

文章编号: 1007-2373(2007)03-0114-05

冲击压实工艺在路基施工中的技术经济研究

崔武文¹, 裴东², 贺云³,

(1. 河北工业大学土木工程学院, 天津 300132; 2. 廊坊市城市建设勘察院, 河北 廊坊 065000; 3. 廊坊师范学院建筑工程系, 河北 廊坊 065000)

摘要通过石黄高速公路路基处理中的大量试验, 对冲击压实路基处理技术工作原理、排压方案和冲压次数与压实度的关系进行分析. 从加固原理、加固效果、经济效益和技术可行性等方面对冲击压实技术与传统路基加固技术进行了对比. 通过现场大量压实度试验证明: 冲击压实方法结合了机械碾压法和强夯法的优点, 是一种适合公路路基处理的高效压实技术, 在公路建设中具有广阔的应用前景, 值得大面积推广.

关键词冲击压实; 技术经济; 路基压实加固; 压实度

中图分类号TU443 文献标识码A

The Comparative Analysis of New Compact Technique
in the Sub-grade Compact

CUI Wu-wen¹, PEI Dong², HE Yun³

(1. School of Civil Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300132, China; 2. Department of Langfang City Construction and Prospecting, Hebei Langfang 065000, China; 3. Architectural Engineering Department, Langfang Teacher's College, Hebei Langfang 065000, China)

Abstract Shi-Huang highway is taken as an example to research theory, plan and method and the relation between the number of compact and compactness of the new compact technique by experiments on site and on laboratory. The sub-grade reinforced method is analyzed for compact principals, compact effects, economic benefit and technique feasibility, etc. The compact method, which is the perfect combination of machine grinding method and tamping method, is suitable to deal with the highway sub-grade and worthwhile being extending widely for its great usage foreground in highway construction.

Key words compact technique; techno-economics; sub-grade compact; compactness

0 引言

治理路基超限沉降是“十五”期间要重点解决的公路质量通病, 是公路建设的重要课题.

机械碾压法是最常见的一种路基压实方法, 该方法是利用机械自重把松散的路基土压实加固, 提高路基的强度与稳定性, 但其加固深度浅. 这种压实方法常用于大面积填土的路基压实以及一般非饱和粘性土和杂填土地基的浅层处理.^[1]

强夯法是将大吨位重锤提高到一定的高度后自由下落, 给地基以冲击和振动, 提高其承载力. 强夯法加固效果好、加固深度大, 强夯法的缺点是振动大, 易引起土石飞溅, 且不能连续作业, 施工速度极慢, 不适应公路建设的需要.^[2]

传统的路基加固方法都有明显的缺点, 冲击压实方法作为一种新的路基加固方法, 路基加固效果好, 应用前景广, 但至今还没有形成一套比较完整的施工技术规范与验收标准及技术经济评价体系.

收稿日期: 2006-09-04

基金项目: 河北省交通厅科技项目资助 (Y-030103)

作者简介: 崔武文 (1973-), 男 (汉族), 博士生.

本文以石黄高速公路路基处理为例,通过大量的现场与实验室试验,分别对机械碾压法、强夯法和冲击压实方法路基处理技术进行了技术经济分析.

1 冲击压实技术

冲击压实技术是近些年发展起来的一种新型路基压实技术,它不同于传统的压实方法,是夯实与滚动压实技术的结合.该压实技术保持了低频率大振幅夯击压实法中冲击波穿透力强,影响深度大,压实效果好的特点,又吸取了滚动压实法的连续作业效率高,机动性好的优点,特别适合于大面积高填土厚铺层的基层压实施工.冲击压实机由冲击轮、机架和连接机械 3 部分组成,见图 1.图 2 所示 3 种几何形状的凸轮形瓣状非圆柱体冲击轮,最大外径 2 000 mm.

