

砂袋垫层隔振在城市道路工程中的应用

马 骏

(上海市岩土工程检测中心, 上海 201206)

摘 要: 城市道路工程中车辆行驶引起的振动对周边环境产生不利影响, 本文介绍一种砂袋垫层道路隔振方法。通过在道路路基中设置砂袋垫层, 减少道路行车振动对沿边建筑物等的环境影响。并介绍了土袋垫层地基处理技术在外国道路工程中的应用实例。

关键词: 地基处理; 砂袋垫层; 道路工程; 行车振动; 隔振技术

中图分类号: TU472.2+1

文献标识码: A

文章编号: 2095-1329(2011)04-0097-04

0 引言

行车振动对道路沿边房屋结构及居民生活产生诸多不利影响, 特别在交通繁忙的城市道路中表现更为突出, 测试结果和相关分析表明, 部分城市道路中车辆行驶引起的环境影响已远超国家有关规定, 影响道路周边居住舒适度与房屋的结构安全性^[1], 必须采取减振及隔振措施减少行车振动的环境影响。

如何减少道路工程中的行车振动对沿边的环境影响是一个亟待解决的技术问题, 国内一些学者为之进行研究并提出各种措施减轻其影响程度, 但目前有效的道路减振方法还不多。本文介绍一种简易有效的道路隔振方法—砂袋垫层法, 对该技术的隔振机理、试验研究及国外应用实例作一简要论述。

1 砂袋垫层隔振机理

砂袋垫层隔振是在地基上铺设一定厚度的砂袋材料垫层, 用砂袋垫层作为结构的隔振装置来控制上部振动荷载对地基的传递(或者下部振动对上部结构的影响), 减少或者隔离振动对周围环境的影响。其机理为在振动荷载作用下, 砂袋层的伸缩变形和砂袋内

部砂粒间的摩擦运动能够消耗一部分振动能量, 砂袋之间不连续的空隙也阻止了振动的传递。同时砂袋垫层受荷后, 袋子产生张力而会引起砂砾附加粘聚力, 也增加了砂袋层的承载能力。对砂袋垫层结构做竖向隔振分析时, 可以将砂袋层的弹性性质简化为弹簧, 考虑到砂袋层本身的内摩擦起着阻尼的作用, 砂袋层也可作为阻尼器, 考虑下部振动对上部结构影响时, 砂袋垫层结构隔振模型如图1。

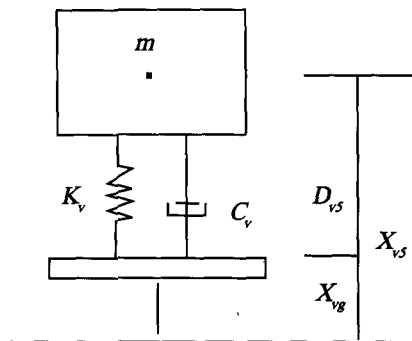


图1 砂袋垫层结构隔振模型
Fig.1 Sandbag mattress structural damping model

模型中 m 为上部结构总质量(假定上部结构刚度较大, 简化为单质点体系); k_v 、 C_v 分别为垫层的竖向刚度和阻尼, 并作为结构的竖向刚度和阻尼; \ddot{x}_{vg} 、 \dot{x}_{vg} 、 x_{vg} 分别为振源竖向加速度、速度和位移; \ddot{x}_{vs} 、 \dot{x}_{vs} 、 x_{vs} 分别为结构的竖向加速度、速度、位移。建立运动微分方程式^[1]

$$m\ddot{x}_{vs} + c_v(\dot{x}_{vs} - \dot{x}_{vg}) + k_v(x_{vs} - x_{vg}) = 0 \quad (1)$$

$$\ddot{x}_{vs} + 2\omega_{vn}\xi_v\dot{x}_{vs} + \omega_{vn}^2x_{vs} = 2\omega_{vn}\xi_v\dot{x}_{vg} + \omega_{vn}^2x_{vg} \quad (2)$$

式中, ω_{vn} 为结构的竖向固有频率, $\omega_{vn}^2 = k_v/m$,



收稿日期: 2010-10-18

修订日期: 2011-02-24

作者简介: 马骏(1977-),男,硕士,工程师,防灾减灾及防护专业,主要从事工程结构抗震及减隔振研究。

电子邮箱: majun1311@hotmail.com

联系电话: 021-56611610

ξ_v 为结构竖向等效阻尼比, $\xi_v = c/2m\omega_{vn}$.

