

一种便捷强夯模型试验装置的设计及应用

赵康^{1,2}, 石亮¹, 罗嗣海¹

(1. 江西理工大学建筑与测绘工程学院, 江西 赣州 341000; 2 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 为了消除强夯模型试验箱壁无法避免的边界效应, 设计了一种操作简易、成本低廉的强夯模型试验装置. 首先简要介绍了该试验装置的设计思路及制作过程, 并对该装置的试验操作过程进行说明. 然后利用该简易装置进行强夯模型试验, 在相似定理的基础上, 通过量纲分析对试验数据中的夯坑深度进行研究分析, 建立了无量纲夯坑深度与土质参数和施工工艺参数无量纲量间的相关方程. 最后将该夯坑深度估算方程计算出的夯坑深度值与几例工程实测深度数据进行对比验证, 结果表明两者具有很好的一致性, 说明该方程可用于推算现场强夯时的夯坑深度. 通过研究可知该简易装置具有一定的实用性, 能满足工程现场夯坑深度的估算.

关键词: 强夯; 模型试验; 简易装置; 夯坑深度

中图分类号: TU 472.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2012)02-0224-06

模型试验是科学研究和解决复杂工程问题的一种行之有效的重要方法^[1]. 强夯法在国内外工程实践中被广泛而成功的应用, 但对强夯的工程应用仍然是高度的经验性的, 强夯理论的研究尚处于初期的不成熟阶段.

模型试验是科学研究和解决复杂工程问题的一种行之有效的重要方法^[1]. 强夯法在国内外工程实践中被广泛而成功的应用, 但对强夯的工程应用仍然是高度的经验性的, 强夯理论的研究尚处于初期的不成熟阶段.

国内外对强夯的机理和强夯的适用性进行了一系列的研究, 但目前尚无公认和统一的认识^[2-3]. 为了深入研究强夯机理必须进行大规模、反复多次地做试验, 以便获得强夯法的加固过程中动力条件、土性条件、应力条件及排水条件等一系列实测数据之间的关系, 但由于强夯法器械的特殊性导致做现场原尺度试验的经济成本太高、试验的重复性操作困难. 因此, 利用室内物理模型进行模拟试验能很好的解决以上难题, 通过模型试验既能得到多次试验数据, 又能大大降低试验成本. 孟庆山、汪稔认为今后应多开展室内小型模型试验研究^[4]. 由于土体是三相介质, 其力学性态、变形特性等是由多方面因素所决定的, 数学、力学方法得到的理论解答往往与实际相差甚远, 甚至无法得到解答, 因此, 欲对强夯法加固土体的机理进行深入研究, 采用模型试验研究成为了解决问题的一种重要手段. 同时它对验证及完善土的本构理论提供了途径, 也为多种岩土工程设计提供依据和检验.

强夯模型试验虽然有很多优点深受研究人员的青睐, 但是由于模型试验箱及其附带装置受很多因素的影响, 在模型试验装置的设计上遇到了一些难题^[5-11]. 尽管很多研究人员对强夯模型试验装置进行了研究^[12], 但是仍然存在一些问题制约着强夯模型试验的发展, 如为了确保模型试验能够真是地反映工程环境, 模型箱四壁及底部须为刚性, 减少额外变形, 因此模型箱尺寸要足够大, 目的是避免在试验过程中, 土体受箱体的约束而影响土体的自由变形及受力; 但是又不能太大, 太大需试验土量增大, 导致试验工作量增大, 体现不出模型试验便捷的优点. 本文就针对上述强夯模型试验中存在的问题设计了一种便捷的强夯模型试验装置, 并进行了相关试验, 对试验结果进行验证得出了满意的结果, 证明该简易装置能满足试验的要求.

收稿日期: 2012-06-07 修改稿日期: 2012-03-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50869002); 江西省自然科学基金资助项目(2008GZC0031); 江西省教育厅科技项目(2007-210)

作者简介: 赵康(1980-), 男, 河南淮阳人, 博士, 讲师, 从事岩石力学、地基处理及数值模拟教学与研究工作.

