

地质断层类型划分与工程抗震影响评价

林 辉 德

(国家地震局地壳应力研究所)

提 要

地质断层与工程抗震关系密切,其主要内容是对发震断层的确定与断层地震效应问题。发震断层是指可能发生烈度为7度以上的地震而言,通过把断层划分为岩石圈、壳型、基底、盖层、表层五种断层类型工作,可以从众多的断层中划分出少量的发震断层而具有重要意义。地震过程中断层地震效应作用取决于断层两侧介质差异与断层垂直断距的大小。根据断层二侧介质的不同,可分为基岩与土层、基岩与基岩、土层与土层三个类型,再按断层垂直断距分亚类。通过断层地震效应类型的划分,可以有区别地对待不同断层有无地震效应及可能的强度,从而有利于断层的抗震评价工作,深入研究这项工作有重要意义。

目前,断层对工程抗震的影响如何进行评价有着不同的认识。对活断层的含义和能否确定发震断层等也有不同的认识。作者认为:对发震断层的确定是非常重要的。由于我国除台湾省属岛弧区,其地震发生是与太平洋板块俯冲带有关以及东北地区珲春一带属深源构造地震外,绝大部分地区的地震属大陆(或称板内)浅源构造型地震,它们是断层活动的结果。活断层不等于发震断层,在众多的活断层中区分出发震断层具有重要意义。鉴于对发震断层的确定以及断层地震效应的研究皆与地质断层类型划分有密切联系,故这项研究对工程抗震影响评价工作有重要意义。

一、发震断层含义与确定的条件

1. 发震断层确定的重要性

唐山地震在震前认为该区不是地震危险区的主要原因之一就是认为没有发震断层。唐山市附近分布有陡河活断层,震前以其规模小且没有历史强震而认为不是发震断层。震后进行大量人工地震地壳测深工作表明,其地壳深部分布有壳断层,断距达4 km。它是沧东活动壳断层北段部份,与盖层的唐山断裂带及表层的陡河活断层三者空间上相一致并在成因上是互有联系,只是在不同地质时期在不同构造层以不同断层型式出现^[1],因而发震断层为沧东活动壳断层。再以龙陵地震为例,这一强震发生在地表花岗岩体中,长期以来认为与断层无关,是一种新生的、正在崛起的活构造而发生地震并作为典型事例。然而,近

年来进行地壳深部工作表明,其深部分布有深断层即怒江断层带,它是发震断层并控制花岗岩的分布,从而说明它同样是断层活动的结果。

我国大部份地区地震发生的震源深度一般在地下10—30公里处,地震的发生是断层活动的结果。从1966—1976年我国发生九个7级地震的事实也得到说明^[2](表1)。

表 1 1966—1976年九大地震发震断层一览表

序号	地名	震级	发震日期	发震断层名称
1	邢台	7.2	1966.3.22	新河西
2	渤海	7.4	1969.7.18	郯 庐
3	通海	7.7	1970.1.5	曲 江
4	炉霍	7.9	1973.2.6	鲜水河
5	永善	7.1	1974.5.11	莲峰巧家与北西向断层
6	海城	7.3	1975.2.4	金州与小孤山
7	龙陵	7.4	1976.5.29	怒江断裂带
8	唐山	7.8	1976.7.28	沧 东
9	松潘	7.2	1976.8.16	虎 牙

2. 发震断层含义与划分意义

我国活断层的分布广且多。以华北平原区即华北断陷盆为例,其数量是以千计,又认为活断层的拐点、端点、交叉点等部具有发震的条件,故可能发震的地点数以万计。实际上,活断层不都是发震断层,而应属发震断层的活断层只是其中很少一部份。我国强震发生的震源深度一般由10—30 km,而华北平原95%以上活断层只局限于新生代岩层中,其深度一般小于10 km已消失而不属发震断层。对发震断层含义,作者认为是指可能发生强度为7度以上的地震而言,理由一是地震烈度达7度时具有明显的破坏性属抗震规范规定的范围;二是小于地震烈度7度的地震,其发震断层确定的条件尚难于确定。至于发生地震强度为7度的地震,其相应的震级因震源深度不一而不同。考虑到我国地域广大,各处地震发生强度不一,而研究程度也不同,在确定强震震级下限时可有不同,一般可指六级地震而言,一些僻远地区可提高到6.5级,而华北南部为豫南、鲁南、安徽、江苏等地区则可以5级地震为下限等。