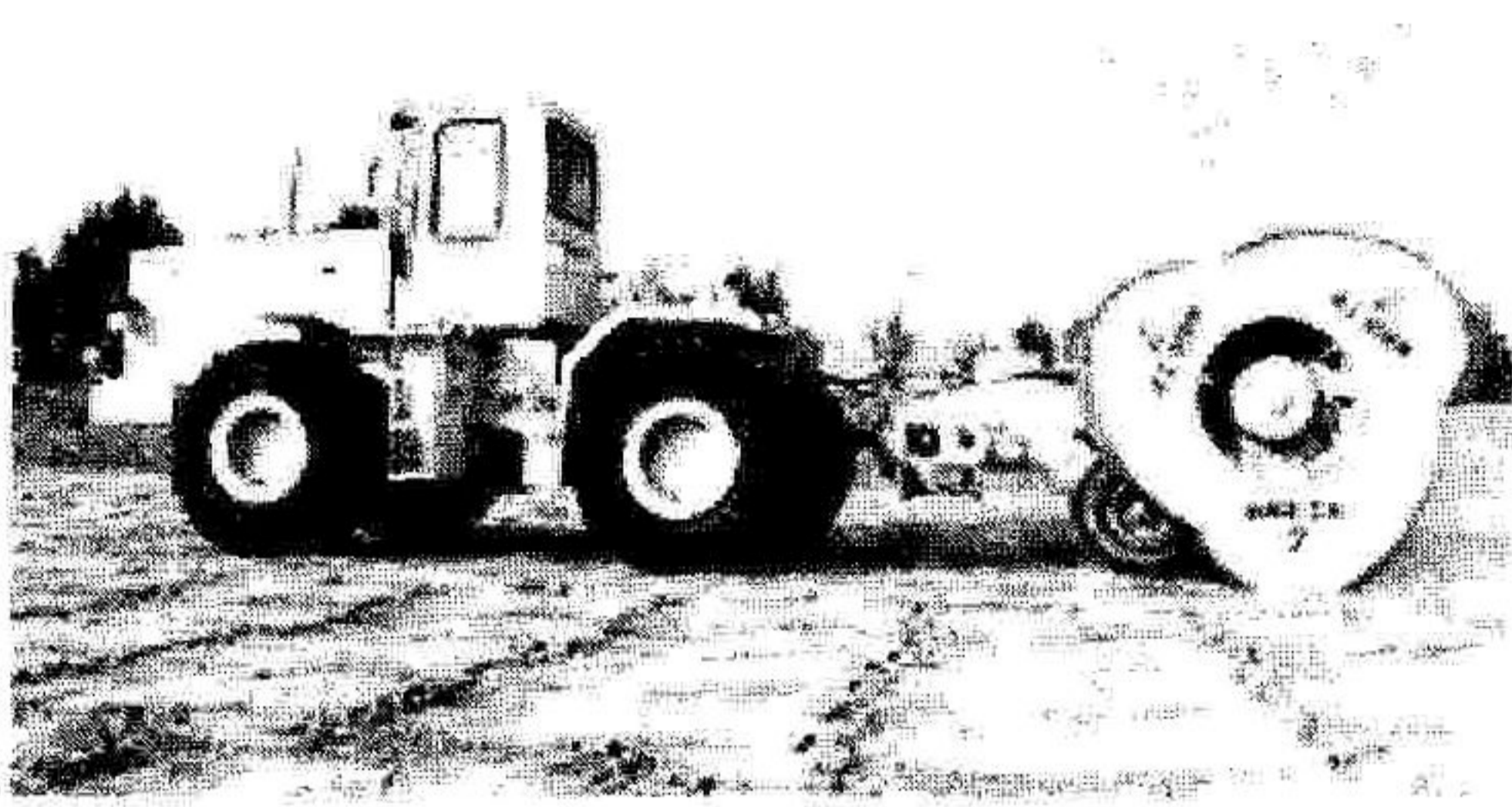


图 1 冲击压实机
Fig. 1 Compact machinery

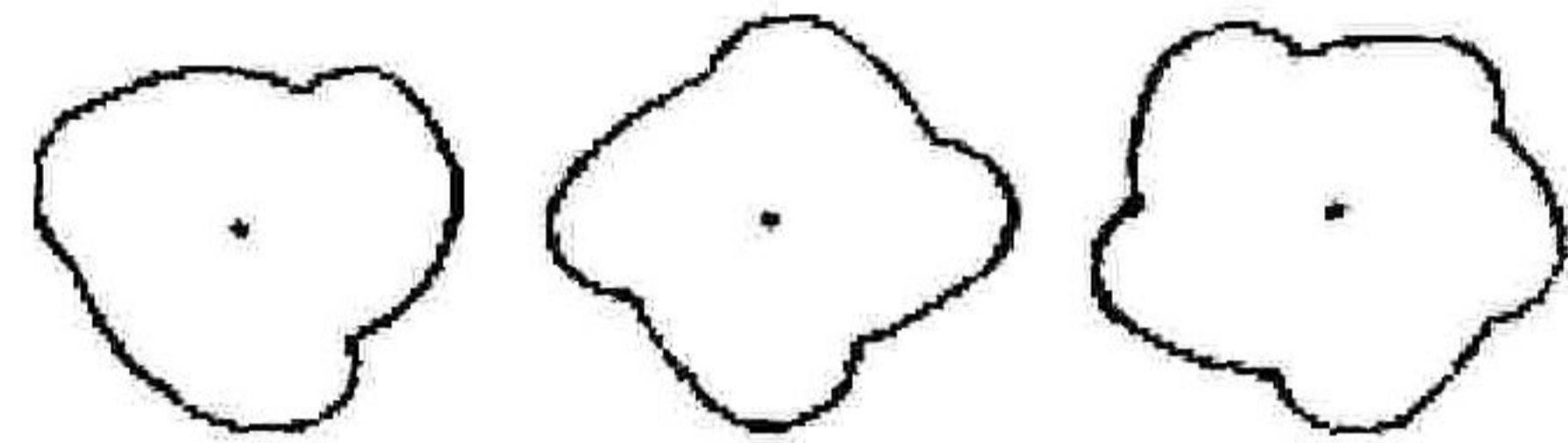


图 2 冲击压实机瓣状轮形状图
Fig. 2 The shape of wheel of the machinery

1.1 冲击压实工作原理

冲击压实功能来自两个方面:一是冲击轮的自重,这与一般压路机的压实原理相同;二是冲压轮滚动时所产生的冲击功能,其压实功主要来自这个方面.

以五瓣式为例,压实轮呈五凸形,轮上有一系列交替排列的凸点和平整的冲击面,用于冲击待压实土体,压实轮凸点与冲击平面产生交替抬升与落下,产生势能和动能,见图 3,瞬时释放出巨大的振动力和冲击能,对地面产生集中的冲击能量,以连续周期性的高振幅撞击力冲击土体,冲击产生的强烈冲击波可向下基层和土基传播.因此,冲击压实具有静压、振动压、冲击压的压实效果,压实影响深度随冲压遍数递增,形成强度较高的路面底基层.