1 强夯模型试验便捷装置设计及制作

1.1 强夯模型试验装置设计应注意的问题

强夯模型试验系统一般由两部分组成,一部分是施加外荷系统,即由缩小的夯锤和支架构成;另一部分是受力系统,即我们所要研究的对象土体。

强夯模型试验装置施加外荷系统的夯锤一般根据研究需要加工成为不同重量和形状,而支架设计时应考虑支架牢固可靠、搬运方便、操作简单等特点。

强夯施工现场土体的边界无限大,这样夯锤的势能作用在土体上后其弹性波能量能够自由传播,不受边界条件和外界的干扰。而强夯模型试验受力系统设计时一般都是将土体放在缩小尺寸的模型箱中,模型尺寸的大小就成了模型试验是否能够真实反应强夯效果的瓶颈。如前述为了避免强夯弹性波能量不受箱壁的干扰将模型箱尺寸要做得足够大,但是如果太大需试验土量增大,装卸土不方便,导致试验工作量增大,很难体现出模型试验的优点。箱体尺寸到底要做多大?一些研究人员提出根据试验中锤重、落距等一些工艺参数进行试验前简单验算的方法。笔者对文献资料进行整理分析时发现一些文献并没有对模型箱尺寸的合理性进行验算和说明,对其试验结果能否真实客观地反映实际工程问题笔者不敢苟同。

箱体高度的选取可根据《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2002),取用强夯影响深度的计算公式:

$$H = a \sqrt{mh}$$

式中: m 为夯锤重量,单位 t; H 为加固深度,单位 m; h 为夯锤落距,单位 m; a 为修正系数,取 0.5~0.80。

以该影响深度作为箱体高度选取的依据。但这仅仅是一个通用公式,针对不同的土性,其结果会有很大差异,因此此公式也只能作为一种参考而已。

箱体长与宽尺寸的选取,目前还没有明确的理论研究成果,根据实际工程施工中,在对夯点间距进行确定时一般根据经验选取夯锤直径的 2 倍,也即箱体长与宽的尺寸至少是试验所用夯锤直径的 2 倍。上述尺寸的选取是以强夯冲击波对箱体四壁的反射影响作为依据。很多数据的选取都具有很强的经验性和人为性:如修正系数的选取,根据不同土质、饱和度不同、不同人员等选取的数据都会有很大的差别;箱体的长与宽的尺寸以 2 倍夯锤直径作为参考,这是根据工程经验选取的,没有理论研究作依据,由于四壁对土体约束影响与实际工程中无限大自由土体之间的约束影响差别是避免不了的。所有这些都对模型试验是否能够真实的反映工程实际带来了难题。

1.2 便捷强夯模型试验装置设计及制作

鉴于此,笔者为了让模型试验结果更能真实地反应施工现场情况在室外选择一砂土地挖坑进行模型试验,模型坑尺寸为:100 cm × 100 cm × 80 cm,坑底平整、坑壁稳固,用振动筛分机控制试验砂土的颗粒级配,其中粒径在 2.36~0.6 mm 的颗粒占 56.18%,在 0.6~0.075 mm 的颗粒占 32.87%,因此粒径大于 0.5 mm 的颗粒含量超过总质量的 50%,属于粗砂。采用落雨法^[13]将砂样土分层装入模型试验坑中,落雨高度为 30 cm,在该落距下测得砂样的干重度为 15.484 kN/m³。通过支架上的滑轮装置将夯锤吊到设计高度然后自由下落,对模型坑中的砂土进行冲击荷载作用,研究夯锤不同能量组合下夯坑深度及地面变形的规律。

1.2.1 模型坑设计

由相似理论可知,模型缩放得越小,测量问题和相似律问题变得越困难,从而影响试验结果的准确性。而缩放过大的话对于试验操作来说又带来很多麻烦,如需要的砂量增多,夯后更换砂土的时候工作量大,所用的稳定支架也要相应扩大,因此,综合考虑前人的实验研究,模型坑尺寸定为:100 cm × 100 cm × 80 cm。模型坑要求坑底平整、坑壁稳固。如图 1 所示。根据研究土性不同选择就地挖模型试验坑进行试验,有以下优点:一是就地挖试验坑,省去了做模型试验箱的材料(如木板、钢板、玻璃、混凝土材料),节省了试验成本;二是由于所研究土体与试验坑四周土体性质一致,这样试验坑尺寸大小不再受因试验箱四壁材料与研究土体性质不同所导致的边界效应,进而避免影响强夯弹性波能量的吸收,以方便开展试验来设计模型坑的尺寸大小。

