

短文

高速公路桥台背填土压实的 RIC 工法试验研究

Study on RIC construction method for tamping of backfill behind aboutment in express highway

孙文怀¹, 崔国喜², 董金玉¹, 潘发晶²

(1. 华北水利水电学院 岩土工程系, 河南 郑州 450008, 2. 河南省交通公路工程局, 河南 郑州 450009)

关键词: RIC 工法; 桥台背填土; 压实度; 桥头跳车

中图分类号: TU 411.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2004)05-0702-04

作者简介: 孙文怀(1961-), 男, 华北水利水电学院岩土系硕士生导师。

0 引言*

路堤填土施工中, 填土的压实度是控制填土质量的重要指标, 对于路堤、桥台背的填土, 只要压实度满足要求, 路堤及桥台背的变形就可得到很大程度的控制, 填土的压实, 首先要控制填土的含水率, 使填土的含水率控制在最优含水率的范围之内, 其次是要有足够的压实能作用。目前公路工程施工中, 桥梁台背填土通常采用分层填铺用传统压路机压实的方法。台背填土要求压实度较高, 一般不小于 95%, 在台背较近处, 压路机又压不到, 只能用小型的电夯机夯实, 延误时间, 压实度又达不到要求, 公路运行后桥台背的后期沉降大, 造成和桥梁的沉降差较大, 往往引起桥头跳车现象, 甚至出现路面破坏, 严重时影响道路正常运行, RIC(Rapid Impact Compaction)施工方法可以较好的解决填土的压实问题, 尤其是桥台背的填土压实。以下就 RIC 工法的原理及 RIC 工法的施工方法做介绍, 并结合郑少(郑州-少林寺)高速公路桥台背路堤填土压实施工中采用 RIC 工法的现场试验进行分析。

1 RIC 工法简介

RIC 工法形成于 20 世纪 90 年代初, 起初用于英国军事。以后应用于机场、公路、铁路、工业及民用建筑等土木工程中。RIC 工法的原理为相对高频动态压实。其夯实设备可以安装在挖掘机或履带吊机的专用底盘上, 夯实效果对地面下土层的改善深度可达 2 m 至 10 m^[1]。

夯实设备是以较大重量的液压锤为基础开发的高速移动性设备。液压锤的重量为 50~90 kN, 具有高达 40~60 次/min 的夯击频率。最小行程 0.3 m, 最大行程为 1.2 m, 一次锤击产生的能量最小为 15 kN·m, 最大为 108 kN·m。夯实的能量通过专用的锤体直接传入作业地面, 保证了能量的有效传播。图 1 为液压夯

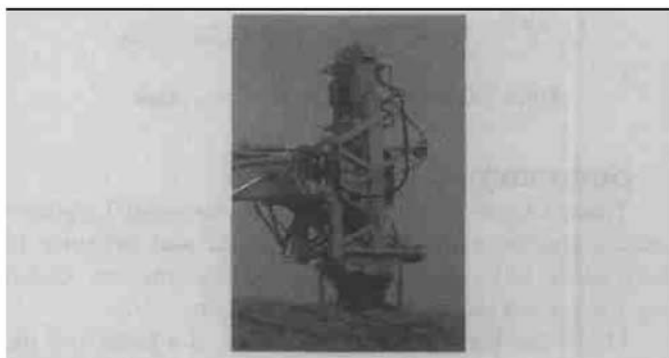


图 1 RIC 工法夯实法

Fig. 1 RIC construction method

实设备。

夯实设备还提供了监测系统, 进行作业记录, 便于质量控制和数据采集。所有作业可实现自动控制, 可通过设置压实能量的大小、一次锤击的最小变形量、总变形量、锤击遍数等参数, 实现实时自动控制。

夯实设备的夯锤有圆形和方形两种, 可应用于大型油库、港口、机场、停车场、桥梁及涵洞台背填方边角、死角和高速公路的地基和路堤压实, 特别是解决高速公路施工中存在的桥头跳车现象的良好设备。

