

爆炸挤淤法筑堤中的土工问题

18-20

谭昌明

姜 朴

(浙江大学 杭州 310027) (河海大学 南京 210098)

TV8771.1
TV 223-25

摘要 概述爆炸法处理淤泥软基修筑防波堤的基本原理,并与其它软基处理方法进行比较。简述该方法在应用中的两种方式及其实施步骤。对该技术在工程应用中存在的土工问题进行分析与探讨,为其进一步合理应用提供理论依据和计算方法。

关键词 爆炸挤淤法 淤泥软基 防波堤 泥石置换深度

软土地基,筑堤,加固

爆炸法处理淤泥软基修筑防波堤是中国科学院力学研究所等单位近几年发展起来的一项新技术。由于该技术在处理淤泥软基方面较其它方法具有施工简便、工期短以及造价低等优点,因此,被迅速推广应用于防波堤工程中。

1 原 理

爆炸法处理淤泥软基的基本原理是:在堤头适当位置的淤泥土层内埋设群药包,爆炸将淤泥向四周挤出并向上抛掷形成爆坑,邻近爆坑的堤头堆石体在爆炸负压和强烈压缩、振动作用下滑向爆坑,形成瞬时定向滑移和泥、石置换。塌落石方滑向爆坑后,形成“爆炸石舌”。“爆炸石舌”的长度和厚度决定了泥石置换效果,其置换效果是由爆炸参数决定的。继而,在爆后堤头抛填,形成新的抛填堤头。新的抛填体将“石舌”上部浮淤挤走并压在“石舌”上。在新的抛填堤头前方继续埋药爆炸。这样,“抛填-爆炸”重复进行,直至完成防波堤设计长度为止。

爆炸法处理淤泥软基的原理不同于其它软基处理方法。它不是提高和改善淤泥土层的自身承载力,诸如排水固结或是加入某些

特殊材料拌和加固等,而是通过爆炸冲击作用和堆石的自重作用挤淤,达到泥、石置换的目的,使堆石既是堤身材料也是地基材料,大大提高了筑堤稳定性。这种方法实质上是抛石挤淤法和压载挤淤法的进一步发展。抛石挤淤法仅限于淤泥层厚小于 3 m 的情况^[1],即使加载也只能达到 4~6 m 的挤淤深度^[2],而利用爆炸法挤淤可以达到十几米的泥石置换深度,这无疑使其能应用于较厚淤泥土层上的防波堤建设。

以前,也有人用炸药爆炸的方法来加固地基土层,它是利用爆炸产生的冲击荷载来挤实加密土体,以提高地基土层的自身承载力。法国曾用此法挤实 10 m 厚的填筑地,加拿大也曾利用它来加固有液化可能的尾矿坝^[3]。其加固原理类似于强夯法,因此被称为爆夯法。这种方法仅限于在非饱和疏松粘性土、湿陷性黄土、饱和松砂、杂填土等中使用^[4]。爆炸处理淤泥软基与其不同,它是利用爆炸产生的冲击荷载挤走淤泥,形成爆坑,并填以堆石而达到泥、石置换的目的,可称之为爆炸挤淤法。这种方法是爆炸技术在工程实践中的又一成功应用。

第一作者简介:谭昌明,男,博士研究生,从事软土特性及地基处理研究。

2 实 施

根据淤泥土层厚度的不同,采用爆炸挤淤法筑堤一般有两种方式,即“爆炸-堤身推进”筑堤法和“爆炸-反压平台”筑堤法。对于泥厚小于15m的淤泥软基,可采用第一种方法进行全清淤处理,使堤底堆石能直接座落于下部性质较好的土层上。但当泥厚大于15m时,不易做到全清淤,且抛石量过大,从技术和经济两方面考虑均不甚合理。此时,可采用第二种方法,用爆炸法将反压平台加深、加厚,以改善堤身的抗滑能力,加快施工速率。这两种方法的具体实施步骤如下所述。

