速度峰值和位移峰值,抗震设计时速度峰值和位移峰值很难确定,而这方面的研究成果并不多见^[2-4]。文献[5]中给出了不同烈度对应的PGA、PGV和PGD之间的关系:若PGA、PGV和PGD的单位分别取 cm/s^2 、 cm/s 和 cm ,则

收稿日期:2009-03-22

基金项目:地震科学基金项目(A08045);江苏省青蓝工程中青年学术带头人资助项目

作者简介:罗光财(1979-),男(汉族),湖南汉寿人,硕士生,助理工程师,主要从事地震工程研究。

$PGV/PGA = 1/12.5$, $PGD/PGA = 1/25$ 。但由于利用了早期的强震记录,该结果比较粗略。文献[6] 根据在全球范围内选取的 $0 \leq M_w \leq 7.6$ 、震源深度 $H \leq 20$ km 且断层距 $R \leq 40$ km 的震例数据进行分组统计分析,确定了 366 条 PGV 和 265 条 PGD 数据,采用最小二乘法进行数据拟合,得到 PGV 和 PGD 随断层距和震源深度变化的衰减曲面。总体来说,由于 PGV 和 PGD 的获得相对困难,有关研究成果比较缺乏。

本文收集了经校正过的 13 次地震的 486 个台站的三分量地震动峰值数据,分别按照震级和震中距大小将其分类。对峰值比 PGV/PGA 和 PGD/PGA 进行统计分析,并对峰值比根据震级和震中距进行拟合,以期得到 PGV/PDA 和 PGD/PDA 随震级和震中距变化的初步规律,以供抗震设计参考使用。

1 地震动数据

本研究采用的强地震动记录来源于太平洋地震工程研究中心 (Pacific Earthquake Engineering Research Center, 简称 PEER) 和强地面运动观测系统组织委员会 (Consortium of Organizations for Strong Motion Observation Systems, 简称 COSMOS), 选取了包括 Chi - Chi 地震、Kobe 地震和 Northridge 地震等 13 次强震的 486 个台站的地震动峰值数据,每个台站的地震动峰值包括 NS,EW 和 UD 三分量的地面加速度峰值 (PGA)、速度峰值 (PGV) 和位移峰值 (PGD)。13 次地震震级与各台站震中距的情况见图 1。

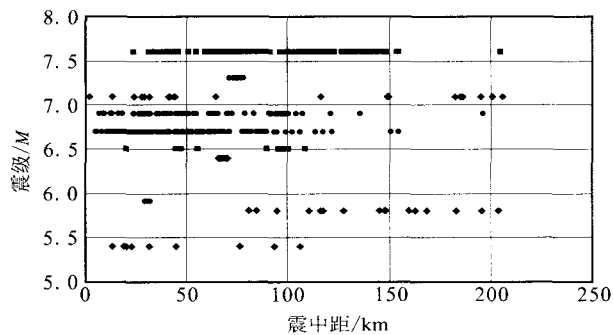


图 1 震级与台站分布图

Fig.1 Distribution of magnitudes and stations.

将所有台站按震级和震中距分为 9 个计算区域。其中按震级(里氏)的大小分三类: I 类为 $M \leq 6.5$, II 类为 $6.5 < M \leq 7.0$, III 类为 $7.0 < M$;震中距分为 $R \leq 50$ km、 $50 \text{ km} < R \leq 100$ km、 $100 \text{ km} < R$