2 RIC 工法在桥台背填土的夯击试验

2.1 RIC 工法试验的背景

郑州至少林寺高速公路共有分离式立交桥 15 座, 上部结构为先张法预应力空心混凝土板, 下部结构为钻孔灌注桩基础或重力式 U 型桥台扩大基础; 通道 25 道, 为钢筋混凝土板或钢筋混凝土拱。桥、通道较多, 桥台背填土路堤多为高填方, 合理压实桥台背填土是道路施工的主要问题之一。为较好的解决这一问题, 我们在郑少高速公路第二标段采用 RIC 工法对台背填土进行夯实试验, 效果较好, 并在工程中得到了应用。

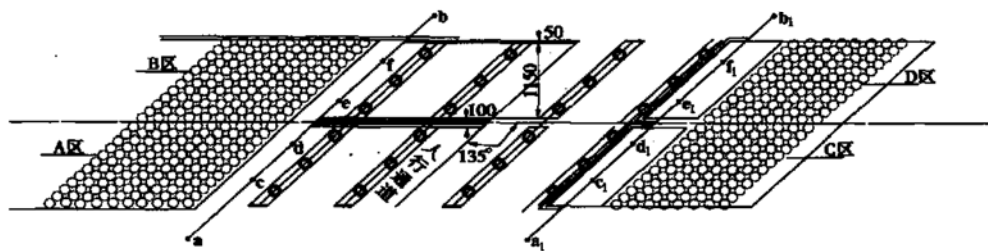


图2 柳树沟分离式立交桥夯平面布置图

Fig. 2 Arrangement of Willow Channel Crossroads

2.2 试验点选择

本次试验以郑少高速公路第二标段的柳树沟分离式立交桥(SK5+ 650)为RIC工法试验点。柳树沟分离式立交桥设计荷载为汽超-20,挂-120,立交型式为主线上跨,上下行桥宽11.5 m,上部结构为预应力混凝土空心板,下部桥台为柱式,钻孔灌注桩基础,桥墩为柱式,桥面铺装连续,桥台处设TST弹塑体与碎石型伸缩装置。桥台、桥墩均采用 $\phi 200\text{ mm} \times 28\text{ mm}$ 球冠式橡胶支座。

2.3 工程地质条件

SK5+ 650标段断裂构造不发育,大多被第四系覆盖,呈隐伏状态,路线以填方通过,构造对工程影响较小。通过钻探取样,土层从下往上为砂岩、黏土和黄土状粉质黏土。地下水位埋深约16 m。天然地层密实度较好,能够达到路堤荷载要求,不需要作进一步处理。

2.4 试验布置

(1) 填土控制

柳树沟分离式立交桥(SK5+ 650)一次性填土高1.5 m,采用8%的白灰土,细粒土尽可能粉碎,土块最大尺寸不大于15 mm,石灰进行过筛处理,以保证填料粒径。在拌合过程中采用旋耕机多次拌和,使填料的粒径和灰剂量达到规范设计的要求,防止出现素土或灰土夹层现象。每一层填土多次自检灰剂量。填土完成后表面尽可能整平,以便于夯实。

(2) 夯击区域与夯点布置

柳树沟分离式立交桥(SK5+ 650)南台背路基宽25 m,沿路基方向10 m,夯击面积 $25\text{ m} \times 10\text{ m}$,分A、B两区,分别为 $12.5\text{ m} \times 10\text{ m}$,桥南头路基宽25 m,沿路基方向8 m,夯击面积 $25\text{ m} \times 8\text{ m}$,分C、D两区,分别为 $12.5\text{ m} \times 8\text{ m}$ 。夯点与监测点布置如图2所示。

(3) 能量控制

通过RIC工法夯击设备的监控器控制A、B、C、D区分别为总沉降量20, 30, 35, 45 cm进行夯击,当离桥3 m左右时,调低夯击能量,可使锤的落高为30 cm,以减小对桥的振动影响。

(4) 试验完成情况

本次试验于2002年10月4日上午8:30~12:30

完成A、B区,下午2:30~5:30完成C、D区,夯击过程中只需驾驶员一名和技术员一名配合作业,施工简便快速,对周围环境没有不良影响。图3为施工现场。



图3 桥台背填土施工现场

Fig. 3 Construction of backfill behind abutment

2.5 试验检测

(1) 夯击前取样做击实试验,测的填土最大干密度为 1.81 g/cm^3 ,最佳含水率为13.5%。

(2) 在A、B、C、D区分别进行人工挖坑,测其夯击后的压实度。坑深为1 m,分别在深度为0.1 m、0.5 m和1 m处做灌砂试验,测其压实度见表1。

表1 深度与压实度的关系

Table 1 The relation of depth and compactness

深度 /m	区号			
	A	B	C	D
0.1	96.1	97.2	98.3	98.5
0.5	96.5	98.7	99.4	99.7
1.0	94.7	97.5	98.5	98.7

