Hans Journal of Civil Engineering 土木工程, 2021, 10(10), 1072-1079
Published Online October 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/hjce
https://doi.org/10.12677/hjce.2021.1010118

Hans汉斯

超填宽度对路基大厚度压实质量影响研究

董　超[1]，王育杰[2]，张焕涛[1]，李宜欣[2]，高东兴[1]，蒋红光[2]

[1]山东高速济青中线有限公司，山东　潍坊
[2]山东大学，山东　济南

收稿日期：2021年9月23日；录用日期：2021年10月8日；发布日期：2021年10月26日

摘　要

以某高速公路粗粒土路基填筑试验路为依托，研究探索超填宽度对路基大厚度压实质量的影响。在不同超填宽度下，路基各层压实度随距路基边缘距离增加，且不同深度处的土体压实度差异逐渐减小。随着超填宽度的增加，距路基边缘相同距离测点各层的压实度无显著变化。在考虑超填宽度时，要与所用压路机的振动轮轮宽、碾压时叠碾区域宽度相匹配。以采用工作质量36 t且碾轮宽2.3 m的压路机、叠碾半轮为例，建议超填宽度不宜低于50 cm。

关键词

大厚度碾压，粗粒土，路基压实度，超填宽度，叠碾宽度

Study on the Influence of Overfill Width on the Compaction Quality of Subgrade with Large Thickness

Chao Dong[1], Yujie Wang[2], Huantao Zhang[1], Yixin Li[2], Dongxing Gao[1], Hongguang Jiang[2]

[1]Shandong Expressway Jiqing Middle Line Highway Co., Ltd., Weifang Shandong
[2]Shandong University, Jinan Shandong

Received: Sep. 23rd, 2021; accepted: Oct. 8th, 2021; published: Oct. 26th, 2021

Abstract

Relying on a test road filled with coarse-grained soil subgrade of a certain expressway, the effect

文章引用: 董超, 王育杰, 张焕涛, 李宜欣, 高东兴, 蒋红光. 超填宽度对路基大厚度压实质量影响研究[J]. 土木工程, 2021, 10(10): 1072-1079. DOI: 10.12677/hjce.2021.1010118

of overfill width on the compaction quality of subgrade with large thickness is studied and explored. Under different overfill widths, the degree of compaction of the subgrade increases with the distance from the edge of the subgrade, and the difference of the degree of soil compaction at different depths gradually decreases. With the increase of the overfill width, the degree of compaction of each layer at the same distance from the edge of the subgrade does not change significantly. When considering the overfill width, it should match the wheel width of the roller used and the width of the overlapping area during rolling. Taking a roller with a working mass of 36 t and a roller width of 2.3 m, as an example, it is recommended that the overfill width should not be less than 50 cm.

Keywords

Large Thickness Rolling, Coarse-Grained Soil, Subgrade Compaction, Overfilling Width, Width of Overlap Rolling

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

路基是公路线路的重要组成部分，当前路基填筑工程面临着工期紧张，压实效果检测复杂等问题。传统路基施工多采用 20 t~22 t 振动压路机，吨位小且激振力偏低，为保证压实质量需分层填筑压实，且松铺厚度一般不超过 30 cm，导致路基施工期长、机械费用高。

近年来路基施工相关机械设备及工艺发展迅速，卢大峰[1]、徐德峰[2]提倡大功率压实机械在路基大厚度施工中的应用，李涛[3]通过有限元分析等论证了大厚度半刚性基层施工的可行性，金书滨等[4]论证了松铺厚度为 100 cm 时利用大吨位压路机施工的可行性及质量保证，常规大厚度路基碾压成为可能，并在部分高速公路建设中得到了应用，如陈爱军[5]、杨建军[6]等分别在高速公路施工过程中论证了硬岩填石路堤和风积沙路基大厚度施工的可行性。

路基不同深度处的压实度控制效果是推广路基大厚度压实技术的关键。王文涛等[7]发现大厚度路基施工过程中，压实度变化趋势是由表层至底层不断减小。潘鹏飞[8]通过在不同深度埋设传感器，论证大厚度路基施工过程中强振压实比普通压实能够使路基填料达到较大的干密度，有效的压实深度更深，压路机强振可以显著提高 60 cm 深度内压实度，且高于 60 cm 的深度仍可有效提升。王剑英等[9]论证了黄土路基利用大吨位压路机可以使得松铺厚度 50 cm 的黄土路基达到压实度要求。袁燕等[10]通过沉降量测量证明松铺厚度 60 cm 是黏性土路基达到设计压实度的最优厚度。

