

唐山地震时北京及邻区砂土液化 深度的探讨*

王克鲁 刘慧敏 胡碧茹 蔡灵锋 盛学斌**
(国家地震局地质研究所)

摘 要

砂土液化深度历来是工程界颇为关心的问题。以往研究砂土液化深度多靠间接或宏观的方法,因而取得的结果彼此间差别很大,本文提出一种建立在喷砂同地下砂层直接对比基础上的矿物学方法。唐山地震之后,作者等收集北京通县的西集、王庄(以上为VIII度烈度区),河北香河县的骡子王、渠口、县城大气所(以上为VII度区)等五个钻孔剖面上的砂样及地表喷砂,并进行矿物与颗粒成分的研究。结果表明,西集喷砂同地下12.26米砂层类似;王庄喷砂同地下11.02米砂层类似;骡子王喷砂同地下12.3米砂层类似;大气所喷砂同地下9.2米砂层类似;渠口喷砂同地下11.28米砂层类似。据此可以认为,唐山地震时北京通县与河北香河等地的VII和VIII度烈度区的最大液化深度不超过12.30米,变化在9.2—12.30米之间,VII度区有可能更浅些。

一、前 言

近年在我国东部平原区接连发生了几次强地震,如邢台、海城和唐山等地震。这几次强震由于震级较大,曾引起大面积的砂土液化,并使许多地面建筑物遭受严重破坏。

为了减轻地震灾害,国内、外许多单位,对砂土液化判定标志、方法和深度等方面进行过不少研究^[1-3],但是直到目前为止工作仍嫌不足,特别是液化深度的研究。

液化深度是砂土液化预测中不可缺少的研究内容之一,而且同工程建设关系非常密切。在地震前如果把液化深度估计得过浅,则因深处未采取有效的抗、防震措施,一旦发生地震,建筑物就有可能受到严重的破坏;相反,如果把液化深度估计的过大,则由于加深了基础和桩基,也会造成不必要的浪费。为了准确地估计液化深度,加强抗防震措施,作者等在北京市地形地质勘测处同志们的大力支持下,搜集了通县的西集、王庄和香河县的骡子王、渠口、大气所等五个钻孔剖面不同深度的砂样及地表喷砂进行了颗粒和矿物成分分析(图1)。并将分析的结果进行比较,确定液化深度。

* 1979年12月28日收到。1980年7月8日收到修改稿。

** 高振寰、王立功、朱海之等同志参加部分野外考察。

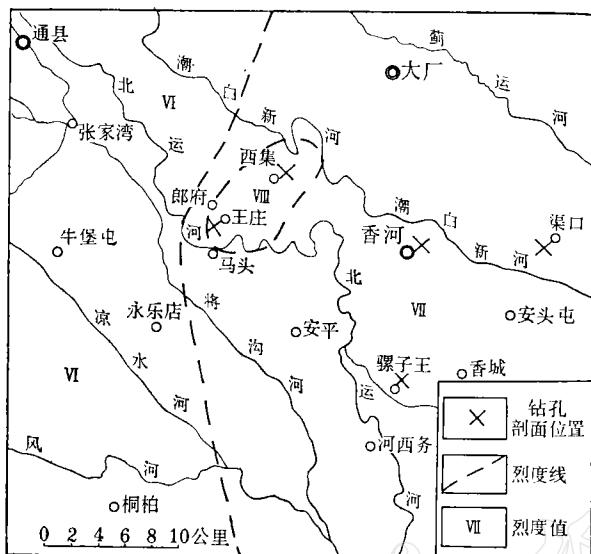


图1 唐山地震通县、香河地区烈度分布及钻孔剖面位置图

二、分析方法

由于喷砂是地震时地下砂层受地震力作用后瞬间喷出地面而形成,因此,地下砂层在喷出地面之前往往同其附近的砂层得不到充分的混合,这样就提供了研究地表喷砂与其来源的可能。基于这种思想,我们分别对喷砂及其附近的地下砂层进行了矿物和颗粒成分分析,并将分析的结果进行对比,从中找出喷砂与地下砂层相似层位,将此相似的层位看成是喷砂的来源,从而确定液化深度。为了避免早期喷出物混杂以及砂喷出地表在堆积过程中产生分选等影响,我们在采样时作了妥善的选择,尽力采集那些不受干扰,而又代表深度最大的沉积,如采集喷口上或喷口周围最顶部的沉积。

所作矿物分析,是把每个样品选取 15—20 克,经过筛与沉淀提取,从中选取 0.25—0.01 毫米组分,去掉矿物颗粒表面铁质薄膜,并用比重 2.9 的三溴甲烷重液将矿物分成轻、重两部分,最后用油浸法制成薄片,放在偏光显微镜下观察。每个样品观察 300—400 个矿物颗粒,分别计算各类矿物的百分比。

