

唐山地区地震液化与地貌之间的关系

尹荣一¹, 刘运明¹, 李有利¹, 张世民²

(1. 北京大学地理科学中心, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

2. 国家地震局地壳应力研究所, 北京 100085)

摘要: 地震液化是同震震动引起的, 同时也受地貌活动创造的土壤条件控制。根据前人的研究成果和野外观察分析了唐山地震区的地貌格局, 结合唐山地震区的液化现象, 对液化和地貌之间的关系进行了初步的讨论。

关键词: 砂土液化; 地貌; 冲积扇; 三角洲; 唐山

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)04-0110-03

The Relation Between Earthquake Liquefaction and Landforms in Tangshan Region

Y N Rong-yi¹, L U Yun-ming¹, L I You-li¹, Z H A N G Shi-m in²

(1. MOE Laboratory for Earth Surface Processes and Department of Geography, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, Beijing 100085, China)

Abstract: Earthquake liquefaction, caused by coseismic shakes, is controlled by soil conditions which are the results of geomorphic processes. Based on the earlier research works and the field investigation, the relationship between soil liquefaction and landforms in Tangshan region is discussed.

Key words: soil liquefaction; landform; alluvial fan; delta; Tangshan

砂土液化是地震引起的主要灾害之一, 1976年唐山地震时也发生了大面积砂土液化现象, 给国家和人民群众带来了重大的损失。目前对液化现象的研究已取得很多成果, 但是这些研究大多是在沿用力学方法。本文将尝试从地貌学的角度对唐山地区的地震液化进行分析, 以补充现有的研究成果。

1 地质概况

滦河流域在地质构造单元上属于华北地台的燕山沉降带, 河淮台向斜的北部^[1]。按照断块构造的学说, 本区则属华北断块的冀鲁断块, 地跨燕山块陷和冀渤块陷两个词以及单元^[2]。本区基底为太古界和元古界变质岩系, 主要有片岩、片麻岩类及混合岩化黑云母变粒岩、磁化石英片岩等。自晚元古代起燕山地区受近东西向基底断裂控制, 产生了强烈拗陷, 沿海沉降带沉积了一套以海相碳酸盐岩为主的上前寒武系。早古生代本区经历了广泛的海进, 随之发生加里东运动, 致使该区大面积上升, 缺失晚奥陶世至早石炭世地层。其后, 晚古生代的震荡运动使这里沉积了海陆交互相地层。

中生代, 特别是燕山运动以来, 本区发生强烈的差异升降运动及断裂和岩浆活动, 从而奠定了本区构造的基本轮廓, 其中北部地区为持续上升区, 受到剥蚀, 除山间盆地外,

大多缺失中、新生代地层, 仅在现今燕山南麓的山前地带覆盖薄层的第四系, 而南部则不断沉降, 发育了厚达数千米的中、新生代沉积层, 构成了伸入渤海盆地的巨厚沉积体, 长期以来, 这种南降北升的构造活动形成了本区地形的基本轮廓, 影响着滦河的变迁, 使滦河冲积扇—三角洲具有明显的继承性。此外, 广泛发育的断裂使本区构造进一步复杂化, 控制滦河冲积扇—三角洲发育的断裂均为隐伏活动性断裂, 主要有三组: 东西向、北东向和北西向, 其中东西向断裂形成最早, 往往被其他方向的断裂所切割; 北东向为主要断裂, 控制着滦河冲积扇—三角洲的发育; 北西向断裂往往对河流的走向具有明显的影响, 不能去的主要断裂有^[7](图1):

1.1 昌黎—宁河断裂^[3]

该断裂走向为北东向, 是产生于吕梁运动的基底断裂, 通过本区时在滦河河床附近为北西向断裂所切割, 并发生水平错动。沿断裂北西盘上升, 南东盘下降, 致使断裂两侧中、新生代沉积层的厚度差异悬殊。

1.2 安山—献县断裂

该断裂走向北东, 在乐营通过本区。严断裂为新生界底层等厚线的密集带, 在1.5~30 km的距离内, 厚度由200 m急增至420~440 m, 底坡度达到6~10°, 这进一步证实了卫星照片判读的结果^[4]。