强夯模型试验支架由人字梯支架、滑轮装置、引导轨道三部分组成,如图2所示。

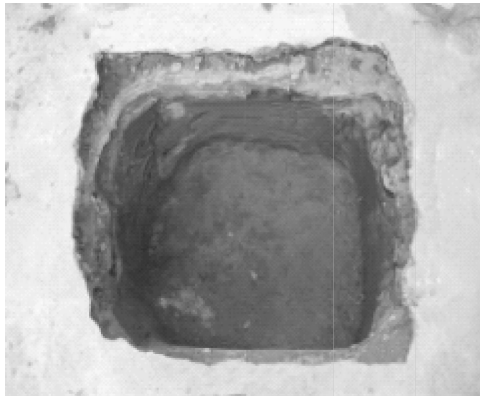


图1 强夯模型试验坑

Fig. 1 The crater of dynamic compaction model test



图2 强夯模型试验支架

Fig. 2 The stand of dynamic compaction model test

(1)人字梯支架. 试验过程中采用的支架是实验室建筑施工后留下来的人字梯,将其底部拉开一定距离并用绳索固定住,确保梯子稳固. 将一根坚实的木杆水平放在两梯子相对应的水平横梁上,木杆距地面高度可以根据试验要求进行调整. 用细绳索将木杆的一端与梯子横梁固定,另一端可以随意摆动,以方便试验过程中对夯锤落点位置进行调整。

(2)滑轮装置. 在木杆中心位置用细钢丝固定一个定滑轮,定滑轮的位置可以通过木杆另一端的移动来调整,夯锤的升降由定滑轮来控制。

(3)引导轨道. 用三个废弃的日光灯管围成一个圆形轨道,其圆形轨道的直径为12 cm,而夯锤的底面直径为11 cm,在确保夯锤在圆形轨道中做自由落体运动,同时也保证了每次夯点的位置是同一点,起到了引导作用. 为了将三根日光灯管固定,在其顶部采用细竹竿按照图3做好一个箍,使灯管在箍中固定牢固,另外在灯管的下端采用一个很薄的铝片,在铝片中间挖一个直径为12 cm 空洞,将灯管用插销插在铝片上事先钻好的孔中,使得灯管在水平方向可以固定(见图2). 在竖直方向的固定可以采用支架来实现,在本实验中暂时采用人为固定。

1.2.3 夯锤

在现场进行强夯加固处理地基的时候,我国通常采用的夯锤重为10~25 t,落距为8~25 m,锤的面积为2~4 m²,可以转换成锤的底面直径为1.60~2.26 m,笔者综合大量的工程实例以及相似准则来确定夯锤参数. 为了进行不同夯击能下的地面变形规律的对比,本次试验中分别制作了2个铁制夯锤(图4),具体参数如表1所示. 为了方便将夯锤吊起,在夯锤顶面圆心位置钻有6 mm 的螺孔,将细绳系好螺帽并旋入夯锤顶面上的螺孔即可吊起夯锤。

表1 夯锤参数

Tab. 1 Hammer parameters

| 夯锤编号 | 底面直径 /cm | 夯锤重 /kg | 夯锤厚度 /cm |
|------|----------|---------|----------|
| 1 | 11 | 1.28 | 1.6 |
| 2 | 11 | 2.55 | 3.5 |

