

地震地面运动的卓越方向

林学文

(国家地震局兰州地震研究所)

摘要 地震是活动断裂构造在区域构造应力场作用下,应变能释放的结果。地表建筑、构筑物的地震破坏与地震形变带均为同一构造应力场作用的产物,所以它们必然具有相同的力学性状特征。本文通过国内外一些强烈地震震害实例,充分论证了地震地面运动卓越方向的存在,并指出了它在抗震防灾及工程抗震和震害预测预防方面的重要性。

主题词: 建筑 地面运动 震害预测 工程抗震对策 强震

1 前言

地震的发生既受区域构造应力场控制,又受发震断裂构造性状及特征的制约。震源机制解、发震断裂构造地表形变带的性状特征和地震前后形变测量结果等均证实了这一点。地壳表面是建筑、构筑物的载体,因此,地震过程中建筑、构筑物的破坏必然反映了区域构造应力场及发震断裂构造的性状及特点,同时也反映出地震地面运动的卓越方向。

地震破坏是多种因素综合作用的结果,既与地震力大小、地震波频谱特性及持时有关,又与场地条件及建筑、构筑物自身强度和动力特性等因素有关。“从我国多次强地震中遭受破坏的建筑物来看,只有少数房屋是因地基的原因而导致上部结构的破坏,……大量一般性地基具有较好的抗震性能”^[1],因此,可以认为引起建筑、构筑物破坏的主要原因是地震作用和结构自身因素。

一般宏观震害考察的主要任务是了解震害程度、分布和宏观前兆现象及其变化,忽略了对地面运动卓越方向的调查,但这正是对震害预测预防和抗震防灾研究极其重要的问题。下面结合一些强烈地震具体震害实例,对地面运动卓越方向作以论证与探讨。

2 震害实例

引起建筑、构筑物地震破坏的原因比较复杂,要判别地面运动的卓越方向,必须剔除由场地条件及建筑、构筑物结构自身因素所引起的破坏。地面运动的卓越方向是在极震区及其周围经过详细调查、统计后得出的,具体震例如下:

2.1 1985年新疆乌恰7.4级地震

极震区乌恰县城位于地势较开阔、平坦的卡拉塔格山前冲洪积扇的前缘,场地条件较均匀。县农机厂厂区一排坐北朝南平房前,立放4个高约1.8 m的铁货架,其中有两个在地震时向南倾倒;一个向南跳移5 m后,被地面上的一块厚1 cm、面积为1 m²的钢板跳起后卡住;另一铁架向南跳移7 m后倒向南,又向东平移9.4 m后,在向南滑移3.5 m的过程中,倒转了

180°方向,地面运动轨迹极其清晰。厂内空旷车间拱梁与柱头东西向水平位移10—15 cm,南北向车间顶部窗间墙大部分向西塌落。

典型例子,一是乌恰地震台,“24”砖围墙东西向墙体在高0.3—0.8 m段均呈酥裂,但立而不倒;南北向墙体却在根部第二层砖处倒向西。二是6.7级强余震时,一栋南北向砖平房的两侧山墙外闪,单砖立砌的内隔火墙均向东倾倒,沿房屋纵向看上去像一道通廊。有关这次地震中建筑物倾倒方向的统计如表1。

表1 1985年新疆乌恰地震时建筑物倾倒方向统计

统计地点	烈度区	统计点数	倾倒方向($\frac{\text{点数(个)}}{\text{百分比(\%)}}$)	
			近南北向	近东西向
乌恰县城	9°区	29	9/31	20/69
乌泊尔镇	8°区	7	2/29	5/71
合计		36	11/30	25/70