在路基施工过程中，保证一定的超填宽度是为了提供一定的侧向压力，从而保证压实效果。在围压对抗变形能力影响方面，Chamberlain 等[11]通过三轴压缩试验，发现随着围压的增大，土体抗变形能力先增大后减小。徐文彬等[12]论证了低围压时，充填体极限抗压强度低，随围压增加，充填体的破坏能耗量增大。刘冬[13]通过试验证明，对于膨润土改性黄土，随着围压增大，轴向应变先减小后增大。在大厚度路基施工过程中，由于施工机械、工艺等改变，对超填宽度的要求同传统分层填筑存在差异，但鲜有人对超填宽度的匹配性进行研究。本文基于济青中线潍青段五标段的试验路，就超填宽度对路基大厚度施工的影响进行研究。

2. 试验材料与方案

2.1. 试验材料

试验所用土样取自济青中线潍青段 K58+200~K58+400，本标段全长 83.134 公里，公路设计时速 120 公里。对所取土样进行筛分试验，得到筛分曲线如图 1 所示。其中，小于 0.075 mm 的颗粒的通过率为 5.32%，小于 2 mm 的颗粒的通过率为 39.78%，根据《公路土工试验规程》(JTG 3430-2020)，该路基土为粗砂砾石(GF)。

根据《公路土工试验规程》(JTG 3430-2020)要求，在室内利用相似模比法测量土样的最大干密度。取相似模量比分别为 2、3、6 和 12 的四组土样，每组土样在烘干后，按照规范要求通过标准振动载荷压实 6 min。得到每组对应的最大干密度，如图 2 所示。将四组试验结果进行线性拟合到半对数坐标系中，当相似模量比等于 1 时对应的截距即为土样的最大干密度，其值为 2.216 g/cm^3。

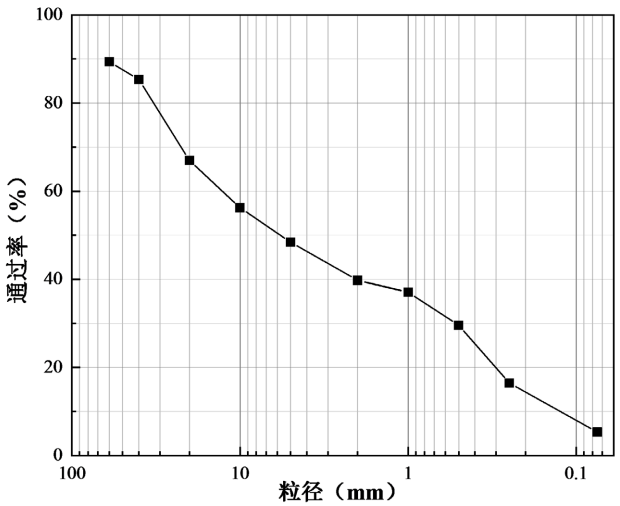

Figure 1. Particle grading curve
图 1. 颗粒级配曲线

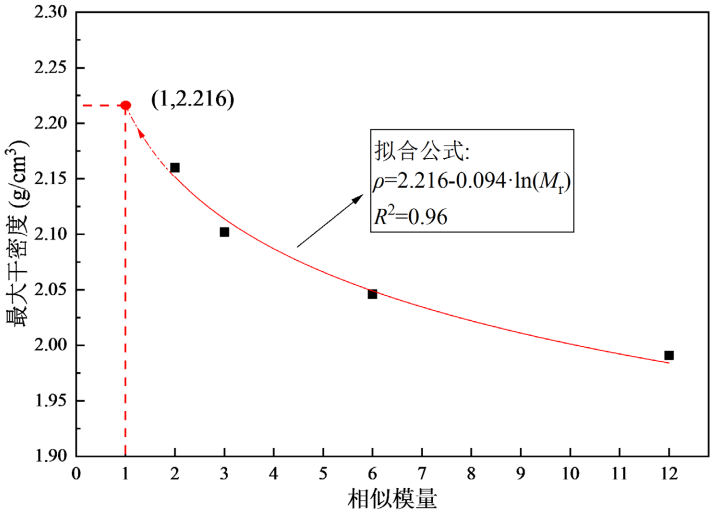

Figure 2. Maximum dry density curve
图 2. 最大干密度曲线

2.2. 试验方案

选取济青中线潍青段 K58+200~K58+400，开展试验路段大厚度路基填筑，松铺厚度为 65 cm，目标压实度 93%。在试验路段单侧沿行车方向分段设置 50 cm、75 cm、100 cm、120 cm 四种超填宽度，每段长度为 50 m，并于每段距路基边缘 40 cm、70 cm、110 cm 等处设置压实度测点，如图 3 所示。