引入转换函数 $h(\omega)$, 令 $\ddot{x}_{vg} = e^{i\omega t}$, 则

$$\ddot{x}_{vg} = h(\omega)e^{i\omega t}$$

把 x_{vs} 、 x_{vg} 的各阶导数表达式代入(2)式,

定义 R_a 为结构的加速度衰减比, $R_a = h(\omega)$

$$R_a = \frac{\ddot{x}_{vs}}{\ddot{x}_{vg}} = \sqrt{\frac{1 + (2\xi_v \omega/\omega_{vn})^2}{[1 - (\omega/\omega_{vn})^2]^2 + (2\xi_v \omega/\omega_{vn})^2}} \quad (3)$$

由(3)式知, R_a 随 ω/ω_{vn} 值的增大而降低, 若振源频率 ω 为已知, 则隔振装置的可变刚度 k_v 较小时, ω/ω_{vn} 越低, 则体系加速度衰减也越明显。

同样, 列出结构体系动力微分方程式

$$m\ddot{D}_{vs} + c\dot{D}_{vs} + kD_{vs} = -m\ddot{x}_{vg} \quad (4)$$

类似, 可用转换函数, 求出上部结构位移反应的最大绝对值

$$|D_{vs}| = \frac{|x_g|}{\omega^2} \frac{(\omega/\omega_{vn})^2}{\sqrt{[1 - (\omega/\omega_{vn})^2]^2 + (2\xi_v \omega/\omega_{vn})^2}} \quad (5)$$

由(5)知, 模型体系的位移反应 $|D_{vs}|$ 随着阻尼比 ξ_v 的增大而降低, 即提高减振垫层的阻尼比, 能有效的减少体系结构与基础间的相对位移。

上部结构隔振模型分析可知, 砂袋垫层隔振效果关键在于利用砂袋垫层具有的高阻尼及弹性特性, 可以实现砂袋垫层结构隔振的目的。

2 砂袋垫层隔振的实验研究

不少学者和科技人员开展了砂及土工袋地基处理的大量理论与实践研究^[2-14]。验证砂袋在垂直方向(振动荷载与土袋长轴垂直)上的隔振效果的实验见图2。

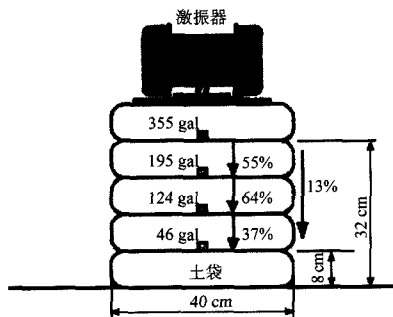


图2 砂袋垫层隔振实验(注:图中单位1gal=1cm/s²)
Fig.2 Sandbag mattress vibration experiment

试验将5个内装硅砂(最大、平均、最小粒径分别为3.4mm、1.2mm、0.3mm), 大小为40cm×40cm×10cm的土袋垂直堆积在混凝土地面上,

激振器放在最上面的土袋上, 在土袋中分层设置一个加速度计, 振动荷载与土袋长轴垂直, 试验结果示于图2中。结果表明, 通过垂直堆积的砂堆层, 垂直方向振动加速度从上向下得到减小。

为验证砂袋水平方向的隔振效果而进行的试验见图3。2列4层垂直堆积的砂袋紧靠在一起, 在每列土袋的层与层之间均设置了加速度计。激振器放在左边一列的土袋上。实验结果表明, 互相紧贴在一起的两排土袋, 从左边向右边水平方向传过来的加速度为0, 说明垂直方向上的振动不会沿水平方向传给邻近的土袋。

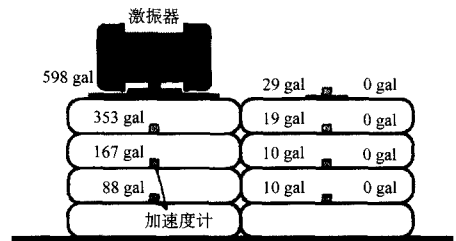


图3 砂袋垫层减振实验
Fig.3 Sandbag mattress vibration experiment

笔者对砂袋箱进行的振动台实验如图4所示。

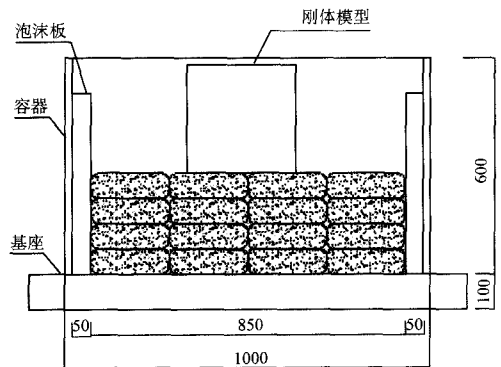


图4 砂袋垫层结构振动模型
Fig.4 Sandbag mattress Structure Vibration model

为了比较砂袋垫层隔振效果, 将无砂袋垫层的结构模型与有砂袋垫层结构模型实验进行对比。相对隔振比定义为有垫层结构模型加速度衰减率与无垫层模型加速度衰减率之比。实验得到水平方向相对隔振比为0.3~0.9, 垂直方向相对隔振比为0.4~1.0, 说明采用砂袋垫层后的结构加速度反应有所减少。采用半功率法计算砂袋垫层结构模型的等效阻尼比参数, 分析得到砂袋垫层结构模型阻尼比约为0.08, 而实验无砂袋垫层结构体系阻尼比为0.05, 分析结果得出, 增设砂袋垫层后, 模型结构阻尼比增加60%。实验中施加的激励为真实地震波, 而常见的道路行车振动接近于简