上述震害事实说明,东西向地震动最为强烈,是地震地面运动的卓越方向。

2.2 1982年宁夏海原5.5级地震

极震区位于黄土丘陵地带的海原县蒿川、蔡堡一带。当地主要民用房屋土坯拱窑的强度低、质量差,对地震动反映极其敏感,受震后破坏极其严重且规律明显。近南北向拱窑多为端墙倾倒或顶部闪落、严重开裂;东西向拱窑南北向侧墙多在1m高处出现多道水平裂缝,乃至严重倾斜或向北倾倒,拱顶出现多道纵向裂缝,或严重开裂、塌顶。东西向夯土围墙亦多在高0.5—0.8 m段出现多道水平裂缝,或向南、北倾倒;南北向夯土墙则安然无恙。典型例子是6°区一户人家,平放在锅灶上的铁锅地震时被向南10°西方向转90°后立在锅灶上^[2]。

上述震害实例说明,这次地震的地面运动卓越方向为近南北向。

2.3 1976年唐山7.8级地震

极震区位于唐山市铁路的南北两侧,地震时东西向地面运动极其强烈,如一户七口之家头朝东仰睡在床上,地震时被头朝西、脸朝地摔在地上;铁路卫校一排东西向平房,由东头一家至西头的屋盖和室内的箱子、柜和衣物等,均抛向西隔壁一家,东头一户房屋成了露天,西头一户房盖虽没有抛出,但被第九户房盖砸塌,致使全家遇难。铁路技校、车辆厂、市一中一带,建筑物均呈东西向倒塌,而交通大学两排60幢职工住房,均向东倾倒^[3]。王景明在10°、11°区45个点的统计^[4]如表2、图1和图2。

表2 1976年唐山7.8级地震时建筑物倾倒方向统计

倾倒方向	近东西向	近南北向	坍塌或旋转状
点数(个)/百分比(%)	35/77	4/9	6/14

上述震害资料充分说明,唐山地震地面运动的卓越方向是近东西向。

2.4 1970年宁夏西吉5.5级地震

极震区位于黄土丘陵地带的芦子岔一带,当地主要民用房屋土坯拱窑的强度极低,地震

现场统计的建筑物倾倒方向如表3。

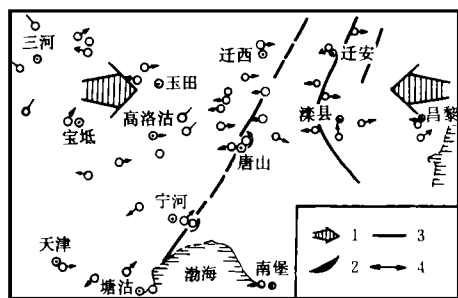


图1 1976年唐山地震发震构造与地面运动卓越方向(根据文献[1])

1 主压应力方向 2 地震破碎带 3 发震断裂构造 4 地面运动卓越方向

Fig. 1 The causative faults and the predominant directions of ground motion of the Tangshan earthquake in 1976.

有,而且在轻破坏区也有”^[4]。地震时的航空照片判读结果也明显地反映出不同地区房屋倒塌的主要方向。时振梁、鄢家全也以大量具体震例作了有关方面的充分论述^[6]。纵观地震过程中地面运动方向性分布的特点是,在束鹿地堑内房屋倒塌以东西向为主,地堑两侧,尤其是南侧则以南北向为主(见图3)^[6]。

2.6 1920年宁夏海原8.5级地震

海原地震记载中有关地震地面运动方向资料较多。据谢家荣先生报导,“各县报告地震动方向者,共二十七县,其中西北至东南者十七县……,似占多数”^[7](见表4)。

此外尚有如下记载:镇原县“墙垣、牌坊多向西倾倒”;泾源县“南北向之墙多向东倒,东西向之墙多向北倒”;静宁县“由西北向东南猛掀动二、三次……,此次地震,数丈石山能于东方掀腾高举,落于百步之西方小河沟中”;中卫“县城南北城垛倒塌二十九丈,损坏而未倒者尤多”;“固原城墙上六边形魁星阁,高三层,穿斗木架结构,砖砌围墙,……它的西北和东南二面墙上的裂缝呈水平向展布,而南北两面墙及东北、西南两面墙上布满了‘X’状裂缝”,翁文灏、谢家荣先生认为地震力的方向应为西北—东南向^[8]。