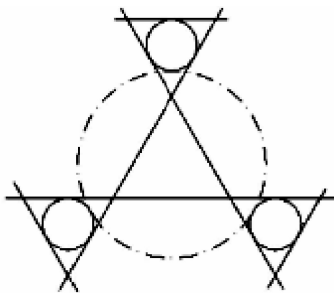


图3 灯管顶端固定示意图

Fig. 3 Sketch map of light tube top fixed



图4 模型试验夯锤

Fig. 4 The hammer of model test

1.3 简易强夯模型试验装置操作过程

模型试验中具体操作过程如下:①将人字梯打开一定角度架在砂土模型试验坑之上固定牢固,然后将系好夯锤的绳索穿过定滑轮,并放入日光灯管中的轨道中,将灯管的顶端和底端分别箍好,竖直放在夯坑中心位置的砂土表面,调节人字梯上面的水平木杆,使夯锤边缘不与三根日光灯管接触,表明夯锤处于轨道的中心位置,从而确保夯锤垂直下落.轨道调整好后需专人固定此轨道,确保同一夯坑点多次夯击位置不变.②将夯锤提到一定的高度,用卷尺测量其垂直距离,按照设计高度来调整夯锤的落距,当调整好落距后,保持高度不变在细绳索上面做好标记,以便于为下次提升高度作参考.③把夯锤提升到设计高度后,让夯锤做自由落体运动,对砂土进行冲击作用,用卷尺把砂土表面距夯锤顶面的距离测出,如果夯锤只是部分陷入,那么读数计为负值;若全部陷入土体中,则读数计为正直,读测的数据加上夯锤的厚度即为夯坑深度.④记录每次夯击后的夯坑深度,此时的夯坑深度是该夯击时的累积夯坑深度,同时记录每次单击后的夯沉量,以便作为收锤标准的依据.

2 简易强夯模型试验装置试验应用

强夯模型试验的理论依据是“相似定理”,在量纲分析的基础上进行研究.本次以砂土为研究对象,强夯夯坑深度为 S ,土质参数用砂土的干重度代表 γ_d ;施工参数考虑夯击能 E 、锤重 W 、夯锤底面直径 D 、夯击次数 N .

其函数形式表示:

$$f(E, W, D, N, \gamma_d, S) = 0 \tag{1}$$

上式中共有 E, W, D, N, γ_d, S 六个物理量,其中 W, D 为基本量纲,根据相似定理对其余四个物理量进行量纲分析,得到4个无量纲 π 数如下:

$$\pi_1 = \frac{E}{WD}, \quad \pi_2 = N, \quad \pi_3 = \frac{\gamma_d D^3}{W}, \quad \pi_4 = \frac{S}{D}$$

方程可写为:

$$F\left(\frac{E}{WD}, N, \frac{\gamma_d D^3}{W}, \frac{S}{D}\right) = 0 \tag{2}$$

根据相似原理,由上式(2)可以得到各相似指标:

$$\frac{C_E}{C_W C_D} = 1, C_N = 1, \frac{C_{\gamma_d} C_D^3}{C_W} = 1, \frac{C_S}{C_D} = 1$$

为了便于与工程实际相比较,根据工程上砂土常用的强夯施工工艺参数,确定夯锤重和夯锤底面直径的相似系数,可以得到夯击能的相似系数和土质参数干重度的相似系数.试验中各参数的相似系数设计值如下式所示:

$$C_W = \frac{W_{模型}}{W_{原型}} = 1 : 8\,000 \quad C_D = \frac{D_{模型}}{D_{原型}} = 1 : 20$$

$$C_E = \frac{E_{模型}}{E_{原型}} = 1 : 160\,000 \quad C_{\gamma_d} = \frac{\gamma_{d模型}}{\gamma_{d原型}} = 1 : 1$$

从上式可知,夯锤重缩放8 000倍,夯锤底面直径缩放20倍,夯击能缩放160 000倍,而模型和原型中砂土的干重度没有缩放,其值是相等的,因此,模型试验中的砂土可以直接采用现场挖坑中的砂土.

为了将不同夯击能作用下的夯坑深度进行对比,试验设计了3种不同形式的夯击能模拟砂土地基,将模型夯锤分别从50 cm和100 cm的高度做自由落体下落,得到现场3种不同夯击能组合,分别为1 000 kN/m³和2 000 kN/m³、4 000 kN/m³.具体参数详见表2.