2.6 夯击过程中桥的位移变形监测

(1) 桥位移变形监测点的布置

在桥南、北侧边沿表面上分别布设四个监测点,在影响区外桥东西方向分别布置两个基准点,并且使每侧的基准点和监测点位于一条直线上,用于监测桥变形位移。监测点布置图如图2所示。

(2) 夯击过程中,进行人工观察,没有发现桥梁破损等情况。

(3) 用经纬仪测量夯击前后桥的变形位移量。夯击前,acdefb为一直线(见图2),夯击过程中或夯击完

成后,根据影响区外基准点 a b 确定的直线 ab 找出 c、d e f 作为观测点,通过经纬观测仪可观测夯击过程中及夯击后 c d e f 点的位移,同理可测出夯击过程中桥北台背观测点 c₁ d₁ e₁ f₁ 的变形位移。数据见表 2。

表 2 夯击时桥台背的变形数据

Table 2 Deformation of backfill behind abutment during tamping								
区号	A		B		C		D	
测点	c	d	e	f	c ₁	d ₁	e ₁	f ₁
位移/mm	2.9	2.3	3.0	3.8	3.8	3.6	5.6	6.2
位移平均值	2.6		3.4		3.7		5.9	

3 试验结果与分析

根据 A B C D 四种工况,可得到不同区总沉降量不同时压实度随深度的变化曲线(见图 4),不同区深度相同处总沉降量和压实度的对应曲线(见图 5),以及不同的沉降量对应的桥梁变形位移曲线(见图 6)。

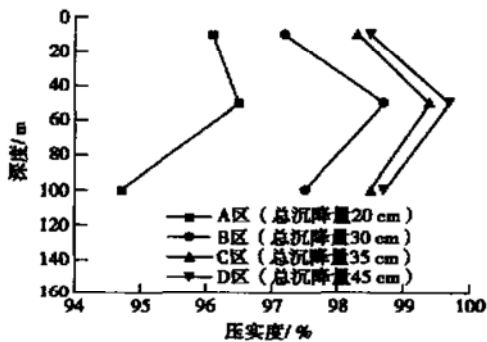


图 4 总沉降量不同时压实度-深度关系图

Fig. 4 Compactness-depth curves at different total settlement

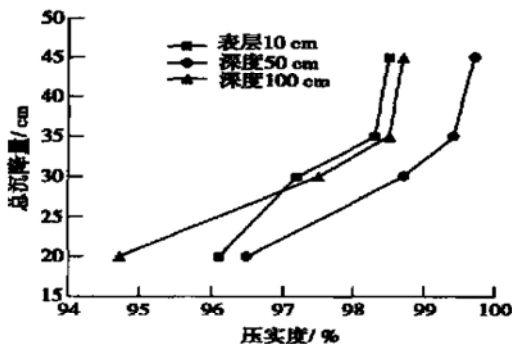


图 5 不同深度处总沉降量-压实度关系图

Fig. 5 Total settlement-compactness curves at different depth

通过以上曲线分析可看到,随着控制总沉降量的增大,压实度相应提高,桥的变形位移量增大。填土为 1.5 m, A 区在 90 cm 时压实度达不到要求, D 区随能满足压实度要求,但桥变形位移量较大, B 区和 C 区效果较好。