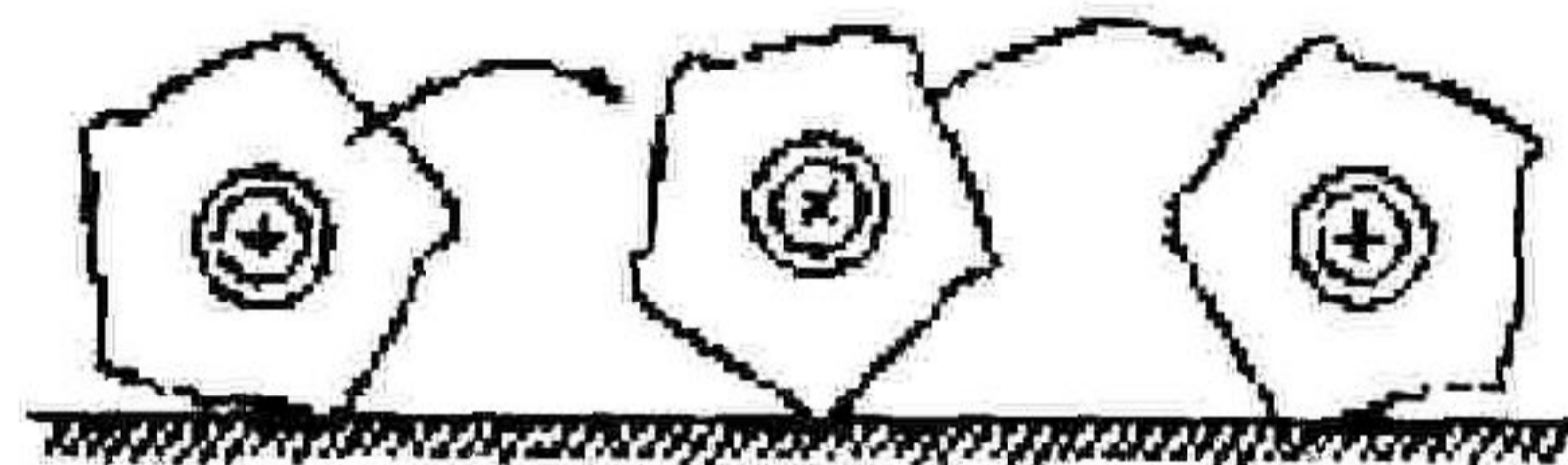


图 3 冲击压实工作原理
Fig. 3 The theory of the new technology

1.2 冲击压实排压方案

冲击压实对于土基表面任一点的冲击作用,由于凸形瓣数量的不同,其几率也不相同.以三瓣式为例,转动一周共有 3 次压实、3 次冲击.对于土体表面任一点的冲击数,一周内的概率为 $1/6 = 0.166$,只当纵向错轮 $1/6$ 周时冲击压实机在其上行使 3 次,则任一点往返两次为一遍来排列,冲击式压路机在同一点要行使两次,则每次横向错半轮,纵向错 $1/6$ 周长为一遍.冲击压实机在土表面行使 6 次为一遍.若要求压 3 遍则为 18 次,其他瓣数的冲击压实机以此类推.

路基冲击的总次数由要求的沉降量、压实度和冲击压实机的瓣数来确定.

1.3 冲压次数与压实度的关系^[3]

为检测冲击压实中冲压次数与压实度的关系,分别测定不同压实遍数、不同压实深度处的压实度,并将冲压次数与不同深度处的压实度的关系用图 4 表示.