表2 模型与原型试验参数对比

Tab.2 Comparison of test parameters for model and prototype

| 夯击能 | | 能量组合 | | 砂土的干重度 | |
|-------------|------------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------|
| 原型 /kN·m | 模型 /N·m | 原型 /kN·m | 模型 /N·cm | 原型 /kN·m ⁻³ | 模型 /kN·m ⁻³ |
| 1000 | 6.25 | 100×10 | 12.5×50 | 15.484 | 15.484 |
| 2000 | 12.5 | 200×10 | 25×50 | 15.484 | 15.484 |
| 4000 | 25 | 200×20 | 25×100 | 15.484 | 15.484 |

从图5中可以看出3种不同能量组合的夯坑深度随击数的变化曲线有着相同的规律,随着夯击次数的增加,夯坑深度在不断加深,前几击曲线斜率较大,表明此时土质疏松,加固地表变形较大.另外随着夯击能的增加曲线斜率变得越大,夯沉量较大,最后几击曲线斜率变得平缓,夯沉量较小,直至满足收锤标准.

采用逐步线性回归对试验数据进行处理.由图5中的数据可以得出量纲方程中各无量纲 π 值,利用MATLAB工具对现场强夯时的夯坑深度进行以下形式的拟合:

将夯坑深度进行归一化进行拟合,方程如下:

$$\frac{S}{D} = 0.5614 + 0.0808 \frac{E}{WD} + 0.0605N - 0.5707 \frac{\gamma_d D^3}{W} \quad (3)$$

相关系数 $R = 0.9691$.

3 简易强夯模型试验装置试验结果验证

为了验证所得夯坑深度估算方程的正确性和实用性,用以下3个工程实例对其进行验证.其工程实例中相关的工艺参数和土质参数,将其换算成 π 值直接代入(3)中对其进行验证,列出夯坑深度的估算值和实测值如表3所示:

表3 夯坑深度估算方程计算结果与工程实测对比

Tab.3 Comparison of the result with the crater depth equation and the projects actual depth

| 工程实例名称 | 夯击能 E /kN·m | 锤重 W /kN | 锤底面积 S/m^2 | 击数 N | 干重度 R_d /kN·m ⁻³ | 实测值 /m | 公式(3)估算值/m |
|---------------------------------|------------------|---------------|-----------------|--------|----------------------------------|-------------|------------|
| 汾河太原城区治理美化工程6标段 ^[14] | 1 500 | 165 | 4 | 9 | 16.3 | 1.537 | 1.767 |
| 南通港狼山港区二期工程 ^[15] | 1 400 | 100 | 4.5 | 8 | 14.7 | 0.73 ~ 1.91 | 0.877 |
| 辽河石佛寺水库土坝 ^[16] | 2 000 | 164 | 4 | 8 | 19.2 | 1.38 ~ 1.5 | 1.610 |

从表3中可知,根据笔者设计的便捷强夯模型试验装置进行试验,将所得试验数据进行相关的拟合处理后得出夯坑深度估算公式,通过该估算公式计算出的夯坑深度与工程实例现场所测夯坑深度进行对比,结果较为吻合,说明此便捷强夯模型试验装置的可用性.

4 结 论

(1) 所设计的强夯模型试验装置操作简易方便、搬运便捷,对试验场地适用性强.模型装置制作就地取材,省去了昂贵的材料和加工费,既节能环保,又达到了废弃材料的二次充分利用.

(2) 消除了普通模型箱壁无法避免的边界效应的影响,使得试验结果受外界干扰程度大大降低.

(3) 通过利用设计的便捷强夯模型试验装置进行试验研究,并将试验结果与相关工程实测结果进行对比验证,结果表明其与工程实测较吻合.

(4) 该装置的不足之处是引导轨道需人工固定,试验过程中增加了试验人员工作量,在今后的试验过程中需在该方面进行改进.

参考文献 References

[1] 陶龙光,巴肇伦.城市地下工程[M].北京:科学出版社,1996:35-40.