4 RIC 工法施工质量检测法

RIC 工法本身带有实时自动记录施工过程数据的

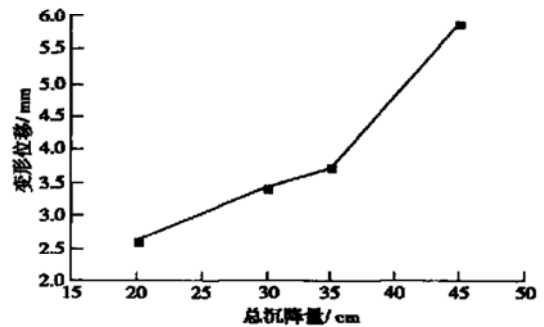


图 6 不同区总沉降量-桥变形位移关系图

Fig. 6 Total settlement-displacement curve in different zone

能力,可记录施工过程中的总能量、总沉降量、最后一击沉降变形量等数据。可以通过监视器在施工过程中监测的数据及后期用环刀法检测的实验数据,对填土的压实度进行检测。在郑少高速公路的试验中,通过调整最后一锤沉降量,可得出不同深度处总沉降量和压实度关系(见图 5)及总输入能量和压实度关系(见图 7)。在以后的进一步试验或施工中,可以通过别的试验进行进一步验证,使其成为一套完整的自身监测系统。

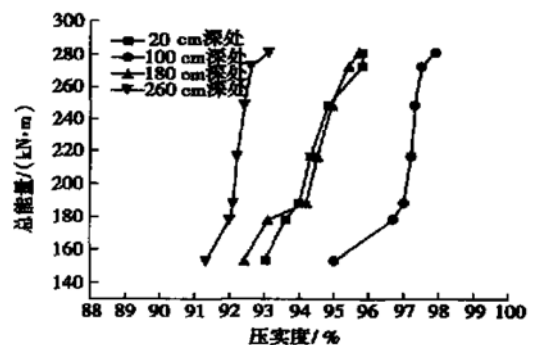


图 7 不同深度处总能量-压实度关系图

Fig. 7 Total energy-compactness curves at different depth

5 RIC 工法的优点

(1) 设备可自动安装,在不到半个小时之内,可使设备就绪工作。

(2) 由于锤脚直接接触地面,施工时没有碎石飞散,施工运行时附近工人没有危险。

(3) 由于锤脚直接接触地面,能量可有效地传输到地基中,自动控制器可以调整能量的大小,可以适合不同的场合应用,保证以最优的效率运行。

(4) 数据记录器可记录地基处理及路堤夯实的结果,如每锤夯击能量、夯击总能量、夯击遍数、最后一击的变形量、总变形量等参数。具有自检地基处理及路堤夯实效果的功能。

(5) 一次性处理地基土层的厚度较厚,工作效率高。

6 结论与建议

(1) RIC 工法夯实路堤松散填土和已压实填土后,压实度可以达到 97% 以上,压实效果好,且效率高。与其它压实方法相比较,具有明显的优势。其它压实设备很难达到此压实效果。更重要的是可根据最后一锤击的变形量的不同设置实现不同压实度要求的控制。

(2) 一般的振动压路机填土厚度为 25~ 30 cm, 而使用 RIC 工法进行填土夯实时,一次性填土厚度可达到 3.0~ 4.0 m,可大大缩短施工工期,保证工程质量,节约资金,并使高速公路提前竣工投入使用。

(3) 在桥台背填土压实时,当填土高为 1.5 m 时,通过监控器调整夯击参数,总沉降量为 30~ 35 cm 较为合适,在离桥台较近时,调低液压锤落距,采用小能量夯击,减小对桥台振动影响。

(4) RIC 工法具有自动检测压实效果的能力。通过 RIC 工法夯击填土实时自动记录的夯点总能量、总变形量、最后一锤夯击的变形量等参数来评判与检测

填土地基的压实度。

(5) RIC 工法是一种先进的、自动化程度高的、快速有效的夯击压实桥台背路基填土的方法。可有效解决桥头跳车现象,可以广泛地在桥台背填土工程中推广应用。

建议在以后的工程施工过程中,继续跟踪调查研究,进一步完善 RIC 工法在工程中的应用。

参考文献:

- [1] 孙文怀. 基础工程设计与地基处理[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1999.
- [2] 地基处理经验集萃编写组. 地基处理经验集萃[M]. 北京: 中国电力工业出版社, 1996.
- [3] 建筑地基基础设计规范(GB50007-2002). 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [4] 土工试验方法(GB50007-2002). 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [5] RIC 工法在路堤填土施工中的应用研究[A]. 全国岩土与工程学术大会论文集[C]. 北京: 人民交通出版社, 2003.