颗粒分析系采用筛析与移液管相结合的方法。

三、分析结果

(一) 钻孔剖面例举

1. 西集粮库剖面(编号西及西粮) 位于北京通县西集之西南,唐山地震时该区地震烈度为 VIII 度。有关该剖面上的矿物分析结果见表 1 和图 2。从表 1 和图 2 中可以看出,普通辉石、普通角闪石、柘榴子石、磁铁矿、钛铁矿、锆英石、石英和长石等矿物,在剖面上变化十分明显。例如,普通辉石、普通角闪石、长石等矿物在喷砂中含量较高,向下急剧

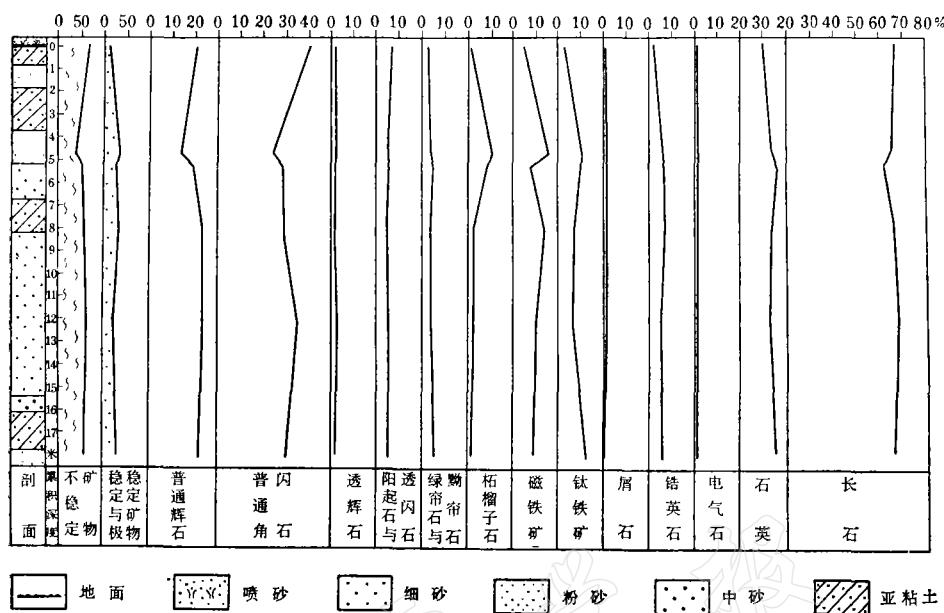


图2 西集粮库不同深度砂层矿物成分变化图

表1 北京通县西集、王庄不同深度砂层与喷砂矿物成分

编 号	矿物 含量 (%)			重 矿 物								轻 矿 物	
	岩 性	深 度 (米)	矿物 名称	普通 辉石	普通 角闪石	透闪石 与 阳起石	绿帘石 与 绿帘石	柘榴 子石	磁铁 矿	钛铁 矿	锆英 石	石英	长石
西 喷	灰粉细砂	地 表	21.66	41.81	7.90	4.14	2.64	5.46	3.39	3.01	30.98	66.40	
西 7-7	黄粉细砂	4.7—5.2	14.85	25.22	5.53	5.00	11.63	16.10	10.37	6.79	34.17	64.80	
西 粮 1	灰粉细砂	5.25	19.57	29.29	5.33	5.82	9.38	8.25	9.70	7.11	36.36	61.36	
西 7-8	灰粉细砂	7.8—8.3	23.28	29.19	4.38	4.24	3.69	14.38	9.86	7.12	33.42	65.57	
西 粮 3	灰粉细砂	12.26	23.42	35.68	5.20	4.46	3.53	11.09	6.50	5.76	32.60	66.17	
西 粮 5	灰粉细砂	18.0—18.1	22.90	31.30	6.58	5.09	2.99	10.17	12.87	6.73	35.20	63.89	
王 喷	灰粉细砂	地 表	23.16	39.14	7.98	3.51	2.87	3.19	6.70	0.79	32.56	64.18	
王 庄 1	灰粉细砂	4.9—5.3	21.91	30.84	7.19	5.06	7.45	10.87	9.84	3.72	33.33	64.28	
王 庄 3	灰粉细砂	11.02	24.44	40.11	9.24	7.20	3.69	3.14	5.73	2.21	31.60	66.66	
王 庄 4	灰粉砂	12.3—12.5	20.00	26.30	5.07	7.84	4.15	11.53	18.00	5.07	37.25	62.07	
王 庄 6	灰粉细砂	18.1	17.16	26.41	7.28	3.45	7.28	13.46	17.16	3.95	37.12	61.65	