* 收稿日期: 2005-04-26

基金项目: 国家地震科学联合基金(010330)资助

作者简介: 尹荣一(1980-), 男, 硕士研究生, 主要从事河流地貌与地貌模型方面的研究。

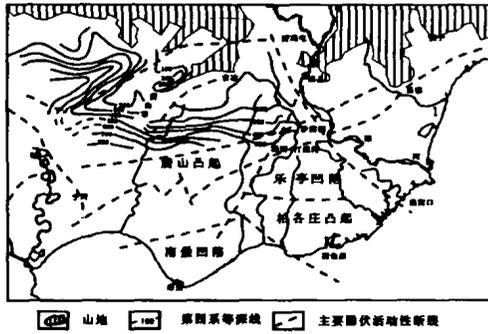


图1 唐山地区构造略图

1.3 卢龙—滦县断裂

卢龙—滦县断裂也称桃园断裂,走向北北东,这一断裂直接影响着滦县以上滦河河床,致使河流呈直弯形,弯曲度一般接近90°;该断裂向西南延伸,直至柏各庄农场,成为全新世滦河冲积扇—三角洲摆动范围的西部界线^[4]。

1.4 滦县—乐亭断裂

该断裂走向北北西,在野鸡坨和马城之间由四条平行的断层组成,滦县以西有一系列北北西向的断裂残山,向南向东延伸,基本上与滦河河谷走向一致,它形成于古生代,直至近代仍有活动^[4]。

这些断裂的活动产生了更次一级的构造单元,如乐亭凹陷,柏各庄凸起,南堡凹陷,唐山凸起等。

2 地貌概况

本地区可以分为四种地貌类型,由北向南依次为:低山丘陵、山前准平原、山前倾斜平原、滨海平原。如图2。

低山丘陵位于燕山南端侧,地势最高不超过海拔500m,地表切割成为丘陵状态。丘陵间形成盆地与谷地,如迁西盆地。河流以滦河、青龙河为主,河谷宽阔,但变化很大,河床中常有沙洲出现。在接近平原部分,常有侵蚀残余的孤丘,在丰润、昌黎间比较普遍。

山前准平原北接低山丘陵区,南至玉田县、唐山市、兴隆庄、昌黎县一线。地区轻微上升,地形受侵蚀后呈波状起伏。该区内的以丰润为顶点的冲积扇和以西峡口为顶点的冲积扇部分都是各自扇体的顶部,均以颗粒不均,分选较差的砾石沉积为主,分选较好的砂质沉积形成透镜体或夹层。

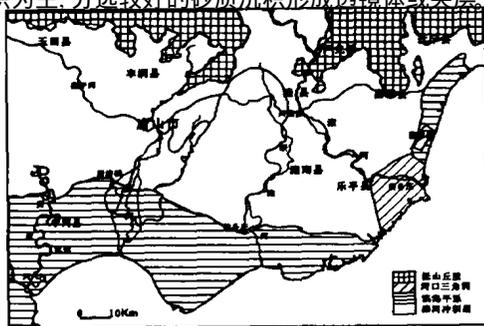


图2 唐山地区地貌示意图

山前倾斜平原是滦河晚期冲积扇、河口三角洲、近代河流沉积组成的。它北接山前准平原,南至苗庄子、唐坊桥、柏各庄、马头营、王滩一线。该地区相对沉降,地势平坦,地面坡

度1/200~1/2 500,倾向渤海。这里的地形主要由陡河、滦河、青龙河以及其他小河的堆积构成,地表由黄土类亚砂土为主。这里包括滦河的三个冲积扇,陡河以西是最老的冲积扇,这是以丰润为顶点的冲积扇的延伸部分,陡河以东是以西峡口为顶点的冲积扇的延伸部分,以及以滦县为顶点的冲积扇,此冲积扇内叠于以西峡口为顶点的老冲积扇内。倾斜平原东端是现代滦河三角洲,这里的沉积物较细,为灰黄色和黄色含黏土粉砂,局部夹中细砂,坡度极小。

滨海平原。本区由海积平原、泻湖、沼泽组成。南临渤海,北接山前倾斜平原。滦河口以北为砂质海岸,海滩坡度为6~7°;发育有高大沙丘,高可达40m^[8]。河口至清河口为砂泥质海岸,发育有滨外沙坝和泻湖,泻湖因堆积而日益缩小,边缘部分由淤积而成为沼泽洼地。滨外沙坝向海坡的坡度为1~4°;泻湖滩坡的坡度约为1/1 000。清河口以西为淤泥质海岸,发育有宽广低平的淤泥质海滩,坡度为1/1 000~1/3 000。