3. 发震断层确定的地质条件

在华北平原区确定发震断层有三个基本条件：一为活断层，由于不是活断层不会发生地震；二为壳断层（包括岩石圈断层）及基底断层，前者指发生6级以上地震（包括6级地震），后者指只发生6级地震；三是断层的闭锁条件，由于只有在闭锁条件下才能积累能量而形成强震，断层闭锁条件是相对的，而闭锁程度越高可能发生地震强度越大。上述三个条件是互有联系而缺一不可。现以唐山7.8级地震为例，其发震断层是沧东活动壳断层北段，此段是该断层切入燕山断隆部位而形成的闭锁段，从而具有“一活二壳三闭锁”的基本条件而发生强震。与唐山地震发震断层条件相似的有1679年的三河—平谷8级地震，1930年磁县7.5级地震，1937年菏泽7级地震，1668年年郯城8.5级地震等。华北西部即鄂尔多斯块体周围分布的汾渭、河套、银川地堑系地区，由于地堑系的形成受控于活动壳断层，在相对闭锁地段发生强震，同样受控于上述三个基本条件。我国西南、西北地区的区域地质构造特征与华北地区有所不同，断层活动方式也不一，前二个地区断层活动以走滑及逆冲断层为主，后者以正断层为主，而发震断层仍然与上述三个基本条件有关。青藏地区主要是喜山期形成的年青褶皱带，发震断层可能以基底及盖层断层为主。上述情况说明，对发震断层地质条件的确定，已有较丰富的资料进行判定。

3. 几点说明

（1）活断层含义 活断层的含义在时间尺度上划分意见不一，有以新生代、新第三纪、第四纪、中更新世、晚更新世、全新世等作为活动时间的下限。作者认为：以全新世为下限是合适的，但不能作为绝对的规定，因为有些地区的断层有活动而没有分布全新世地层，有些地区有全新世地层而断层标志不明显而难以确认。因此，可据区域特征作出补充规定才切合实际。

（2）活断层的活动速率与强震发生的关系 在国内外已广泛采用断层的活动速率为标准，并常与地震活动强度相联系，作者认为这是有问题的。因为它忽略了不同断层类型的活动速率与地震活动强度是不相一致的。如对走滑断层来说，二者具有相关性；对正断层来说则可相反，其活动速率越大则地震活动强度越小，由于这一倾滑型式属稳滑而不发生强震，这一情况在我国华北地区是非常明显的。

（3）发震断层与发震段 活断层具有分段性已日益为国内外学者所重视且具有普遍性。对发震断层来说，各段的发震条件是不一的，如郯庐大断裂的南

段（山东地区）是可能发生8级地震地段；中段（渤海地区）为7级地震地段；北段（辽河湾地区）则为6级。沧东大断裂北段属7—8级地震发震地段；中段是5—6级；南段为5级。太行山山前断层活动段可分为7段，各段活动强度不同，活动时间也有区别而形成强震条件也不一等。上述情况说明发震断层具有的分段时，而各发震段的发震强度不一，故应区别对待。

（4）发震断层及发展段具有时间含义 我国强震在同一地点重现周期较长。在华北平原区的7级以上强震尚未见有复发情况。在山西地震带的临汾地区1303年洪洞8级地震与1695年赵城8级地震相距约40 km时间间隔392年。这一情况表明，当一个强震发生后在较长时间内不会重复出现，其危险性相应减低，从而对发震断层或发震段具有时间含义，即在不同时间段内其危险性是不同的。

二、断层地震效应

在强震发生过程中，除发震断层在快速运动过程中发生位移以及在地表形成形变带外，在一些断层中还出现震害加重的地震效应。

1. 断层地震效应分布特征

现以唐山地震过程中断层地震效应特征分述如下：

（1）活动壳断层对地震烈度分布有明显作用 唐山地震等震线即地震烈度分布，在西部地区出现烈度7度、6度界线与夏垫活动壳断层位置相一致，而6度、5度界线与房山—高丽营活动壳断层位置相一致，说明活动壳断层对烈度分布有明显作用。其特点是断层下降盘相对为高烈度区，上升盘为低烈度区。这一情况很重要，由于当工程位于断层上升盘时其烈度有明显降低。