注: 其他次要成份未列入。

地减少,再下至7.8米含量逐渐增加,至12.26米出现剖面上最大含量,更下含量又有所减少。比较喷砂与各不同深度砂层以后,可以看出,只有12.26米砂层同喷砂含量接近。

柘榴子石与磁铁矿同上述矿物相反,在地表喷砂中含量较小,向下至4.75与5.25米明显增多,更下含量减少,变化在2.99—3.69%之间,同地表喷砂接近。

钛铁矿、锆英石和石英等矿物同前两矿物有些类似,但12.26米以下含量增加。

从以上喷砂同各地下砂层对比中可以看出,地表喷砂同12.26米深砂层在矿物种类

和含量上类似。据此可以推断西集粮库的喷砂来自 12.26 米深砂层。

2. 王庄剖面(编号王庄) 位于北京通县郎府公社王庄。唐山地震时烈度为 VIII 度。剖面上矿物含量的变化同西集有些类似(见表 1)。

从表 1 中可以看出, 普通辉石、普通角闪石在地表喷砂与 11.02 米砂层中含量均较高, 而其他各层含量皆低。

磁铁矿、钛铁矿、柘榴子石则相反, 在喷砂和 11.02 米砂层中含量较低, 而其他各砂层中含量较高。

根据以上所述, 可以看出地表喷砂同 11.02 米砂层在矿物种类与含量上比较接近。

如果把以上两地的喷砂与地下砂层在标型矿物方面进行比较, 则发现西集剖面上的

表 2 北京通县西集、王庄喷砂及不同深度地下砂层标型矿物特征表

编 号	深 度 (米)	柘榴子石		锆英石		透闪石		分选程度			备注
		无 色	粉红色	无 色	乳黄色	颗粒均匀	颗粒不均 匀有粗大 晶休	好	中	差	
西 喷	地 表	+++	+	+++	+		+	+	+		
西 7-7	4.70	+	+++	+	+++	+			+		
西 粮 1	5.25	+	+++	+	+++	+			+		
西 7-8	7.80	+++	+	++	++		+		+		
西 粮 3	12.26	+++	+	+++	+		+		+		
西 粮 5	18.00	+	+++	+++	+	+				+	
王 喷	地 表	+++	+	+++	+		+	+	+		
王 庄 1	4.90	+	+++	++	++	+			+		
王 庄 3	11.02	+++	+	+++	+		+	+	+		
王 庄 4	12.30	++	++	+	+++	+				+	
王 庄 6	18.10	++	++	+	+++	+				+	

注: 表中“+”字符表示矿物出现的数量多少或其特征。

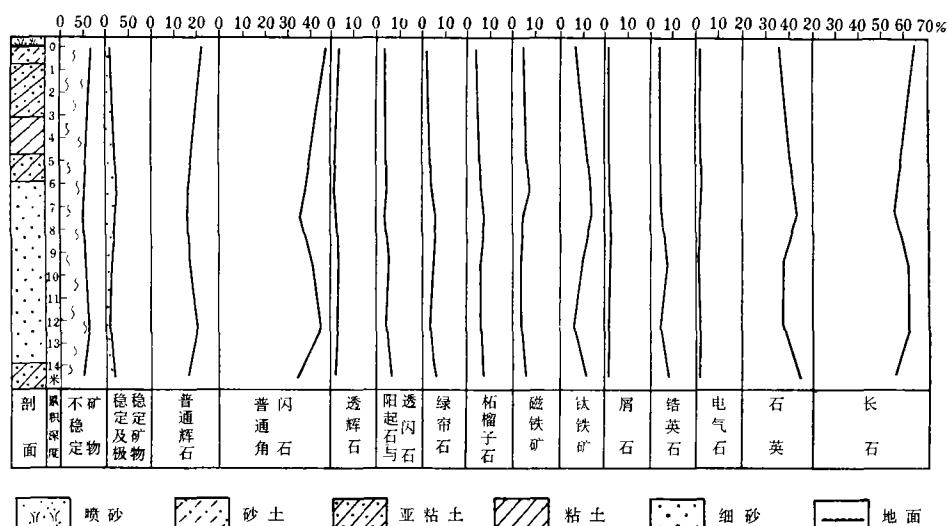


图 3 骡子王不同深度砂层矿物成分变化图

喷砂和地下 12.26 米砂层均富含无色的柘榴子石、锆英石和粗大晶体的透闪石, 而其他各层则所含粉红色柘榴子石和乳黄色锆英石很多。同样王庄剖面的地下 11.02 米砂层和地表喷砂之间, 也看出有类似的特点(见表 2)。