2.1 “爆炸-堤身推进”筑堤法

a. 抛填。

b. 堤头前沿埋置群药包爆炸。经多次“抛填-爆炸”循环后,堤身向前推进并形成稳定堤身,直至到达设计堤长为止。

c. 堤身两侧爆填。当堤身推进一定距离后,对其两侧进行爆炸填石处理,以增加堤底宽度,提高堤身稳定性。

d. 堤身两侧平台爆夯。经人工理坡和补抛,在其平台位置进行爆夯处理,以增加坡脚抛石体的密实度,同时石面下沉和外挤。

e. 断面形成。人工理坡和加抛至设计断面要求。

2.2 “爆炸-反压平台”筑堤法

a. 抛填。

b. 侧向爆填。经多次“抛填-侧向爆填”,抛石向两侧扩展,堤顶下沉,直至该处理段达到设计断面堤底宽度为止。再进行下一段处理,直至达到设计堤长为止。

3 土工问题

爆炸挤淤法修筑防波堤在实际应用中,特别是具有深厚淤泥层的情况,不易做到全清淤处理。由于淤泥具有强度低、压缩性高以及透水性低等不利性质,使部分清淤爆后快速筑堤可能产生失稳和沉降变形过大等工程问题。但当泥、石置换达到足够深度时,即

使堤身下部预留有一定厚度的淤泥土层,爆后快速筑堤也能较好地满足稳定和沉降变形要求。因此,研究泥石合理置换深度对爆炸挤淤法修筑防波堤技术的进一步推广应用具有重要意义。

要对爆后筑堤的稳定性做出正确的评价,就必须了解爆炸作用引起的淤土强度变化。有人将爆炸挤淤法类比为爆夯法,认为在爆炸挤淤同时,爆炸冲击波还具有夯实加固周围淤泥土体的作用。这一认识源于强夯法的加固原理,但强夯法能否用于饱和软粘土地基到目前仍是一个有争议的问题。如果不对淤土爆炸问题本身进行深入研究,这种片面的认识必将夸大爆炸挤淤法加固淤泥软基的效果,对实际工程建设是极为不利的。

淤泥中爆破是一个极为复杂的过程,尽管实践中已有了较多应用,但在理论上却未见有系统深入的研究成果。中国科学院力学研究所许连坡等人做了一些研究工作,进行了淤泥爆破的室内模型试验。其成果表明,由于淤泥的强度很低,和爆炸荷载相比,淤泥的强度失去意义,其粘滞力可能起重要作用,表现出幂律流体的性质^[5]。这一性质决定了淤泥爆破发展过程中的基本特征,在其爆炸空腔内不产生空腔裂缝,淤泥是连续的,即使破坏也成块状抛掷和回落,因此,淤泥在爆炸作用下是一种连续介质的宏观破坏^[6]。这与其它土体或岩体有根本的不同,再由于淤泥本身的低透水性,使其在爆炸冲击作用下产生的超静孔压不能迅速消散而提高土体强度。但爆炸产生的挤淤效果为泥、石置换提供了条件。因此,爆炸挤淤法的有效性在于挤淤,对淤泥土体本身并无挤密加固作用。

采用爆炸挤淤法筑堤,由于爆炸瞬时泥石置换完成,爆后筑堤工期短以及淤泥土层的低透水性等因素,可以认为淤泥土体爆炸以及爆后筑堤过程中均不排水。据日本学者安原等人的试验研究表明,正常固结饱和粘性土在不排水周期荷载作用后,其不排水抗剪强度有所下降,并且下降的程度与周期荷