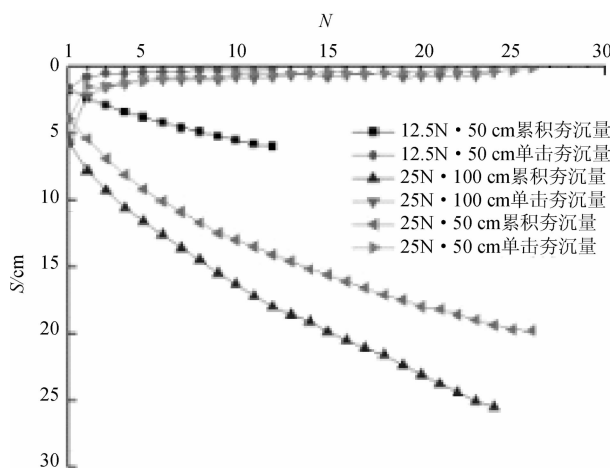


图5 夯坑深度-击数关系曲线

Fig.5 Relationship curves of crater depth and blow count

- TAO Long-guang, BA Zhao-lun. Urban underground project[M]. Beijing: Science Press, 1996:35-40.
- [2] 郭乃正, 邹金锋, 李亮, 等. 大颗粒红砂岩高填方路基强夯加固理论与试验研究[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2008, 39(1): 185-189.
- GUO Nai-zheng, ZOU Jin-feng, LI Liang, et al. Dynamic compaction theory and experiments in high roadbed filled with red sandstone[J]. J. Cent. South Univ.: Science and Technology, 2008, 39(1): 185-189.
- [3] 罗嗣海. 软弱地基强夯与强夯置换加固效果计算[D]. 杭州: 浙江大学, 1999.
- LUO Si-hai. Computation of the Improvement of Soft Ground Treated by Dynamic Compaction and Dynamic Replacement [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 1999.
- [4] 孟庆山, 汪稔. 软土动力固结理论研究及应用的现状[J]. 建筑技术, 2005, 36(4): 179-185.
- MENG Qing-shan, WANG Ren. Present situation of study and application of theory on dynamic consolidation of soft clay [J]. Building Technology, 2005, 36(4): 179-185.
- [5] PORAN C J, HEH K S, et al. New Technique for Quality Control of Dynamic Compaction[J]. Geotechnical Special Publication, 1992, 2, (30): 915-926.
- [6] OSHIMA A, TAKADA N. Relation between Compacted Area and Ram Momentum by Heavy Tamping[R]. Proc. of 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1997: 1641-1644.
- [7] TAKALA N, OSHIMA A, et al. Centrifuge Model Test on Heavy Tamping Ram Penetration and Ground Deformation[R]. Proc. of the Japan Society of Civil Engineering, 1993, N475: 89-97.
- [8] 王立朝. 非饱和黄土的动力固结特征及其微观机理定量研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2005.
- WANG Li-chao. Characteristics of Dynamic Consolidation and Quantitative Research of Micro-mechanism of Unsaturated Loess[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2005.
- [9] 费香泽, 王钊, 周正兵. 黄土强夯的模型试验研究[J]. 岩土力学, 2002, 23(4): 437-441.
- FEI Xiang-ze, WANG Zhao, ZHOU Zheng-bing. Experimental research of dynamic compaction of loess[J]. Rock and Soil Mechanics, 2002, 23(4): 437-441.
- [10] 胡瑞林, 李焯芬, 王思敬, 等. 动荷载作用下黄土的强度特征及结构变化机理研究[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(2): 174-181.
- HU Rui-lin, LI Zhuo-fen, WANG Si-jing, et al. Approach to the strength behaviors and microstructural changes of loess under dynamic load[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2000, 22(2): 174-181.
- [11] 宋乾坤. 强夯地基加固的物理模拟试验研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2009: 15-19.
- SONG Qian-kun. Physical Simulation Experiment Research on Dynamic Compaction of Soil[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2009: 15-19.
- [12] 李丽慧, 王珊珊, 魏欣, 等. 动力排水固结模型试验装置的研制[J]. 工程地质学报, 2009, 17(4): 574-579.
- LI Li-hui, WANG Shan-shan, WEI Xin, et al. Development of experimental apparatus for large dynamical consolidation test with drain[J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(4): 574-579.
- [13] 贾敏才, 王磊, 周健. 砂性土宏观强夯加固机制的试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(增1): 3282-3290.
- JIA Min-cai, WANG Lei, ZHOU Jian. Experimental research on macro-meso consolidation mechanism of sandy soil with dynamic compaction[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, 28(Supp. 1): 3282-3290.
- [14] 朱峰. 强夯法在汾河治理工程软基处理中的应用[J]. 水利规划与设计, 2002(4): 48-53.
- ZHU Feng. Application of soft foundation treatment of dynamic compaction in fenhe treatment engineering[J]. Water Resources Planning and Design, 2002(4): 48-53.
- [15] 陈玉贵, 倪敬军, 张善群. 强夯加固吹填土软基效果的分析[J]. 江苏建筑, 1998(1): 20-23.
- CHEN Yu-gui, NI Jing-jun, ZHANG Shan-qun. analysis the effect reclaimed soft soil foundation under dynamic compaction[J]. Jiangsu Construction, 1998(1): 20-23.
- [16] 邹建飞, 马秀梅. 辽河石佛寺水库土坝采用强夯法加固无粘性土坝基[J]. 吉林水利, 2005(9): 4-7.
- ZOU Jian-fei, MA Xiu-mei. Strengthening cohesionless soil dam foundation by using dynamic consolidation method for soil dam[J]. Jilin Water Resources, 2005(9): 4-7.