3. 骡子王剖面(编号香 2) 位于香河县五百户公社骡子王村, 唐山地震时其烈度为 VII 度强。分析的结果见表 3 和图 3。

表 3 香河县骡子王、渠口、大气所不同深度砂层与喷砂矿物成分

编 号	岩 性	矿物 含量 (%)	矿物 名称	重 矿 物							轻 矿 物		
				普通 辉石	普通 角闪石	透闪石 与 阳起石	绿帘石 与 黝帘石	柘榴 子石	磁铁矿	钛铁矿	锆英石	石英	长石
香 2 喷	灰 细 砂	地 表	22.83	47.53	3.70	2.96	3.46	4.57	5.55	2.34	35.24	64.76	
香 2-6	灰 细 砂	6.4—6.46	16.38	38.21	4.47	4.91	6.55	7.64	12.55	3.49	42.50	57.49	
香 2-7	黄 细 砂	7.6	16.36	36.29	3.90	6.50	7.69	4.87	12.78	4.88	43.27	56.73	
香 2-8	灰 细 砂	9.6	17.59	41.26	5.10	5.58	5.22	3.15	8.62	6.55	37.93	62.07	
香 2-10	灰 细 砂	12.3	21.15	45.40	4.36	4.02	5.29	4.71	5.17	3.22	37.78	62.22	
香 2-11	重 砂 粘	14.1	16.34	35.36	6.42	6.86	6.47	6.07	10.56	6.97	44.60	55.39	
香 9 喷	轻 亚 砂	地 表	25.78	45.13	6.14	3.96	4.15	3.87	4.91	2.55	36.36	63.64	
香 9001	粉 砂	5.0	23.76	40.54	7.86	6.12	4.15	3.22	6.01	3.01	38.89	61.11	
香 9-2	细 砂	9.1	21.96	40.56	4.67	2.71	5.14	7.29	10.74	2.62	40.84	59.16	
香 9003	粉 砂	11.28	25.93	46.07	6.03	2.16	3.53	3.63	5.01	2.39	37.11	62.89	
香 9-4	细 砂	13.0	16.96	30.94	4.38	4.75	9.41	10.07	16.96	3.08	44.59	55.40	
香 14 喷	细 砂	地 表	21.49	44.52	7.06	3.04	3.91	6.08	7.93	2.28	38.02	61.97	
香 1402	细 砂	6.15—6.45	16.89	35.51	4.73	2.72	6.45	10.08	16.89	2.09	42.59	57.41	
香 14-5	黄 细 砂	7.4	20.42	43.59	4.41	3.20	6.07	2.98	11.48	1.55	40.35	59.64	
香 1403	黄细中砂	9.2—9.5	22.43	46.32	2.91	4.03	3.35	5.25	8.60	2.35	36.23	63.77	
香 14-7	中 砂	11.25	12.04	32.38	2.88	2.03	8.64	18.64	18.12	2.35	43.14	56.86	

注: 其他次要成分未列入。

从表 3、图 3 中可以看出, 普通辉石、普通角闪石和长石的含量, 在喷砂中含量最大, 向下含量显著减少, 至 12.3 米重新出现较大含量, 并与喷砂含量接近。

磁铁矿、钛铁矿、柘榴子石、石英等矿物在地表喷砂与 12.3 米砂层中含量皆低, 而在其他砂层中含量均较高。

通过对比可以看出, 12.3 米砂层在含量上同喷砂较为接近, 所以推测喷砂来自地下 12.3 米砂层。

4. 香河县大气所剖面(编号香 14) 位于香河县城内, 唐山地震时烈度为 VII 度。矿物含量变化如表 3 和图 4 所示。

从图 4 中可以看出, 地表喷砂和 9.2 米砂层之中普通辉石、普通角闪石、帘石和长石等矿物含量均较大, 而其他各层含量较少。柘榴子石、磁铁矿、钛铁矿、石英等矿物则与此相反。经过喷砂同地下砂层进行比较, 则发现 9.2 米砂层在含量上同地表喷砂接近。