3 地震区的液化现象

饱和砂土或粉土在地震力作用下,受到强烈振动后土粒处于悬浮状态,致使土体丧失强度而地基失效的现象称砂土液化。砂土液化的影响因素很多,归纳起来有三大类:一类是动荷条件;一类是埋藏条件;另一类是土性条件。

动荷条件主要指的是震动强度和持续时间,震动强度以地面加速度来衡量,震动强度大,地震地面加速度就大,相同条件下的饱和砂土层就容易被液化。震动持续时间长,往往意味往复加荷次数多,反之则少。因此地震持续时间越长,砂土越可能液化,在地震地面加速度相同的条件下,持续时间短未发生液化的砂土层,在经受较长时间的震动后可能会发生液化。

埋藏条件指的是上覆土层厚度、上覆土层透水性、应力历史三个方面。埋深大的饱和砂土层较埋深小的饱和砂土层难于液化;上覆土层透水性较弱则更有可能发生液化;遭受过历史地震的砂土比未遭受地震的砂土不易液化,但曾发生过液化又重新被压密的砂土却较容易重新液化。

土性条件包括砂土的粒径、相对密度、初始孔隙比、渗透系数、结构性、固结程度。室内实验表明粗粒砂土较细粒砂土更难液化;砂土相对密度越大,越难液化;初始孔隙比与相对密度对液化的影响趋势相同,初始孔隙比越大,相对密度越小,则孔隙水压力传递越快,在不排水条件下,超静孔压力累积越快,砂土越易液化;砂土的透水性好有利于孔隙水压力的消散,液化的可能性减小;砂土的结构性主要指砂土内部颗粒排列和胶结程度,原状土比结构破坏土不易液化,老砂层比新砂层不易液化;固结程度越高,所需的往复应力峰值与加荷次数越大,砂土越不易液化,反之,固结程度越差,砂土越容易液化。

唐山地震引起的砂土液化影响面积大,类型复杂多样,如图3。北部低山丘陵地带里未发生液化现象。山前平原区液化现象比较普遍,在唐山、丰南、西河一线以西是轻微喷冒区,这里喷水冒砂零星分布,平面上没有规律,地表也没有明显变形;塔坨、李毫子庄、小集一线以东至滦县、滦南、柏各庄一线是中等喷冒区,这里喷水冒砂在平面上大片出现且分布不均,喷冒方式单一;滦县、滦南、柏各庄一线以东是喷水冒砂最严重的地区,旋扭型条带型为主的喷冒现象毗连成片,且地面出现大量地裂缝。滨海平原区主要表现为大面积积

陷,靠近冲积扇这一侧也有零星的喷冒现象^[6]。在整个地区里河道两侧都出现不同程度的滑移现象,这是两岸震陷、液化之后两岸的砂土受重力影响产生的滑移现象^[5]。

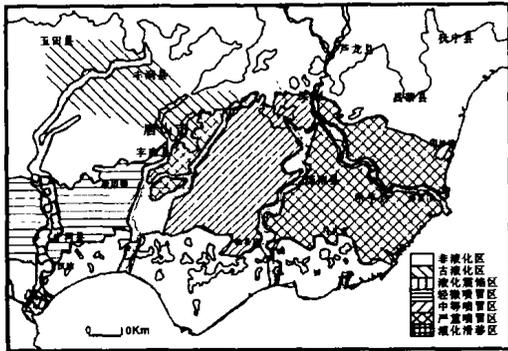


图3 唐山液化宏观形迹和分区示意图

4 讨论

比较图2和图3可以归纳出以下几点规律。

(1)液化现象的有无和冲积砂体的存在与否相对应,液化现象主要发生在大辛庄、丰南县、女织寨、洼里、滦县、指挥、团林镇一线以南,这片地区都是河流冲积扇或河口三角洲,有着较厚冲击砂体。而未发生液化现象的则是北部基岩山地、残丘。另外,存在冲积砂体的地区中只有少数因历史上发生过多次液化,地层增密处于超固结状态而此次未发生液化。