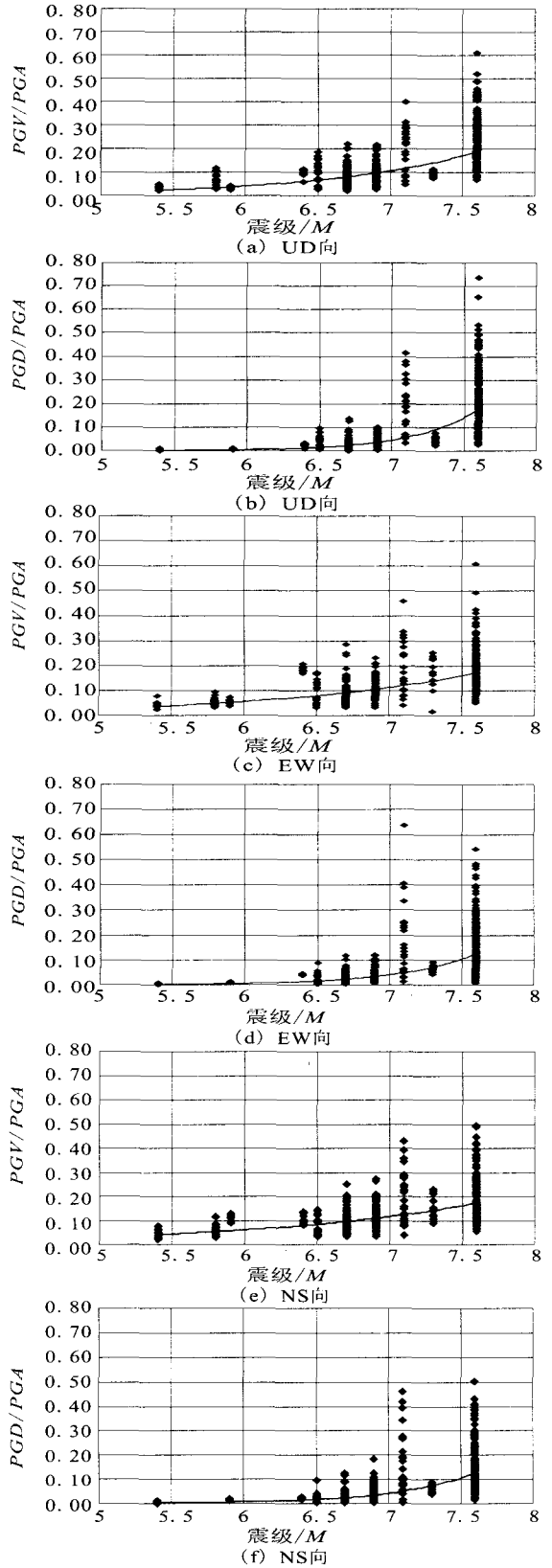


图 2 PGV/PGA 和 PGD/PGA 与震级关系

Fig.2 Relations of PGV/PGA and PGD/PGA with magnitudes.

三部分。每个计算区域的台站个数分布如表1。

表1 震级与台站分类统计表

震级	台阵分布数量 / 个		
	震中距/km		
	0 ~ 50	50 ~ 100	>100
$M \leq 6.5$	22	22	18
$6.5 < M \leq 7.0$	117	89	14
$7.0 < M$	27	110	67