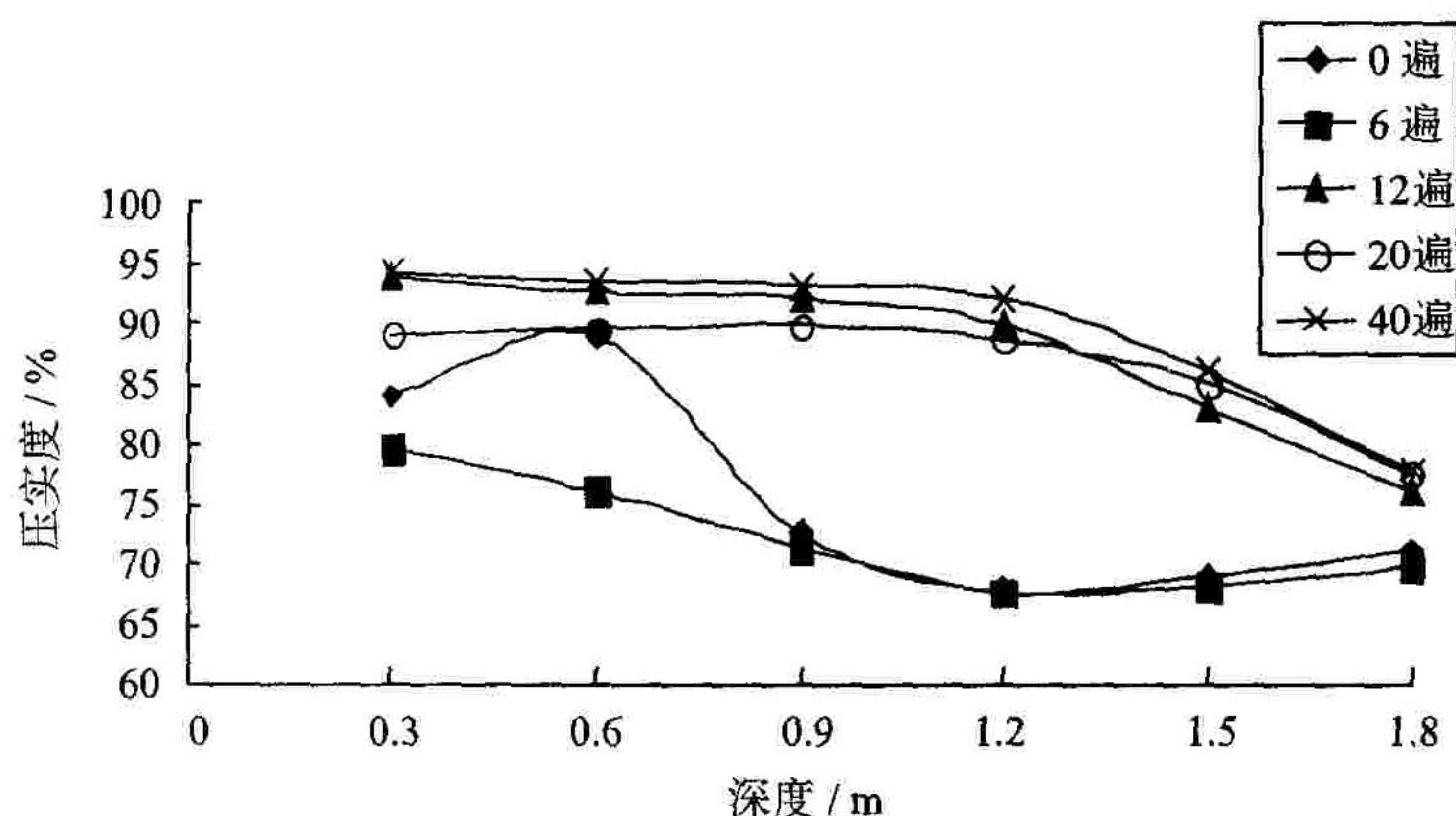


图4 压实度与深度的关系

Fig. 4 The relation between compactness and depth

从图4可以看出: 1) 由于土具有触变形, 所以冲压6遍后路基的压实度都有所降低; 2) 冲压6遍以后路基压实度随冲压遍数的增加而增大, 深度越浅压实度增长幅度越大, 冲压12遍时, 路基的干密度和压实度均基本达到最大值, 1.2 m以上压实度大于90%, 1.2~1.8 m的压实度达到77%以上; 3) 从压实12遍到20遍, 随冲击压实遍数的增加, 路基的压实度1.5 m以上有所降低, 1.5 m以下变化不大. 从20遍到40遍, 路基压实度基本保持不变.

为检测冲击压实加固路基的效果, 测定试验段路基冲压前和冲压12遍后的压实度, 结果如表1.

表1 路基土冲击压实前后压实度指标对比

Tab. 1 Compactness index of soil compacted and not compacted

深度/cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90
最大干密度	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
冲压前									
干密度	1.45	1.40	1.32	1.25	1.25	1.26	1.55	1.40	1.28
压实度	80	77	73	69	69	70	86	77	71
冲压后									
实测干密度	1.74	1.70	1.70	1.69	1.67	1.73	1.70	1.72	1.70
压实度	96	94	94	93	93	96	94	95	94
提高值/%	20	22	29	35	34	36	9	24	25

注: 试验段路基土击实试验得到试验段土的最佳含水量为14.1%, 最大干密度为1.81 g/cm³.

从以上可以看出, 冲击压实加固路基的效果: 土的干密度增大, 由冲击压实前的平均1.35 g/cm³提高到冲击压实后平均1.71 g/cm³以上; 压实度由冲击压实前的平均75%提高到冲击压实后的平均94%以上, 有效影响深度深.