参考文献:

[1] 地质部地质科学研究所 中国大地构造纲要[M] 北京: 科学出版社, 1964
 [2] 张文佑 华北断块区的形成和发展[M] 北京: 科学出版社, 1980
 [3] 毓顺民,等 唐山地震区域构造北京和发震模式的讨论[J] 地质科学, 1977, (4): 305- 320
 [4] 李建华,等 京津塘张地区断裂构造与地震活动性的分析[A] 北京: 北断块曲的形成和发展[M] 北京: 科学出版社, 1980 274- 280
 [5] 杨建,陈庆寿 砂土液化影响因素及其判别方法[J] 部探矿工程, 2004, (3): 1- 2
 [6] 王钟琦 砂土液化宏观研究[J] 土工程学报, 1982, 4(3): 1- 10
 [7] 大港油田地质研究所,等 滦河冲积扇—三角洲沉积体系[M] 北京: 地质出版社, 1985
 [8] 邓绥林,等 河北地理概要[M] 石家庄: 河北人民出版社, 1984

(上接第109页)

(轻污染水)。区内 I、II 级阶地有丰富的地下水资源,水质良好,可满足生活与工业用水。

此外,应该看到由于本区地下水资源管理不当,工业三废、生活污水任意排放,故地下水资源局部已受到一定程度的污染,为了防止污染的进一步加剧,保证居民饮水健康,本人提出以下几点建议:

居民饮用水的水井,井上宜铺设水泥,排水沟远离水井,附近不应随处堆积垃圾。

参考文献:

[1] 潘乃礼 水文地质常用数理统计方法[M] 北京: 原子能出版社, 1989
 [2] 杨忠耀 环境水文地质学[M] 北京: 原子能出版社, 1990
 [3] 全国环境水文地质学术论选编组 环境水文地质理论及方法研究[M] 北京: 地质出版社, 1984
 [4] 刘天齐 环境技术与工程概论[M] 化学工业出版社, 1987.
 [5] R E Bellman, L A Zadeh Decision-making in a Fuzzy Environment, M anage[J] Sci , 1970, 17: 141- 164
 [6] S A Orlovsky. On Programming With Fuzzy Constraint Sets[J] Kybernetes, 1977, 6(3): 197- 201.

(2)液化现象的不同类型也跟地貌类型有联系。首先,发生喷水冒砂的地区大多都是河流冲积扇上的,而且表现出冲积扇越新喷水冒砂现象越严重。以丰润为顶点的冲积扇上喷冒最轻,以西峡口为顶点的冲积扇中等,以滦县为顶点的冲积扇区域最严重。其次,发生大面积震陷的是滨海平原区,也就是海积平原和河口三角洲地区。最后,液化引起的岸边滑移现象的地区主要是沿着现代河流沿岸以条带状分布的。

(3)由野外观察到的宏观液化形迹上看,有曲流存在的平坦地段,河曲内侧(凸岸)有明显的喷水冒砂现象,而在河曲外侧则没有明显的现象。喷冒集中出现在河道附近,那里液化类型也比较复杂,而远离河道的地段液化现象比较稀疏。喷冒最集中的地方是在冲积扇中古河道以及古泻湖遗迹附近。从这一点可看出喷冒现象与河道关系密切。

5 结论

从微观视角来讲,地震液化的影响因素较多,很难得出关于可能发生液化现象的地区的直观规律,但是从唐山地震区的地貌与液化现象的比较分析可以看出液化与宏观地貌特征并非毫无联系。河流的冲积平原上容易发生地震液化,冲积砂体越新越有可能发生砂土液化;河道附近极容易发生喷冒现象,河曲附近的喷冒现象尤为复杂。因此,在生产建设过程中,如果当地的构造活动比较活跃,则需要注意回避那些有河流作用过的地区,特别是古河道存在的地区,以减少液化现象带来的损害。

尽量不去破坏 I、II 级阶地上的天然保护层,对耕地,水稻田,应合理施肥,控制污灌。

完善排水设施,清污分流,达标排放。

建立地下水监测站和监测网,进行地下水动态的长期观测,展开地下水污染源及排污途径的调查研究。

致谢: 本文的完成过程中,得到了罗定贵老师的关怀与指导。在此,我衷心地感谢他!