谐振动荷载,虽然激励施加方式有所不同,但砂袋垫层具有相同的隔振效果。

3 砂袋垫层隔振技术实施要点

道路隔振砂袋是将砂袋垫层用作道路路基层来作为道路隔振装置,应当充分利用垫层砂袋材料具有的高阻尼及弹性特性。由于目前砂袋垫层隔振在道路工程中应用较少,尚缺乏成熟的设计及施工工艺,但根据实验结果及相关分析,道路隔振砂袋应用中应注意把握如下几个方面。

3.1 砂袋材料的选用

砂袋一般归类为土工特种合成材料,成品砂袋的长、宽、高尺寸大小可根据需要调整,一般采用常用的建筑材料包装袋尺寸。砂袋的材料需选用韧性好、强度高并掺有适量抗老化稳定剂的聚乙烯编织袋,确保在施工及使用中经久耐用不易磨损。

为增大耗能摩擦力,砂袋内的砂粒一般选用粒径0.2~5.0mm的粗砂或砾砂来充填。相关实验结果表明,单一级配的砂粒比均匀级配的砂粒在振动中能够耗散更多的能量。所以隔振砂袋可以选用单一级配的粗砂或砾砂。

实验表明,砂粒密实性将影响砂袋垫层的耗能隔振能力,不能充填得过于饱满,砂粒充填量应控制在砂袋容量的50%~80%左右为宜。

3.2 砂袋垫层的设计要点

有关实验表明,砂袋层在竖向应力作用下,破坏荷载在800kPa以上,可以满足道路路基承载力要求。砂袋垫层总厚度根据隔振及工程需要设定,相关实验表明,砂袋层较厚隔振效果增加不明显,道路隔振一般可选用2~5层分层铺设的砂袋层厚度。在路基存有软弱土层时,砂袋垫层的厚度应满足压力扩散角要求。

为防止垫层受到振动时向两边滑动,可以在砂袋垫层上覆盖一层混凝土整体面层,其宽度不宜小于砂袋垫层宽度,并在顶面每边超出砂袋垫层顶边不少于300mm。

砂袋垫层密实度较大将减少垫层的耗能能力,所以砂袋垫层在分层排列后整平,一般压实系数不宜超过90%或整平即可。路基回填可以采用砂石填料,以减少路基两侧对垫层的侧向约束。

3.3 砂袋垫层的施工要点

从施工工艺来看,砂袋垫层要求将路面底面以下一定范围的软弱土层挖去,分层铺设砂袋并平整密实。砂袋垫层施工时将同一层面的砂袋对口排列,砂袋之间保持一定的间隙,采用小型振动碾分层整平,路基开挖时应避免基底土层受到扰动并设在同一标高处,在砂袋垫层底部可设置200~300mm厚的碎石或卵石,以防止砂袋垫层底部土层的局部破坏。

在铺设砂袋垫层时,应防止砂袋材料被刺穿、顶破。铺设时应把砂袋张拉平直、绷紧,不应有褶皱,端头连接可采用胶结,保证砂袋之间的侧向连接强度不低于袋子的抗拉强度。

4 推广应用价值与国外实用效果

砂袋垫层隔振技术可适用于城市交通繁忙路段和受行车振动影响较大的道路区段。

4.1 砂袋垫层道路隔振的优越性

将砂袋用作道路路基垫层来减少道路行车振动对周围环境的影响,具有以下几个方面的优越性。

(1) 取材广泛

砂砾属粗粒土,在自然界分布广泛、储量丰富,砂砾本身是一种性能良好的天然建筑材料,在道路工程建设中也得到了广泛的应用。砂袋所用的袋子材料是常用的塑料编织袋,可利用道路施工中的水泥材料包装袋,就地取材,重复利用。

(2) 施工便利

砂袋垫层施工并不需要特殊的设备,不需要复杂的工艺,利用简单的人力即可操作,并且施工过程无噪音,环保无污染。砂袋垫层施工简单便利易操作。

(3) 成本低廉

砂袋垫层隔振装置主要是砂袋垫层,总体造价低廉,比较橡胶隔震支座或者其他的隔振装置,成本只有其几十分之一。由于目前专用的减隔振装置通常造价较高,其推广应用受到局限,而砂袋垫层提供了一种经济的道路隔振技术方法,利于推广应用。