The design of a convenient device for dynamic compaction model test and its application

ZHAO Kang^{1,2}, SHI Liang¹, LUO Si-hai¹

(1. School of Architectural and Surveying Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China; 2. School of Civil and Environment Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to eliminate the inevitable boundary effect of the box wall in the dynamic compaction model test, a new type of simple-operation and low-cost device was developed. Firstly, the design mentality and manufacture process of the test device were introduced briefly, which was followed by the illustration of operation process of test device. Secondly, based on the similarity theorem, the dynamic compaction model test was carried out with this simple device, and the test data of the crater depth was studied according to the dimensional analysis, from which a relevant equation was established among the dimensionless of crater depth and soil conditions parameter and construction process parameter. Finally the results were compared between the crater depth of equation calculating and real-test data of some projects, which showed a good consistency. It is indicated that this simple device has certain practicability when applied to the estimate of the crater depth in practical engineering.

Key words: *dynamic consolidation; model test; convenient device; crater depth*

Biography: ZHAO Kang, Ph. D., Lecturer, Ganzhou 341000, P. R. China, Tel: 0086-13576705261, E-mail: zhaok_666666@163.com

(上接第 209 页)

Evaluation method of the surrounding rock's stability based on the fractal interpolation model

WANG Wei^{1,2}, TIAN Jie², SU Jing-yu¹, MA Dong-hui¹, LIU Chao-feng^{1,2}

(1. Institute of Earthquake Resistance and Disaster Reduction, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2. College of Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Evaluation of the stability of surrounding rock is a complex system problem of uncertainty. For the sake of accurate evaluation of the estate of surrounding rock's stability, so as to provide scientific basis for the prevention of surrounding rock stability, this paper brings forward the evaluating method for surrounding rock's stability based on fractal interpolation theory. Firstly, five key factors are chosen to construct the model. In addition, because of few standard samples, fifty standard samples are produced by the way of stochastic interpolation on basis of classification standard. Secondly, through calculating the fractal dimension of single index of surrounding rock stability, the fractal dimension exponent evaluation of the index of single surrounding rock stability with the maximum likelihood classification principle is confirmed. Thirdly, adopting weighted summation value, the method calculates the level of the colligate estimation of multi-index of surrounding rock stability, and helps establish the fractal interpolation evaluation model according to the relationship between the value of comprehensive evaluation of the samples and the experience level. Finally, five unknown samples are classified based on the model. The classification results are consistent with those from other methods. It is shown that the model here is feasible and effective in evaluating surrounding rock's stability. Moreover, particular score of each sample could be computed by the model, so it has more precise classification and is a rather better new method.

Key words: *fractal theory; fractal dimension; interpolation; surrounding rock stability; evaluation*

Biography: WANG Wei, Associate researcher, Beijing 100124, P. R. China, Tel: 0086-15801628620, E-mail: hantww@126.com