典型震害实例是6·区一坐北朝南四合院,东西向硬山搁檩房屋东山墙向外闪倒,内隔墙东闪,屋内地上一盆水地震时被向东泼出;夯筑好两个多月的南北向土围墙,地震以后从根部向东倾倒,东西向旧夯土墙墙脚虽已风蚀呈凹月型,但却完好无损。极震区芦子岔的打谷场上,10孔东西向连拱窑,东侧6孔向东倾倒,西侧4孔向东呈半倾倒状。

上述震害资料充分证明,这次地震地面运动的卓越方向近东西向。

2.5 1966年河北邢台6.8级和7.2级地震

两次地震的极震区分别位于平原区的梅庄—马栏和东江一带,有关地震地面运动方向性资料的搜集与研究的丰富程度,在国内属首位^{[5]、[6]}。例如“……许多建筑物破坏和倒塌具有一定优势方向,这种优势方向不但重破坏区



图2 1976年唐山地震市区发震构造与地面运动卓越方向(图例同图1)

Fig. 2 The causative fault in Tangshan City and the predominant direction of round motion during the Tangshan earthquake in 1976.

表3 1970年西吉5.5级地震时建筑物倾倒方向统计

考察者	考察范围	点数 (个)	倾倒方向(点数(个)/百分比(%))	
			近东西向	近南北向
林学文	极震区、6°区	190	153/81	37/19
李玉龙	极震区	86	71/83	15/17
宏观考察组	极震区	27	18/67	9/33
合计	极震区、6°区	303	242/77	61/23

上述震害史料充分证明了海原8.5级地震地面运动的卓越方向,极震区以南及东南部是北西—南东向,西部则近东西向或北西北向。

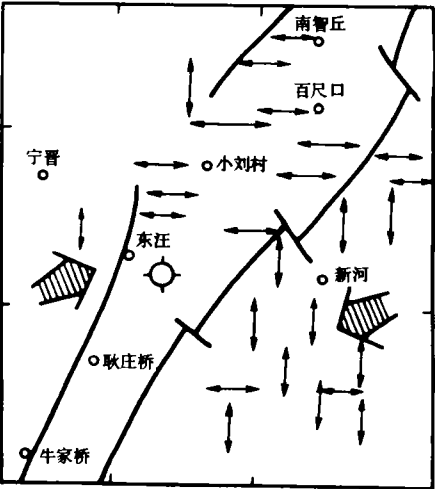


图3 1966年3月22日邢台地震发震构造与地面运动卓越方向(图例同图1)

Fig. 3 The causative faults and the predominant directions of the Xingtai earthquake on March 22, 1966.

此外,如1990年甘肃景泰6.2级地震时,发震断裂构造的北盘向西运动,南盘则向东;近南北向沟谷两侧多发生滑坡,西坡尤为严重,说明地震地面运动的卓越方向为东西向^[9]。

1975年海城7.2级地震中,据粗略统计,砖烟囱掉头后其砖块散落范围有一个主要方向比较密集^[10];古建筑的破坏、水井变形、烟囱破坏等,均呈现出一定的方向性^[11]。另如1970年通海7.8级地震、1973年炉霍7.4级地震及1966年云南东川6.5级地震等,均有类似报导。

国内见到的有关地震地面运动方向的最早记载是1733年云南东川地震。据《东川府志》记载“…睥睨低于楼三丈,南北侧十损其九,东西十存其六……”^{[7]、[12]}。日本早在1891年浓尾8.4级地震时,已注意了墓地的石碑、石灯及石像等的倾斜和运动方向^[13],在其后的地震考察中也有许多描述^[14]。1990年菲律宾吕宋岛7.8级地震时,在发震

