

# 日本的砂土液化防止对策和施工方法

魏向金, 金珉善, 迟永山

(黑龙江省水利水电勘测设计研究院, 哈尔滨 150080)

摘 要: 详细介绍了日本的砂土液化防止对策及施工方法的种类、适用性和对策方法的选定原则, 处理范围的确定模式。

关键词: 砂土液化; 防止对策; 施工方法; 处理范围; 日本

中图分类号: TU 441

文献标识码: B

砂土液化是地震灾区经常发生的地基破坏方式之一。日本是发生地震灾害最多的国家之一, 对砂土液化的研究与防止对策取得了一定的成果。日本砂土液化的处理方法有: ①对地基砂质土自身的改良; ②对建筑物自身进行耐液化设计改良, 即对易发生砂土液化的砂质土地基进行桩基础处理。

本文主要介绍: 砂土液化防止对策及施工方法的种类、适用性和对策方法的选定; 砂土液化防止的设计和施工方法; 砂土液化处理范围的确定模式。

## 1 防止砂土液化方法的概要

### 1.1 方法的种类和适用性

方法的种类和适用性见表 1。表中的各种防止对策都是以除去引起液化发生的主要因素为原则, 以固结地基为目的。

### 1.2 方法的选定

选定方法时必须考虑以下条件: ①地基条件。改良深度: 改良深度内的地层成层状态; 细粒土的含量; 在原地基上砂土液化发生的可能性大小; ②施工条件。附近建筑物的有无及其重要程度; 施工区域的高度限制及材料搬入路径; ③上部结构条件、建筑物的变形允许度及安全度等。

上述诸条件中, 尤其重要的是附近建筑物的有无。施工区域附近没有建筑物, 同时具备了其它条件, 从可靠性和经济性上一般可选定加实砂桩法。如果施工周围存在建筑物, 从经济性、重要性及到附近建筑物的距离等综合考虑, 选定振捣棒加实法、砂的振浮压实法或碎石排水法及深层混合处理法等比较好。

## 2 施工方法

### 2.1 振动固结法

振动固结法有加实砂桩法, 振捣棒加实法, 砂的振浮压实法。

图 1 所示的是加实砂桩法。加实砂桩法(SCP)是指把直径 400~ 500 mm, 装有砂、碎石的套管通过上端的振动机的振动使套管贯入地中, 而后随着套管的拔出, 套管中的砂、碎石注入孔中, 经过反复进行形成了大型地下砂石桩的一种方法。

振捣棒加实法与加实砂桩法基本相同。

砂的振浮压实法的施工机械和施工方法见图 2。

以下对于深层振动固结法的设计方法进行概要说明。

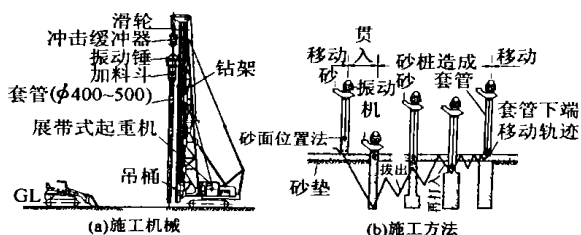


图 1 加实砂桩的施工机械和施工方法

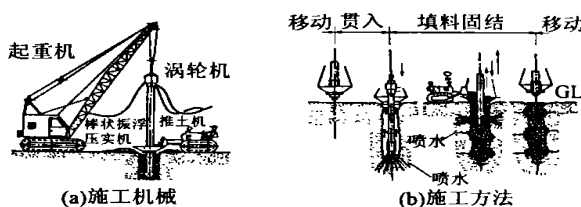


图 2 砂的振浮压实施工机械和施工方法

振动固结法是把砂桩或砾桩以正方形或正三角形贯入地中, 固结地基的方法, 见图 3。它的改良程度以置换率来表示, 计算式如下式所示:

$$\alpha_s = A_s / A = (\pi \cdot D^2 / 4) / A$$

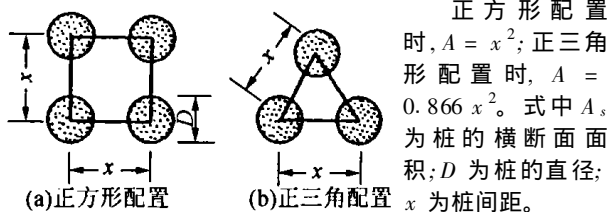


图 3 砂或砾桩的配置

图 4 表示的是

加实砂桩法的设计

曲线。通过振动固结法使贯注砂桩部位的地基固结, 从而提高了被固结部位的  $N$  值, 根据这个原理, 作出图 4 所示的基本曲线。这个基本曲线也可能适用于其它的处理方法。如果原地基的  $N(N_0)$  值和不发生液化状态的  $N$  值( $N_1$ )被确定, 根据图 4 的适用曲线能够决定置换率, 因而从上式可以算出桩间距。

