

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

YIN Rong-yi¹, LIU Yun-ming¹, LI You-li¹, ZHANG Shi-min²

(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。

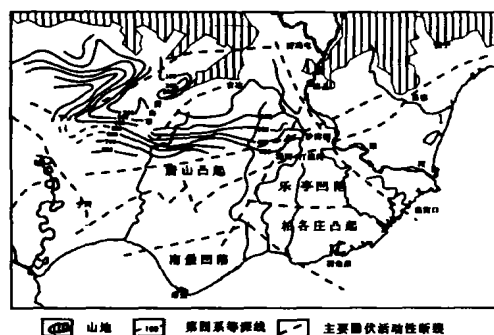


图1 唐山地区构造略图

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,向东南延伸,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。

低山丘陵位于燕山东端侧,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。

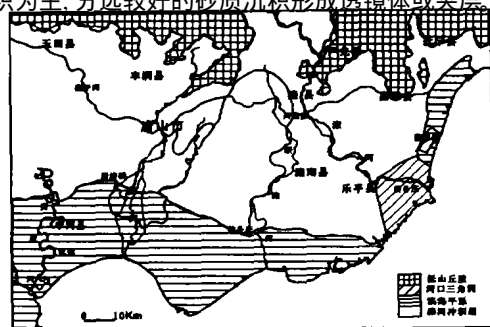


图2 唐山地区地貌示意图

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 $1/200 \sim 1/2500$,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 $6^\circ \sim 7^\circ$;发育有高大沙丘,高达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 $1^\circ \sim 4^\circ$;泻湖滩坡的坡度约为 $1/1000$ 。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 $1/1000 \sim 1/3000$ 。

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