5. 渠口中学剖面(编号 9) 位于香河县渠口公社渠口村, 唐山地震时烈度为 VII 度强。矿物含量变化见图 5。

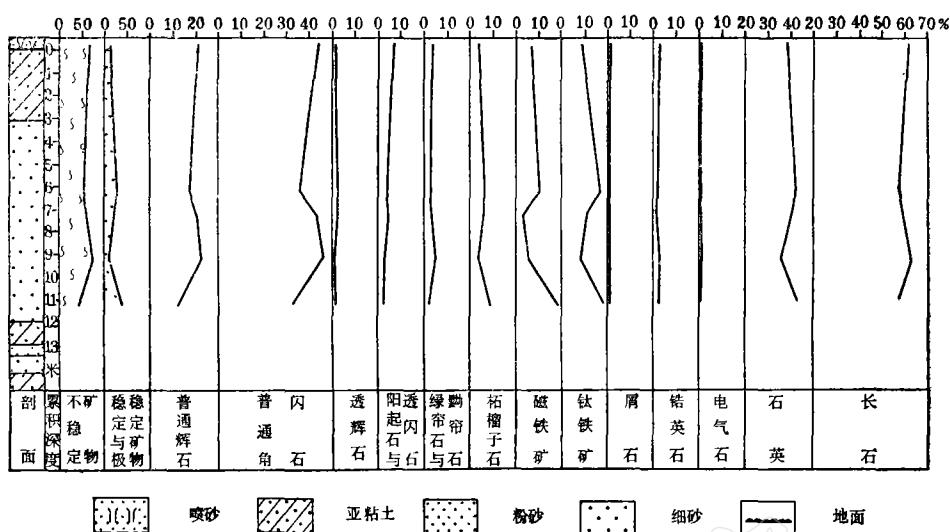


图 4 香河大气所不同深度砂层矿物成分变化图

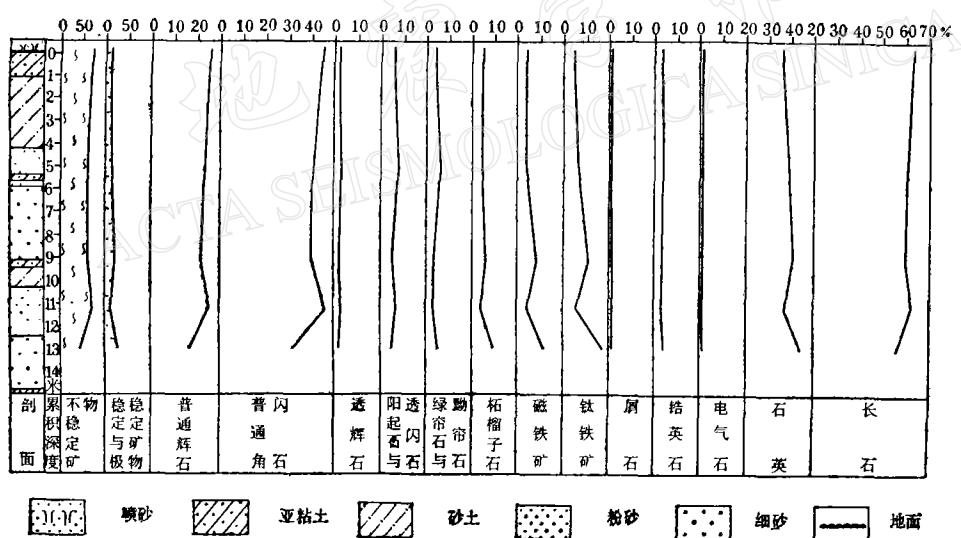


图 5 渠口中学不同深度砂层矿物成分变化图

从表 3、图 5 可以看出, 只有 11.28 米砂层的矿物含量同喷砂类似, 而其他各层则相差较大。例如普通辉石、普通角闪石、磁铁矿、钛铁矿。

如果把各地喷砂和地下砂当中的标型矿物进行比较, 则发现在骡子王、渠口和大气所等剖面的地表喷砂和地下 12.3 米砂层均富含滚圆的绿帘石、锆英石和柘榴子石等矿物(见表 4), 其他形状含量较少。渠口和大气所也类似。从上述矿物形态特征的类似也证明喷砂来自地下一定部位, 即骡子王、渠口中学以及大气所等地的喷砂分别来自地下 12.3 米、11.28 和 9.2 米砂层。