表 1 防止砂土液化的施工方法和适用性

		适 用 性						
施工方法	施工方法概要	改良深度 / m	效 果	信 赖 性	实际应 用情况	工时费	对周边 影响度	备 注
加实砂桩法 (SCP)	根据振动原理把砂或碎石通过套管注入地层中, 固结地基。	35	$N$ 值 25~ 30	高	多	中	大	⑧ 附近没有构造物的情况。 ⑧ 粉砂使改良效果减弱。 ⑧ 附近有构造物的情况。
振捣棒加实法	通过振捣棒振动, 使孔周围产生空隙, 沿着空隙从地表注入砂或碎石, 固结地基。	25	$N$ 值 15~ 20	中	中	中	中	⑧ 中间挟有粘土层时, 其层下的砂层改良效果减弱。 ⑧ 粉砂使改良效果减弱。 ⑧ 附近有构造物的情况。
砂的振浮压实法	使用装有喷水装置的棒状振浮压机通过水平振动和喷水, 使钻孔周围生成空隙, 沿着空隙从地表注入碎石, 固结地基。	15	$N$ 值 15~ 20	中	中	中	中	⑧ 中间挟有粘土层时, 其层下的砂层改良效果减弱。 ⑧ 粉砂使改良效果减弱。 ⑧ 附近有构造物的情况。
重锤落夯实法	使用重 10~ 25 t 的重锤从 10~ 30 m 高出落下, 砸出的坑用砂填埋, 固结地基。	10~ 15	$N$ 值 20~ 25	中	中	中	大	⑧ 附近有构造物的情况。 ⑧ 粉砂使改良效果减弱。 ⑧ 地下水位高和中间挟有粘土, 使改良效果减弱。
振捣器法	使用底面积 4 m <sup>2</sup> 的大型振捣器在地表振动使地基上部得到固结。	3~ 4	$N$ 值 20	中	中	小	中	⑧ 附近有构造物的情况。 ⑧ 粉砂使改良效果减弱。
碎石排水法	在透水性良好的地基中, 使用装有螺旋的套管在动力驱动下旋转钻入地中而后投入碎石, 造成碎石桩, 进行排水, 使过剩的间隙水压在砂地基没有达到液化极限之前消散的一种方法。	20	砂地基本身的强度没有增加。	小	中	中	小	⑧ 排除砂地基中的水, 可能引起地基沉降, 在适用上一定留意。
深层混合处理法	使用混凝土类固化材料固结地基的一种方法。	30	改良部分 $N$ 值 35 左右、未改良部分的强度没有增加。	中	小	大	小	⑧ 在确定添加材料时, 有必要做室内配合实验及实地施工实验。 ⑧ 部分改良时, 对地基固结效果的评价很困难。
板桩法	使用板状的墙桩固结地基的一种方法。防止地基的剪断变形、抑制过剩间隙水压发生、起到防止液化的作用。	约 10 m	砂地基本身的强度没有加强。	小	小	中	中	⑧ 打板桩时一定要注意到对环境的影响。 ⑧ 对地基固结效果的评价很困难。
挖掘置换法	把易发生液化的地基去掉、用碎石等回填, 固结地基的一种方法。	约 5 m	$N$ 值约 40	大	中	小	小	⑧ 在置换地基之时, 一定确保大量的置换材料。

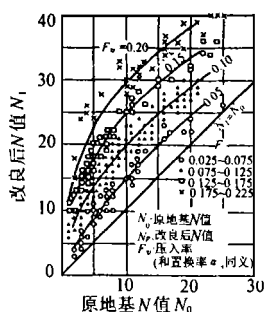


图 4 对砂质土 SCP 的设计曲线

桩的直径:加实砂桩法为 70 cm, 振捣棒加实法和砂的振浮压实法为 50~60 cm。

## 2.2 重锤落下压密法

图5表示的是重锤落下夯实的施工装置。这个方法是使用重10~25 t,底面积2~4 m<sup>2</sup>的重锤从高10~30 m处落下固结地盘的一种方法。重锤落下分3~4次进行,最后,

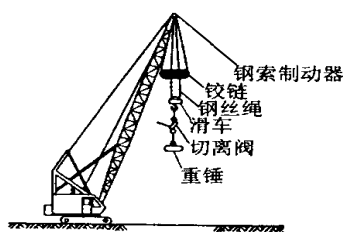


图 5 重锤自由落下夯实法的施工机械

的一次降低高度, 大约从 10 m 处落下进行夯实, 然后把砸出的坑用土填平。

根据经验,改良深度可以根据下式来确定。

$$D = \alpha \cdot \sqrt{W} \cdot H$$

式中  $D$  为改良深度(m);  
 $W$  为重锤的重量(t);  $\alpha$   
 为系数(0.3~0.7);  $H$  为

重锤落下高度(m)。

### 2.3 排水法

图6表示的是碎石排水法的施工装置和施工方法。

排水与等价圆柱半径的比和允许间隙水压比的关系如图 7 所示。根据上述的关系图可以决定排水的布置。另外,此种方法与振动固结法相比要决定的参数较多,因此在设计上也比较复杂。