2 地震动幅值随震级和震源距的变化规律

2.1 地震动峰值比随震级的变化规律

三个方向分量的 PGV 和 PGD 与相应的 PGA 峰

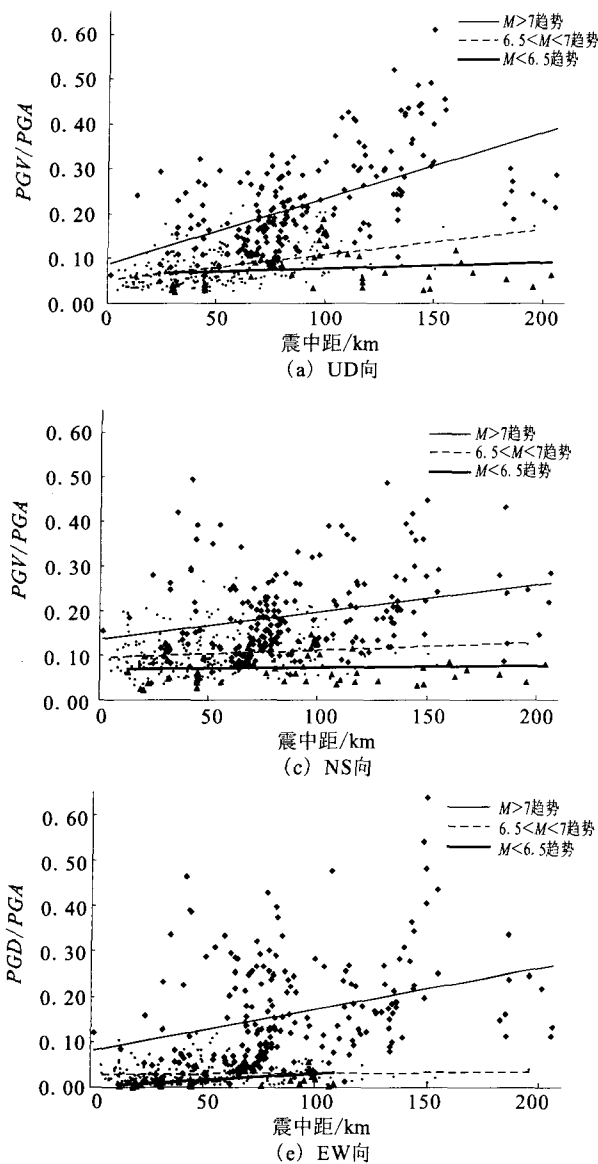


图3 PGV/PGA 和 PGD/PGA 与震中距关系

Fig. 3 Relations of PGV/PGA and PGD/PGA with epicentral distances.

值比在不同震级条件的变化如图2所示。由指数模型进行拟合的曲线看出:不论是水平分量还是竖向分量, PGV/PGA 和 PGD/PGA 沿震级的变化很类似: (1) PGV/PGA 和 PGD/PGA 值随着震级的增加而增大; (2) 震级的大小对 PGV/PGA 和 PGD/PGA 的变化有很大的影响, 当震级 $M > 7.0$ 时沿震级的上升幅值较大, 震级 $M < 7.0$ 时上升幅值要较缓。

2.2 地震动峰值比随震中距的变化规律

根据 PGV/PGA 和 PGD/PGA 值离散点沿震中距分布的特点, 13次地震通过按震级的大小分三类采用线性模型进行拟合。从拟合曲线看(图3): 对于每一类地震不论是水平分量还是竖向分量, 它