(4) 综合效果好

相关实验表明,道路路基应用砂袋垫层隔振不仅减少车辆振动对周边环境的影响,同时具有提高软弱路基承载力、改善路基冻融效果和减少路基变形沉降等方面的有利作用。

由于砂袋垫层隔振具有多方面的优势,在道路工

程中具有广阔的应用前景。

4.2 土工袋隔振在日本道路工程中的应用实例

采用土工袋处理道路路基是近年来在研究开发的一项新技术,在国内应用较少,但在日本等国已推广应用。

图5为一个采用土工袋处理道路路基的工程实例。该道路位于日本某城市市中心,道路改建的目的是减小交通车辆引起的振动。土工袋内装城市垃圾处理后的遗留粒状物。施工前后测试相比,测点振动减少了8~15dB(分贝),且施工完15个月再次测量,阻振效果仍维持在施工后的同等水平。



图5 土袋处理道路路基实例
Fig.5 Soil roadbed instance

在日本处理铁路路基工程时也采用土工袋,图6为土工袋加固路基的铁路工程,采用掺有适量抗紫外线老化稳定剂的聚乙烯材料编织袋。施工后与施工前相比,列车的振动加速度减少了1/3。



图6 土袋处理铁路路基
Fig.6 Railway sugared by soil bags

5 结语

利用砂袋垫层特有的阻尼及弹性性质,可作为道路隔振装置,起到减少道路行车振动对周围环境影响的作用。同时还能够改善路基不均匀沉降。

日本的应用实践表明,利用土工砂袋处理道路路基,可以减少车辆振动对周围建筑物的环境影响。上海地区的道路路基土质和日本有相似之处,多数为软土土质,利于该技术综合应用。

砂袋垫层隔振技术目前在国内道路工程中应用尚不多,在实际应用中,可以通过材料优化及设计施工工艺的改进,提高砂袋垫层的隔振效果,并在不断的实践积累中日臻完善。

参考文献

- [1] 章东强,于艳丽,谢伟平. 交通荷载引起的环境振动实测与分析[J]. 武汉理工大学学报,2006,25(12):2515-2522.
- [2] 周福霖. 工程结构减震控制[M]. 北京:地震出版社,1997:49-54.
- [3] Mastuoka, Sihong Liu. A new reinforcement method using soilbags[M]. London: Taylor & Fram as Group. 2006:17-32.
- [4] 窦远明,赵少伟,刘晓立,等. 砂垫层隔震性能的试验研究[J]. 建筑结构学报,2005,26(1): 125-128.
- [5] 高宏兴,强夯—袋装砂井加固软土地基[J]. 上海地质,1987, 8(4): 34-40,33.
- [6] 王克武. 宝钢原料堆场采用砂桩加固软弱地基与分级堆料提高地基强度的实施效果[J]. 上海地质,1993,14(4):52-59.
- [7] 叶观宝. 地基加固技术在上海地区的应用与发展[J]. 上海地质,1997,18(3):55-60.
- [8] 施麟丽,乔建敏,陆玉琳. 真空—复水联合预压法在软土地基上的应用[J]. 上海地质,2004,25(4):23-25,32.
- [9] 孙亚哲,高倚山,吴建,等. 真空—堆载联合预压法在电厂地基处理中的应用实例[J]. 上海地质,2007,28(3):35-39.
- [10] 杨石飞. 大面积土体堆载地基变形一般规律分析[J]. 上海地质,2010,31(1):16-20.
- [11] 董天林. 真空预压法在吹填土中的加固效果及存在问题分析[J]. 上海国土资源,2011, 32(1):74-77.
- [12] 刘斯宏,汪易森. 土工袋加固地基原理及其工程应用[J]. 岩土工程技术,2007,(5):222-224.
- [13] 马骏,张燎军. 基础下砂和砂袋垫层隔震性能的探讨[J]. 河海大学学报(自然科学版),2007,35(1):187-191.
- [14] 马骏. 砂袋垫层隔震性能的研究[D]. 河海大学硕士学位论文,2008.

Application of Vibration Isolating of Sandbag in Urban Road Engineering

MA Jun

(Shanghai Geotechnical Engineering Detecting Centre, Shanghai 201206, China)

Abstract: The vehicle vibration of road works in cities influenced local residents' life. A new way of vibration isolating was introduced in this paper, which is sandbag cushion method. Through setting sandbag cushion in roadbed, the influences by vehicle vibration were reduced. It also introduced same actual projects of sandbag cushion method in Japanese road engineering.

Key words: ground sill dispose; sandbag cushions; road engineering; vibration effect; vibration isolation