2 冲击压实技术经济分析

下面从加固原理、加固效果、经济效益、工作适用性几个方面对冲击压实技术与传统压实技术进行综合对比分析.

2.1 加固技术原理对比分析

表2 冲击压实技术与传统压实技术的加固原理分析

Tab. 2 Analysis of theory of the new technology and ordinary

加固原理	
机械碾压法	静力压路机为轮下的静压力对路基产生压应力而压实土体。 ^[4] 振动压路机为振动压力波向深层传递, 压实路基。
强夯法	用具有较大势能的重锤下落转变成动能和夯击能, 产生动应力和冲击波在路基中传播, 压实路基。
冲击压实方法	冲击轮产生的动势能转化为动能冲击路基使深层土体颗粒挤密; 同时冲击能以振动波形式传播, 排除孔隙中的气体和水, 路基被压实。

2.2 加固效果对比分析

为了更好的比较3种加固方法的加固效果, 在K11+800~12+900路段, 检测机械碾压前后、强夯前后、冲击压实前和冲击12遍时路基的压实度, 结果如表3所示。

表3 冲击压实技术与传统压实技术加固效果分析

Tab. 3 Analysis of compact effect of the new technology and ordinary

指标	机械碾压法			强夯法			冲击压实方法 (12遍)			
	前	后	提高/%	前	后	提高/%	前	后	提高/%	
深度 /m	0.3~0.6	79.3	89.2	12	77.1	97.8	27	76.4	95.1	24
	0.6~0.9	72.1	79.5	10	77.1	97.8	27	75.9	94.2	24
	0.9~1.2	73.4	78.9	7	77.1	97.8	27	73.2	93.3	27
	1.2~1.5	69.8	71.3	2	78.2	91.3	17	72.3	91.5	27
	1.5~1.8	72.3	74.4	3	78.2	91.3	17	75.2	82.7	10
	1.8~2.1	69.4	69.9	1	78.2	91.3	17	73.1	77.6	6