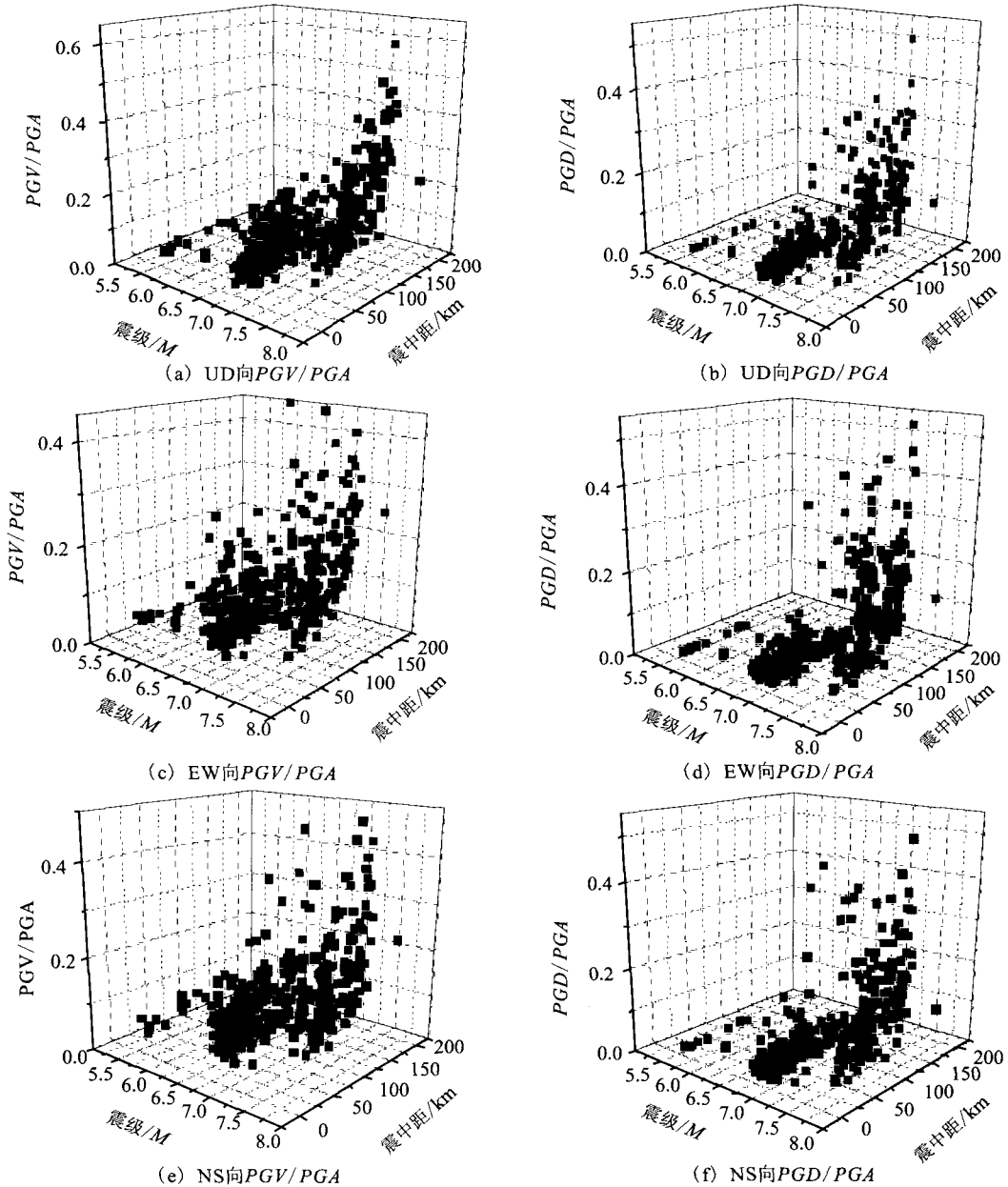


图4 PGV/PGA 和 PGD/PGA 三维分布图

Fig. 4 Three dimensional distribution of PGV/PGA and PGD/PGA.

们沿震中距的变化很类似:① PGV/PGA 和 PGD/PGA 随着震中距的增加而增大;②随着地震震级的增加, PGV/PGA 和 PGD/PGA 沿震中距增大的变化值增大。

2.3 PGV/PGA 和 PGD/PGA 随震级和震中距变化规律

对13次地震综合考虑地震震级和震中距对 PGV/PGA 和 PGD/PGA 的影响,得到三维分布如图4所示。

通过对图4分析,按照震级和震中距综合考虑,结果表明:不论是水平分量还是竖向分量, PGV/

PGA 和 PGD/PGA 随震级和震中距的变化很类似,随着震级和震中距的增加而增大。从分布图中可以看出, PGV/PGA 和 PGD/PGA 的取值必需综合考虑其震级和震中距的影响。

按照常用的地震动峰值衰减模型^[5,7],本文中地震动峰值比衰减模型采用如下形式:

$$\lg Y = c_0 + c_1 M + c_2 R \pm \varepsilon \quad (1)$$

式中:Y为 PGV/PGA 或 PGD/PGA;M为震级;R为震中距(km); $c_0 \sim c_2$ 为待求的参数,其中 c_0 为常数项, c_1 为震级项, c_2 为距离项; ε 为统计分析误差项,用均方差表示。多元线性回归拟合得到地震动的峰