除以上矿物分析外, 我们还对喷砂和地下砂层进行颗粒成分的分析。其分析结果列于图 6。

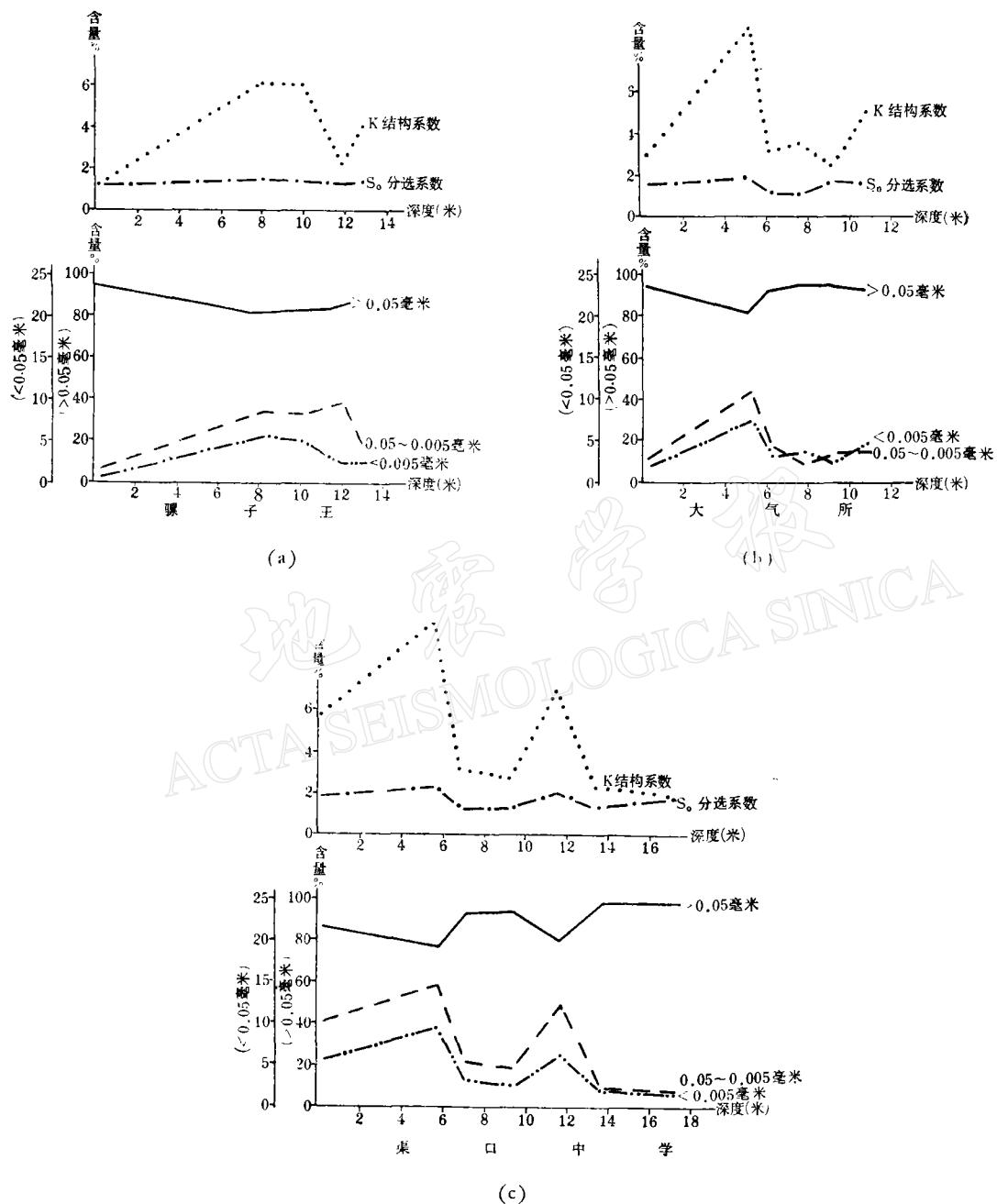


图 6 香河地区不同深度砂层机械成分变化图

图中所有左侧零米处均为地表喷砂。

从图 6 中可以看出, 颗粒成分变化虽然不像矿物成分变化那样明显, 但是综合图中五种曲线仍可看出骡子王地下 12 米、渠口地下 11 米、大气所地下 9 米附近的砂层同各该剖面地面喷砂类似。这一结果表明对前述各剖面喷砂来源的推断完全是正确的。

表 4 香河大气所、渠口中学、骡子王不同深度砂层标型矿物特征表

编 号	深 度 (米)	产地	矿物含量 (%)		绿帘石		锆英石				柘榴子石					
							无色		乳黄色		无色		粉红色			
			滚圆	不规则	滚圆	不规则	自形晶	滚圆	不规则	自形晶	滚圆	不规则	其他	滚圆	不规则	其他
2-喷	骡子王	地表	39.2	60.8	7.9	13.2	2.6	26.3	50.0	—	6.4	56.3	1.4	4.7	30.7	0.5
2-6	骡子王	6.4—6.46	28.5	71.5	3.0	18.2	7.6	18.2	53.0	—	2.0	65.3	—	3.4	29.3	—
2-7	骡子王	7.6	11.3	88.7	6.0	20.5	4.8	12.0	55.4	1.3	2.3	66.9	1.7	2.8	26.2	—
2-8	骡子王	9.6	16.3	83.7	—	13.6	—	13.6	72.7	—	2.4	57.2	1.2	—	39.2	—
2-10	骡子王	12.3	39.5	60.5	8.2	21.9	1.4	27.4	41.1	—	4.4	60.3	—	2.5	32.3	0.4
2-11	骡子王	14.1	25.9	74.1	15.7	20.0	5.7	14.3	44.3	—	1.6	70.9	—	—	27.4	—
9-喷	渠口中学	地表	36.1	63.9	13.5	34.8	1.1	12.4	38.2	—	5.4	63.3	—	1.5	29.0	0.8
9001	渠口中学	5.0	16.2	83.8	8.3	31.7	—	10.0	50.0	—	2.4	73.4	2.4	—	21.7	—
9-2	渠口中学	9.1	25.3	74.7	4.1	30.1	—	4.1	61.6	—	1.5	63.9	0.5	1.5	32.5	—
9003	渠口中学	11.28	27.1	72.9	15.4	23.1	—	15.4	46.2	—	4.4	65.4	0.6	1.3	28.3	—
9-4	渠口中学	13.0	22.4	77.6	2.9	36.8	2.9	4.4	52.9	—	2.8	64.9	0.5	—	31.7	—
14-喷	香河大气所	地表	33.7	66.3	8.9	40.6	0.9	13.9	35.6	—	2.4	57.2	—	2.4	37.9	—
1402	香河大气所	6.15—6.45	18.8	81.2	6.1	46.3	2.4	13.4	31.7	—	1.5	64.4	—	0.5	33.5	—
14-5	香河大气所	7.4	27.6	72.4	—	43.7	—	10.9	45.3	—	1.6	65.6	—	1.0	31.7	—
1403	香河大气所	9.2—9.5	33.9	66.1	9.3	34.6	—	12.0	44.0	—	2.2	53.6	—	2.8	41.4	—
14-7	香河大气所	11.25	27.6	72.4	3.7	39.8	4.6	7.4	44.4	—	1.8	60.3	0.4	1.8	35.6	—