（2）活动壳断层下降盘靠近断层处出现高烈度异常 在夏垫活动壳断层下降盘靠近断层处分布有西集—廊府、夏垫等8度高烈度异常区。现以西集—廊府为例^[3]，异常面积约70 km²，长轴宽18 km，短轴5 km，长轴方向为北东20度，与夏垫断层走向相一致。异常区喷砂冒水明显，附近古河道及现今河流方向是由北西流向南东与异常区长轴方向近于垂直，说明是受断裂控制而与水系分布无关。在房山—高丽营活动壳断层也有类似情况，但由于烈度较低而效应为弱。在西部林亭口、马家营、南仁浮、河北营一带还出现一个长60 km、宽4—20 km的高烈度（8度）异常区，其位置与东西向活动壳断层相一致，也位于下降盘靠近断层附近。

（3）基岩出露区在断层处出现局部震害加重情

况 北京西及北部地区是基岩出露的山区,在大范围内地震烈度为5度,而在西部的燕家台、双塘涧,北部的古北口、新城子等地点出现烈度7度高异常点,其特点是范围小而与断层分布有关。现以燕家台村为例,它位于北东向沿河城断裂与北西向次级断裂交汇部位处,在断裂二侧房屋倒塌80多间,而200 m以外地区震害就很快减轻。在唐山市北部远距震中约250 km处,区域地震烈度为5度,但出现6、7度(个别达8度)的高烈度异常点约20处,其分布除与地形地貌有关外,主要与断层有关。上述资料表明断层地震效应是存在的,但不是所有断层都有作用,而只有其中较少部份。

(4) 一侧为基岩一侧为土层的活断层的地震效应 以唐山市附近的陡河活断层为例,断层北西盘为下降盘,分布有数百米第四纪土层,陡河电厂即位于其上且震害较重。断层南东盘为上升盘基岩裸露,震害明显减轻。

(5) 平原区发育在新生代岩层的活断层地震效应不明显 唐山地震过程中,其附近广大平原地区分布有很多发育在新生代岩层的活断层,其地震效应不明显。有些断层并不局限在新生代岩层中,其下伏基岩也有断距的,出现的地震效应可能与断层垂直断距规模大小有关。

2. 断层地震效应机理讨论

从唐山地震过程中出现的断层地震效应说明主要取决于断层二盘介质以及断层垂直断距的规模。如活动壳断层的规模巨大,其垂直断距达3—10 km,在地壳莫霍面也不连续,断层两侧介质明显的差异以及断层破裂带的发育等而形成不连续界面,地震过程中地震波被吸收大量能量而形成不同强度的分界线。地震波在此界面发生反射、折射以及由于两盘土层厚度的差异引起地震波振幅放大作用的差别等而形成震害差异并在下降盘靠近断层处出现局部震害加重的情况。当断层两侧介质有差异而垂直断距规模较小时,其地震效应相对较弱。当断层垂直断距很小而两盘介质没有差异时,其地震效应就没有。至于在基岩地区断层两盘介质相似条件下出现有局部震害加重情况,则可能与断层发育有裂隙而造成地震波在此被局部吸收有关。

三、断层类型划分与工程抗震影响评价

1. 断层类型划分与发震断层确定

我国强地震发生的震源深度一般为地下10—30 km并与活断层有关。由于很多活断层只局限发育于新生代岩层中,其深度一般只延深至1—10 km处即消

失,因而与强震发生无关。因此,对活断层进行断层类型划分而确定发震断层有着重要意义(表2)。

表 2 地质断层类型与发震断层关系表

断层类型	深度 km	地壳构造部位	是否发震断层	例 举
岩石圈断层	<40	岩石圈	是	郯庐断层
壳断层	30—10	地壳莫霍面	是	沧东断层
基底断层	0—30	前寒武纪基底	是	南口—孙河断层
盖层断层	0—20	古生代及中生代地层	否	南苑—通导断层
表层断层	0—10	新生代地层	否	断陷中大多数断层

几点说明

1. 岩石圈、壳型、基底、盖层断层类型划分与前人划分相似^[4],现增加表层断层是指只发育于新生代地层中的断层。
2. 各类断层的深度是大致数字。
3. 岩石圈及壳断层作为发震断层,其震级大于或等于7级地震,基底断层的震级只限于5—6级,其他断层小于5级地震而不作为发震断层。
4. 所有类型断层指活断层,不是活断层则都不是发震断层。
5. 本表以华北地区为代表,其它地区供参考。