载作用引起的超静孔压值大小有关^[7]。由此可见,爆炸冲击波不但对淤泥土体无挤密加固作用,相反,可能导致其不排水抗剪强度的下降。

确定合理的泥石置换深度应从爆后筑堤的稳定和沉降两方面进行考虑。通过土工离心模型试验研究^[8]发现,在某一泥石置换深度下堤身失稳的形式是:淤泥土层侧向挤出,最危险滑弧位置在堤趾附近,呈圆弧状;堤身堆石体散落成梭形状。基于以上认识,对一拟建防波堤工程进行稳定分析,采用了圆弧滑动瑞典条分法和简化 Bishop 法。由于爆炸的影响,淤泥土层的不排水抗剪强度折减为原来的 0.9 倍。堆石与淤泥变形不协调,其强度不能充分发挥,取其为原来的 0.85 倍。计算结果表明,计算结果与模型试验结论一致。说明采用参数折减的圆弧滑动稳定分析方法是可行的。

一个合理的泥石置换深度,不但要满足稳定要求,还要满足工后沉降的要求,这就需要对工程进行沉降预测。考虑到淤泥土层的侧向变形是引起堤身沉降的重要因素,文献^[8]采用平面应变 Biot 固结非线性有限元法对一已建防波堤工程进行了爆后筑堤沉降分析。虽然在计算中没有考虑爆炸施工过程及其对淤泥性质的影响,但在选择合理的计算模型和正确确定模型参数的条件下,计算结果仍能与实际观测资料基本符合。如果淤泥土层厚度不大,泥石置换较深,且堤较高时,需考虑下卧层的影响,才能更好地对沉降变形作出预测。此外,通过反分析方法根据已建工程观测资料对拟建工程进行沉降预测,也是一个较为简便且行之有效的方法。

4 结 语

爆炸法处理淤泥软基技术虽然提出还不到 10 年,由于其原理简单、设计容易、施工简便、处理效果好以及投资少等优点,在防波堤工程建设中已有了较广泛的应用,并取得了良好的经济效益和社会效益。但要使该技术

能进一步合理地得到应用,需要从理论上作深入研究。特别是对于深厚淤泥土层的处理,合理的泥石置换深度是其炸药埋设深度和用量设计的重要参数。

本文虽然从稳定和沉降方面出发,对合理泥石置换深度的确定提出了可行的分析方法,但仍需进一步完善。对于稳定分析,强度折减系数有待从理论和工程实践中得到合理确定。而爆炸作用对淤泥土性质的影响应从理论上深入研究,以便在分析中能加以考虑,使结果更为可靠。

参考文献

- 1 交通部第一航务工程勘察设计院编.防波堤设计手册.北京:人民交通出版社,1982
- 2 魏汝龙.港口岩土工程十年发展概况.岩土工程学报,1989,11(6):83~86
- 3 福岡正巳.最新软弱地基处理方法.丁玉琴译.北京:中国铁道出版社,1988
- 4 《地基处理手册》编写委员会.地基处理手册.北京:中国建筑工业出版社,1988
- 5 许连坡.在爆炸荷载作用下连云港海淤的粘性特征.爆炸与冲击,1990,10(4):297~301
- 6 许连坡等.在海淤中爆破的一些现象和问题.爆炸与冲击,1989,9(4):328~337
- 7 Yasuhara K. Postcyclic undrained strength for cohesive soils. J Soil Mech and Found Div, ASCE, 1994, 120(11):1961~1979
- 8 谭昌明.爆炸处理淤泥软基修筑防波堤的试验和计算研究:[硕士论文].南京:河海大学,1996

(收稿日期:1996-05-10 编辑:许宇鹏)

· 简 讯 ·

加拿大魁北克的水电工程师利用 Gyrocan 大坝的钻孔数据和设置在水下的机器人采集的数据,研制出一种能模拟大坝开裂状况的软件。据称,该软件能产生 3-D 立体图像和显示大坝开裂动态;模拟信息贮存在数据库里,这样可同时看到各种不同的开裂状况。该系统还被用来模拟加拿大 Danid Johnson 大坝监测数据。

(熊莉芸供稿)