四、比较和讨论

1. 关于分析方法 以往砂土液化深度的研究大多建筑在宏观的基础之上, 比如根据地震前地下掩埋物^[4]。但是在地震前掩埋到地下的实物是不多的, 而且喷出的掩埋物往往不一定来自液化层的最下部, 所以根据喷出掩埋物不能确定液化最大深度。

以往研究砂土液化深度时有人也曾利用过砂的颜色和颗粒成分上的对比。但是在同一剖面上不同深度的砂层颜色和颗粒成分有时有可能相似, 在此情况下再根据砂的颜色和颗粒成分来进行对比就发生了某些困难, 因此单就颜色与颗粒成分进行对比, 显而易见会存在一定局限性。

另外也有人用震前、后标准贯入 N 值变化对比来推测液化深度^[5]。但是除了在重点工程建设区以外, 大多数地区震前的资料是不多的, 这样就增加对比的困难。另外每次进行标准贯入, 由于机械和人的多方面影响, 两次取得的数值往往差别很大, 因此利用 N 值判定震后的砂土液化深度也存在不少问题。

利用矿物成分对比来研究砂土液化深度目前还不多, 但是从研究中已经发现它具有一定的优越性。首先是这一方法简单, 不受过多条件所限制, 第二能够比较准确地找出液化层次。本文所使用的方法, 实质上是建立在岩相古地理学研究方法基础之上。我们认为

为每一砂层形成之时,它们的剥蚀、搬运、沉积条件是一定的。由于这些条件的不断变化,形成的沉积物特点不可能相同,特别是矿物成分方面,包括矿物组合和它们的标型特征。同时这种变化在剖面上由于剥蚀区在不断地改变,往往是不可逆的。我们把这一原理作为喷砂同地下砂层对比的主要依据。地震喷砂是地震时地下砂层液化之后瞬息间喷出地面的。尽管在地震时由于砂中孔隙水受压上升而使砂成为流塑状态,在移动的过程中,在水的作用下,对于砂来说不可能没有一点分选,甚至在喷出通道的边缘部位有可能混入一些围岩,但是由于地震时地下砂层喷出过程时间短暂,实际上分选程度是不大的,同两侧围岩溶混也是局部的,只要妥善取样,对某些干扰是可以排除的。正是由于这些原因,我们认为利用矿物成分对比来寻找喷砂的地下来源,由之而确定液化深度是完全可能的。当然任何一种方法也不可能万能的,矿物分析也是如此,假如某一地区现在和过去喷砂保存较少,也会给这一方法造成很大困难。

2. 关于液化深度问题 砂土液化深度的研究,一直是工程界十分关心的问题。1964年日本新潟地震($M=7.5$)有人认为距震中约51公里的新潟市砂土液化深度为4.5—9米^[4]和15米^[5]。1964年美国阿拉斯加地震($M=8.3$)有人认为远离震中96公里的雪河为6米^[2]。1966年我国邢台地震($M=6.8, 7.2$)有人认为极震后附近液化深度为5—8米。1975年海城地震($M=7.3$)有人认为VII度区的盘锦一带液化深度为10米,或VII度区10米,VIII度区15米。1976年唐山地震($M=7.8$)有人认为天津VIII度区液化深度为6—8米,远离震中约42公里的滦南大沙窝(VIII度区)液化深度为27米。

根据以上所述,可以看出每次地震在相同的烈度区,对液化深度的估计差别很大的,这就给工程建筑部门在进行砂土液化预防或抗震工作上带来极大困难。虽然在同一烈度区内由于所在地区的地质地貌条件的不同,液化深度不可能完全一致,但是大体上应当是一致的。目前在同一烈度区不同研究者所确定的液化深度彼此间差异如此之大,我们认为这是同使用方法过于宏观而又缺乏直接可靠的标志有关。