2. 断层分类与地震效应评价

地震过程中地质断层产生地震效应取决于断层两盘介质差异与断层垂直断距规模大小,现据此二个基本因素进行分类,前者为主后者为次而为亚类(表3、4)。

表 3 断层地震效应分类表

类 别	断层二盘介质特征	地震效应程度
I	断层一盘为土层一盘为基岩	强
II	断层二盘皆为基岩	弱
III	断层二盘皆为土层	弱或无

小 结

1. 对断层进行工程抗震影响评价工作是一项重要工作,目前存在不同认识有各方面的原因,随着研究工作的不断深入将会有共同意见,这将有利于工程抗震工作的发展。

表 4 断层地震效应分类亚类表

亚 类	断层垂直断距(m)	地震效应程度
1	0—100	与断层类别有关
2	100—1000	与断层类别有关
3	>1000	与断层类别有关

几点说明

1. 对断层地震效应评价在确定类别基础上再进行亚类评价, 共分为三个类别九个亚类。在实际工作中若有困难则区分类别即可。后者对工程抗震影响工作尚有待进一步研究。
2. 断层垂直断距主要指新生代以来的断距。
3. 表中对断层地震效应评价是定性的, 实际工作中应是定量的, 即提出工程应避开断层的距离, 此项工作有待进一步研究。
2. 据断层分类进行工程抗震影响评价, 可以从众多的活断层中划分出发震断层、还可以从断层地震效应分类中对不同断层有区别地对待, 从而可发挥抗震工作的经济效益, 深入研究这项工作有重要意义。

参考文献(略)

※ ※ ※

CLASSIFICATION OF GEOLOGICAL
FAULTS AND ESTIMATION OF THEIR
EFFECTS ON ANTISEISMIC ENGINEERING

Lin Huide

※ ※ ※

Abstract

Geological faults are considered to be closely related to antiseismic engineering. The ascertainment of the earthquake-generating faults and their seismic effects is of the primary interest in this research. The earthquake-generating faults refer to those along which the earthquakes with intensities higher than 7 degrees may take place. From the numerous classified as five types, i. e. lithospheric, crustal, basement, cover and surface faults, a small number of earthquake-generating faults can be picked up. During earthquake the seismic effects of a fault depend on the difference between the media on both sides of the fault, as well as on the vertical displacement of the fault, and the former is the dominant. According to the different media on both sides of fault, they can be classified into three kinds: bedrock against soil, bedrock against bedrock, and soil against soil. According to the vertical displacement of fault they can also be subdivided into subkinds. By the distinguishing of seismic effects of faults we are able to know whether the fault has seismic effects and what is their strength. This work is of benefit to the estimation of the fault effects on antiseismic engineering.



地下水管理(水质和
水量)国际专题讨论会

水的需求量增加, 迫使人们根据水质而定其不同用途, 人为污染不断加重更有必要随时考虑作为水资源系统中重要单元的含水层, 以解决现存问题。为了获得较好的效能, 必须理解与地下水及开发管理模型有关的水流与化学作用过程, 从水质水量两方面进行模拟和最优化管理。国际水文科学协会(IAHS)水资源系统专业委员会(ICWRS)将于1989年10月2—5日在西班牙Benidom polytechnical 大学组织国际专题讨论会, 和联合国的几个机构和有关非政府组织一起讨论这些问题。会议议题

1. 作为决策基础的地下水量 地下水可利用性及与气候、水文变化和开发水平的关系。

2. 作为决策基础的地下水质量 点源和非点源污染、水质与水量的关系、含水层的恢复。
3. 地下水管理模型 水流和水质模拟、最优化、模拟和最优化耦合、目标和约束条件。
4. 作为水资源系统单元的含水层 贮存、规划过量抽水、稀释和处理、人工补给和重复使用, 水流和地表、地下水关系的改进。
5. 应用和实例研究数据要求, 模型的应用, 结果的灵敏性和完善, 执行问题, 管理者、分析者和水文学家之间的相互影响。

欲参加者须将大约1000字的论文摘要在88年5月1日前寄给会议的秘书或IAHS的秘书长。作者将在8月1日前接到是否录用论文的通知准备全文的具体要求。论文截止日期为89年2月1日。会议论文集将作为IAHS出版物在专题讨论会之前出版。

(韩宝平)