断层通过的黎刹(Rizar)附近,地表面直径5—30 cm 的石头多数被向西抛出20—30cm 以外^[15]。1992年土耳其埃尔津詹地震报导中,“北西到南东似乎是地面运动的主要方向”。类似例子还有如“卢努普列塔(Lono Prieta)地震时强震地面运动方向特征”等的报导。

上述众多国内及世界范围震害实例充分证明,地震过程中极震区及其周围一定范围内,地面运动有一个卓越方向。这一事实已逐渐被更多的人所认识与注意,但进一步研究其与区域构造应力场及发震断裂构造性状、震源物理过程等的关系问题尚未引起应有的重视。

表4 1920年海原8.5级地震地震动方向统计*

地震动方向	北西—南东	北东—南西	近南北	近东西
县数(个)	17	4	3	3
占百分比(%)	63	15	11	11

* 根据文献[7]

3 结语

地震地面运动的卓越方向,不仅对河谷城市斜坡、库区坝体及边坡稳定性的评价很重要,而且对埋设与架空管道、生命线工程中的水电及通讯网络更为重要。如果能预先知道它的方向,就可在抗震设计或加固中采取适当技术措施,避免或降低地震伤亡或损失,因此确定地震地面运动卓越方向的工作是抗震防灾及灾害预测预报中极其重要的一个环节,具有重要的实用价值和理论意义。但是,该项课题比较复杂,需要深入探讨研究的问题较多,有关震害实例资料很少,需充分利用一切破坏性地震时机进行搜集与积累。本文意在引起更多学者的关注。

参考文献

- 1 中国建筑科学研究院. 建筑抗震设计规范:GBJ11—89条文说明. 辽宁科学技术出版社,1989
- 2 查小刚,等. 海原5.5级地震宏观考察初步总结. 西北地震学报,1983,5(增刊)
- 3 国家地震局科研处. 唐山地震考察与研究. 地震出版社,1981
- 4 王景明. 地面建筑倾倒方向与强震地面运动. 地震学报,1982,4(1)
- 5 河北省地震局. 一九六六年邢台地震. 地震出版社,1986
- 6 时振梁,等. 建筑物的破坏和断层附近的地面运动. 地球物理学报,1978,21(3)
- 7 谢毓寿,等. 中国地震历史资料汇编:第四卷(上). 科学出版社,1985
- 8 国家地震局兰州地震研究所. 一九二零年海原大地震. 地震出版社,1980
- 9 侯康明,等. 1990年景泰6.2级强震的烈度分布及发震断裂. 中国地震,1992,8(1)
- 10 中国科学院工程力学研究所. 海城地震震害. 地震出版社,1979
- 11 朱凤鸣,等. 一九七五年海城地震. 地震出版社,1982
- 12 中国科学院地震工作委员会历史组编辑. 中国地震资料年表(下册). 科学出版社,1956
- 13 宇佐美,等. 日本被害地震总览. 东京大学出版社,1983
- 14 佐藤魂夫,等. 被害调查から推定される地震動の卓越方向地震断層モデル. 地震(第二輯),1979,32
- 15 阿部胜征. 1990年7月16日フィリピン・ルソン地震の地震学的調査. 地震研究所汇报,1990,65

PREDOMINANT DIRECTIONS OF EARTHQUAKE GROUND MOTION

Lin Xuewen

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou,SSB*)

Abstract

An earthquake results from release of strain energy of an active fault under the action of regional tectonic stress field. The seismic failures of surface buildings and structures as the results of the action of tectonic stress field certainly have the same mechanical properties as the seismic deformation belt. In the present paper, the author fully proves the existence of predominant directions of seismic ground motion by analyzing the earthquake disasters of some strong shocks and points out its importance in earthquake resistance and disaster prevention. engineering designs against earthquake and earthquake damage prediction.

Subject words: Building, Ground motion, Strong earthquake, Seismic disaster prediction, Antiseismic engineering measures