通过我们对VIII度区的西集和王庄两个剖面的分析,发现在西集粮库剖面不论从矿物含量或从标型特征上来看,12.26米砂层同喷砂更为接近,证明喷砂主要来自12.26米砂层。同样将王庄剖面进行对比,可以发现11.02米砂层同地表喷砂类似,说明喷砂来自地下11.02米深部。

对比香河的骡子王、县城大气所和渠口等各地剖面后,可以看出骡子王剖面上的12.30米砂层,大气所剖面的9.10米砂层,渠口中学剖面的11.28米砂层,在矿物含量和标型特征方面分别同所在地区地面喷砂相似。这就证明在VII—VIII度区内最大液化深度不超过12.30米,而最浅液化深度为9.10米。如果把VII—VIII度区进行比较,则发现香河的VII度区液化深度有可能更浅。

除了上述所进行的矿物,颗粒成分等分析以外,其他有些现象也还可以作为旁证。例如郎府公社的王庄村内有一压水井,井管深入地下10米,唐山地震时管内喷砂。既然10米深管内出现喷砂,则说明10米以下已发生了液化,这一现象也证明西集、郎府等地区的液化深度不会太浅,至少达到10米深度。

在香河县香城公社、唐山地震时有许多机点的井管发生了错位,错位深度多在8米上、下,而霍刘赵村都在7米左右。如果这些错位是由于砂土液化所引起的,则说明香河

地区的砂土液化深度比之西集、王庄等地更浅是有可能的。

五、结语

通过以上分析可以看出,利用矿物成分研究砂土液化深度是可行的,对比北京通县的西集、王庄以及河北香河各地剖面以后,可以认为 VII 和 VIII 度区的液化深度不可能太浅,也不可能太深,而变化在 9.10 米到 12.30 米之间,如果把 VII 和 VIII 度区进行比较,则 VII 度区内的液化深度有可能更浅。

本文在编写过程中得到陈志德、姚炳华、张国霞工程师热心指导,董津成、王汉琪、何肇深、王浩纯、夏瑞海、陈铁峰、张渤海、沈德富同志等帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 〔1〕 Y. Koizumi, Change in density of sand subsoil caused by the Niigata Earthquake, *Soil and Foundation*, Tokyo, Japan, 6, 2, 38—44, 1966.
- 〔2〕 H.B. Seed and I. M. Idriss, Simplified procedure for evaluating soil Liquefaction potential, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 97, 9, 1249—1273, 1971.
- 〔3〕 谷本喜一, 饱和砂質土の室内実験による液状化, 土質工学会第 16 回土質工学シンポジウム発表論文集, 第 21—26 页, 1971。
- 〔4〕 H. B. Seed, and I. M. Idriss, Analysis of Soil Liquefaction Niigata Earthquake, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 93, 3, 83—108, 1967.
- 〔5〕 岡本舜三, 耐震工学, 第 229 页, オーム社, 1971。

A DISCUSSION ON THE DEPTHS OF LIQUEFIED SANDY SOILS IN BEIJING AND ADJACENT REGIONS DURING THE 1976 TANGSHAN EARTHQUAKE

WANG KE-LU LIU HUI-MIN HU BI-RU CAI LING-DUO SHENG XUE-BIN

(*Institute of Geology, State Seismological Bureau*)

Abstract

The determination of the depth of liquefied sandy soil is an all concerned problem in earthquake engineering. Previous studies of the depth of liquefied sandy soil have been done with indirect or macroscopic methods, giving quite varied results. In this paper, we propose a mineralogical method for study of liquefaction, basing on the direct correlation of ejected sands with subsurface sand layers.

After the 1976 Tangshan Earthquake, the present authors collected samples of sands in five drill holes and of ejected sands on the surface in the areas of Xiji and Wangzhuang of the Tongxian County with seismic intensity VIII, and areas of Luosiwang, Qukou and Xianghe, Hebei Province with seismic intensity VII. The results of investigation by mineralogical and granulometric analysis indicate that the ejected sands are similar to the sands from a layer at depth of 12.26 m in the area of Xiji, to the sands from depth of 11.02 m in Wangzhuang area, to the sands from depth of 12.3 m in Luosiwang area and to the sands from depth of 9.2 m in the area of Xianghe and the sands from depth 11.28 in Qukou area.

According to these data we can conclude that the maximum depth of liquefaction of sandy soils does not exceed 12.30 m in areas with seismic intensity of VII and VIII for the Tongxian and Xianghe Counties during the Tangshan Earthquake of 1976 and varies in the range from 9.2 to 12.30 m and is probably shallower in areas with intensity VII.