值加速度、峰值速度和峰值位移的峰值比随震级和

震中距变化的规律见表2及图5。

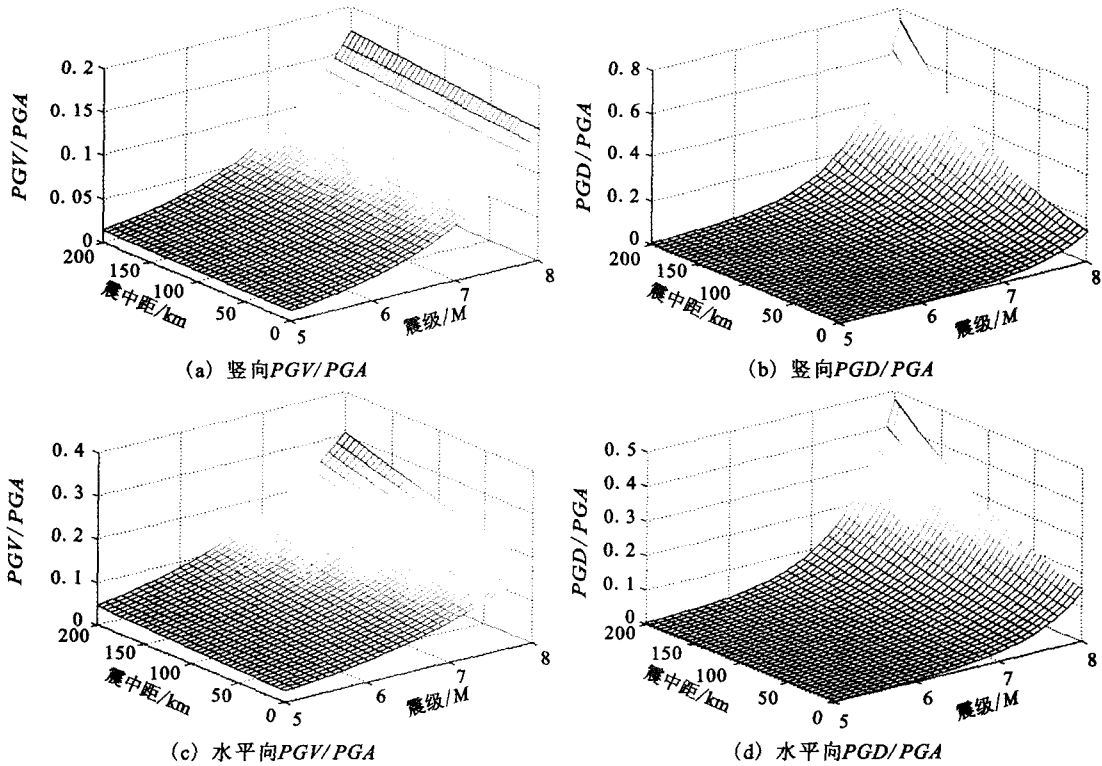


图5 PGV/PGA 和 PGD/PGA 与震级、震中距关系

Fig. 5 Relations of PGV/PGA and PGD/PGA with magnitudes, epicenter distances.

表2 地震动峰值比衰减模型参数

地震动峰值比	参数取值				
	c_0	c_1	c_2	ϵ	
竖向	PGV/PGA	-3.763 77	0.366 938	0.000 310 1	0.033
	PGD/PGA	-7.082 14	0.776 868	0.003 686	0.1
水平向	PGV/PGA	-2.963 41	0.277 671	0.001 116	0.036
	PGD/PGA	-6.619 2	0.724 065	0.002 509	0.1

根据按9个分区得到的PGV/PGA和PGD/PGA均值,取值也可以参照表3。

表3 PGV/PGA 和 PGD/PGA 分区取值

震级/M	PGV/PGA			PGD/PGA		
	震中距/km			震中距/km		
	0~50	50~100	100~150	0~50	50~100	>100
$M < 6.5$	0.05	0.05	0.06	0.01	0.01	0.01
$6.5 < M < 7$	0.08	0.08	0.10	0.02	0.03	0.04
$7 < M$	0.12	0.14	0.16	0.07	0.10	0.14

3 结语

通过对13次地震的486个台站的三分量地震动峰值的统计分析,得到如下结论:

(1) PGV/PGA和PGD/PGA峰值比一般随着震级的增加而增大,且当震级 $M > 7.0$ 时,峰值比随震

级的上升幅度较大,震级 $M < 7.0$ 时变化幅度较小;

(2) 随着震中距的增加,PGV/PGA和PGD/PGA随着震中距的增加而增大;

(3) 根据本文的统计结果,给出了地震动峰值比PGV/PGA和PGD/PGA随着震级和震中距变化衰减规律和对比表,以供抗震设计参考使用。

[参考文献]

- [1] 周媛,赵凤新,霍新,等.地震动位移峰值对斜拉桥地震反应的影响[J].中国地震,2006,22(4):418-424.
- [2] 陈培善,李保昆,白彤霞.中国强地震动速度衰减研究[J].地球物理学报,1999,42(3):358-370.
- [3] 陈培善,李保昆,白彤霞.中国强地震动位移衰减关系的研究[J].地球物理学报,1999,42(4):495-507.
- [4] 石玉成,蔡红卫,孙崇绍.黄土地区场地的地震地面运动参数特征[J].西北地震学报,1998,20(3):66-72.
- [5] 胡聿贤.地震工程学(第二版)[M].北京:地震出版社,2006:110-111.
- [6] 冯启民,邵广彪.近断层地震动速度、位移峰值衰减规律的研究[J].地震工程与工程振动,2004,24(4):13-19.
- [7] 杨清源,戴丽思,陈献程,等.水库诱发地震的地震动特征[J].西北地震学报,1997,19(1):64-69.