注: 试验段路基土击实试验得到试验段土的最佳含水量为13.8%, 最大干密度为1.85 g/cm³; 夯锤重1000 kg, 落距4 m。

从表3可以看出, 强夯的效果最好: 路基下0.9 m的压实度大于97%, 远远高于规范规定的压实度标准, 1~2 m的压实度大于90%, 达到标准; 冲击压实效果次之, 但完全达到压实度要求, 冲击12遍后, 路基下0.9 m的压实度大于93%, 0.9~1.5 m的压实度大于90%; 机械碾压的加固效果最差, 碾压后路基的压实度仍小于90%, 达不到高等级公路路基压实度的要求。

2.3 经济效益对比分析

从表4可看出, 冲击压实法工作效率优于其他两种方法; 从施工的成本看, 强夯法最高, 机械碾压法最低, 冲击压实法与机械碾压法相当。

表4 冲击压实技术与传统压实技术的经济效益指标分析

Tab. 4 Analysis of beneficial result of the new technology and ordinary

	机械碾压法	强夯法	冲击压实法
工作效率	按压实厚度0.4 m、压实遍数5遍、工作速度3000~4000 m ² /h计, 压实工效约为280 m ³ /台班	按中型强夯有效加固深度3 m、夯实速度15~25 m ² /h计, 压实工效约为60 m ³ /台班	按有效加固深度1.5 m、冲击速度2000 m ² /h, 冲击6遍计, 压实工效约为500 m ³ /台班
机械台班单价/元	约1000	约1000	约2000
施工单价/(元/m ³)	约3.6	约16.7	约4.0

2.4 工作适用性对比分析

表5 冲击压实技术与传统压实技术的工作适用性分析
Tab. 5 Analysis of applicability of the new technology and ordinary

	机械碾压法	强夯法 ^[5]	冲击压实法
适用范围	适合填筑压实各种路基, 但须严格按照平行作业法分层碾压.	适合处理各种路基的原始基础或有较宽工作面的路基.	适合路基补强、填筑压实土方.
可操作性	机械可靠性较好, 但维修起来比较复杂.	机械拖运起来不方便、其中机械利用率较低.	机械构造简单, 维修方便.

从表5可看出, 在3种路基加固方法中, 冲击压实法的适用范围广、可操作性强; 而其他两种方法适用范围窄与可操作性均受到不同程度的限制.

3 结论

通过对3种路基加固方法的对比实验研究, 可以得到以下结论.

1) 机械碾压法是传统的路基压实加固方法, 施工经验较多, 施工成本最低, 但加固效果差, 一般不能满足高等级公路与高速公路建设的要求. 强夯法加固路基也是一种传统方法, 施工方法成熟, 施工效果好, 施工成本太高, 在公路工程中它不能连续作业, 工作效率最低, 对临近及地下构造物容易造成破坏而且强夯机械的可操作性差, 不适合大面积作业.

2) 冲击压实加固路基方法是一种新型施工方法, 其压实原理可归纳为可连续的轻型强夯, 从冲击压实前后路基填土的物理力学性质看, 冲击压实试验段路基时, 其最佳的冲击压实遍数为12~20遍, 具体视不同土质而定, 此时明显有效加固深度达1.2 m. 冲击压实是一种比较适合于加固公路路基的高效压实技术, 在满足路基压实度的情况下, 工作效率高、施工成本低、适用范围广、可操作性强, 其综合经济技术指标优于其它两种技术.

其优点主要体现在以下几点: 1) 通过冲击压实, 可以解决路基不均匀压实和路床承载力不足问题; 2) 通过冲击压实, 路面弯沉明显减小而且均匀; 3) 冲击压实可使一部分工后沉降提前完成, 填土越厚、冲击次数越多, 效果越明显; 4) 通车后的实践证明, 经过冲击压实的路段, 其路面出现不均匀沉降和开裂病害的情况明显减少.

冲击压实适用范围相当广并有广泛的应用前景和潜在的经济效益. 但缺少施工经验, 至今还没有成熟的施工技术规程, 所以在具体施工时必须针对具体工程确定相应的工作参数, 才能取得满意的工程效果.

参考文献:

- [1] 钱家欢. 土力学 [M]. 南京: 河海大学出版社, 1988.
- [2] 龚晓南. 地基处理新技术 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997.
- [3] 金华, 崔武文, 杨小明, 等. 高速公路填前路基处理与沉降观测研究 [R]. 天津: 河北工业大学, 2005.
- [4] 陈仲颐, 叶书麟. 基础工程学 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [5] 高宏兴. 软土地基加固 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.