## 2.4 深层混合处理法

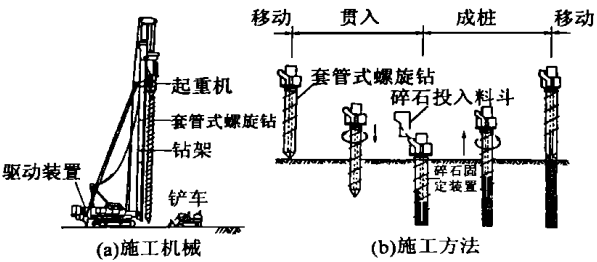


图 6 碎石排水法的施工机械和施工方法

深层混合处理法的施工装置与施工方法如图 8 所示。装有搅拌翼的处理机在动力的驱动下贯入地中,混凝土类固化材料与地层成分混合,使地基被固结的一种方法。

图 9 是深层混合处理法改良形式示意图。进行砂土液化防止对策时,采用的型式有圆形改良,块形改良及格子形改良。

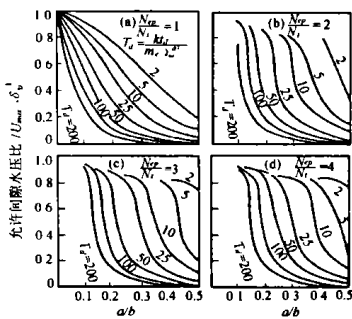


图 7  $a/b$  与允许间隙水压比  $U_{max}/\sigma'_v$  的关系

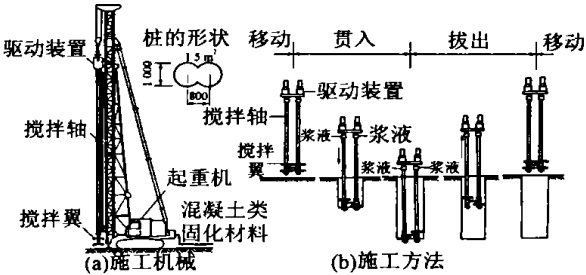


图 8 深层混合处理法的施工机械和施工方法

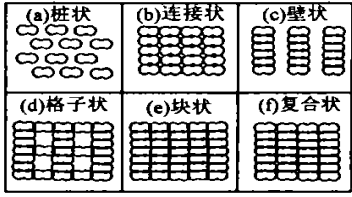


图 9 深层混合处理法的改良型(平面图)

圆形改良和块形改良是把地基完全固结,变成不发生液化的地基。但这两种方法,特别是块状改良,费用较高,仅把防止砂土液化作为目的时很少使用,多用于和挖掘同时进行的场合。

格子状改良比块状改良体积小,只是以固结地基作为目的。实践中证实砂土液化防止上桩状改良不如格子状改良效果好。

3 对策的范围

在设计上,对构造物的种类、重要性以及原地基发生砂土液化可能性的程度等进行充分地研究之后,再决定选择哪种方法。

砂土液化防止对策的模式见图 10。图 10(a) 根据消防法的要求,对装有液状物体容器地基处理的模式;图 10(b) 建筑物基础的例子;图 10(c) 和图 10(d) 是根据室内振动实验结果提出的模式。

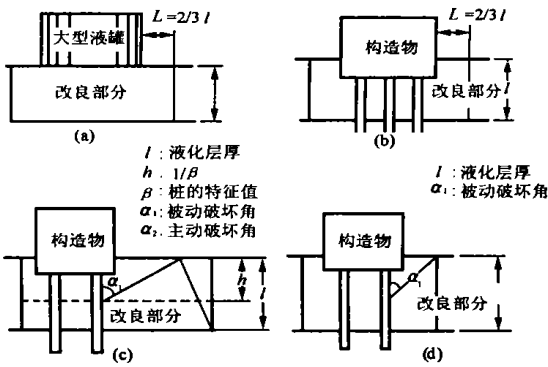


图 10 砂土液化对策范围确定的模式

参考文献:

[1] 日本道路协会. 道路桥梁规范[M]. 1990.  
[2] 日本建筑学会. 建筑构造物设计指针[M]. 1988.  
[3] 古贺泰之. 关于构造物的砂土液化对策[J]. 基础施工方法, 1984.  
[4] 古贺泰之. 根据深层混合处理方法进行道路开挖的砂土液化振动模型研究实验[M]. 1988.  
[5] 末松直干. 防止砂土液化的施工方法[J]. 地质调查, 1992 (1).

Prevention measures of sand soil liquefaction and construction method in Japan

WEI Xiang\_jin, JIN Min\_shan, CHI Yong\_shan

(Heilongjiang Hydraulic and Hydroelectric Investigation and Design Research Institute, Harbin 150080, China)

**Abstract:** This paper introduces the categories, suitably, selection of the measures and the model of the treatment scope of the prevention measures for sand and soil liquefaction and construction in Japan.

**Key words:** sand and soil liquefaction; prevention measures; construction method; treatment scope; Japan