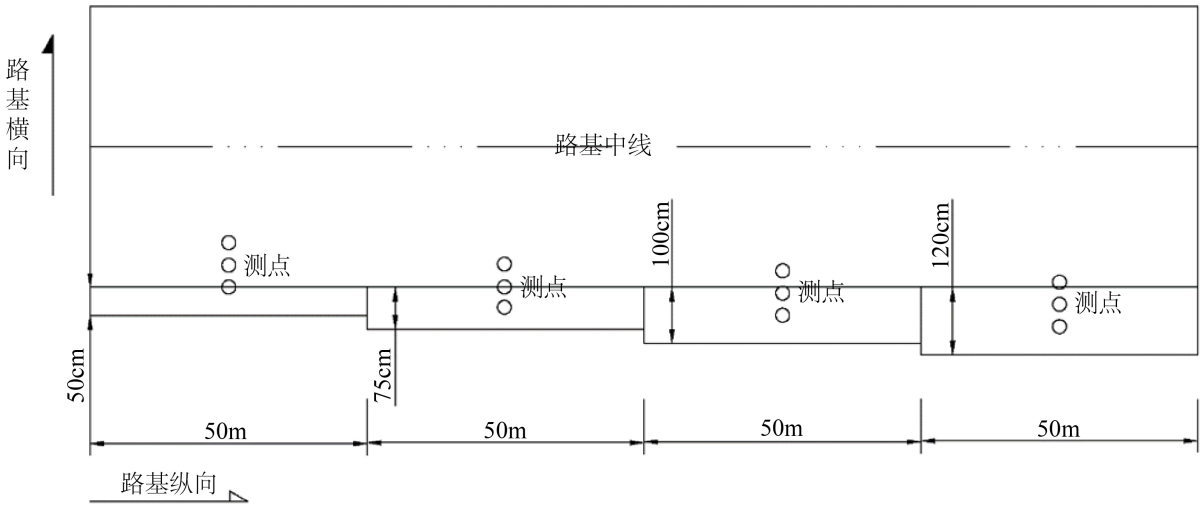

Figure 3. Test road partition and measuring point distribution
图 3. 试验路分区及测点分布

试验采用的大吨位压路机，振动轮宽 2.3 m，工作质量 36 t。采用叠碾半轮宽度的工艺，对整个试验路段进行压实。试验采用“静压－强振 2 遍－弱振 2 遍－静压”的碾压工艺，并且每次碾压过后于各测点位置采用灌砂法分层测得各点压实度，其中，最上层、中间层、最底层所对应的测点深度分别为 20 cm、35 cm、50 cm。

3. 试验结果分析

3.1. 路基边缘不同距离处的压实质量

碾压完成后，按照《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80-1-2017)关于路基压实度的检测要求，本试验路段满足设计规范下路堤压实度不低于 93%的要求。

各超填宽度下，不同深度的土体压实度沿着路基边缘不同距离的试验结果如图 4 所示。当距路基边缘为 40 cm 时，4 种不同超填宽度对应的最上层、中间层、最底层的压实度均未能满足 93%的要求，最底层、中间层、最上层压实度的平均值分别为 91.65%、91.17%、90.36%，每段及平均值均呈现出明显的自上而下压实度递增的规律，最底层和最上层压实度差值达到 1.29%。当距路基边缘距离为 70 cm 时，各层基本均满足 93%的压实度要求，其中最底层压实度平均值为 92.98%，中间层压实度平均值为 93.37%，最上层压实度平均值为 93.77%，每段及平均值均呈现出明显的自上而下压实度递减的规律，最上层和最底层的压实度差值为 0.79%。当距路基边缘的距离为 110 cm 时，各点压实度均满足 93%的要求，且基本能达到 95%，其中最底层压实度平均值为 95.83%，中间层压实度平均值为 95.95%，最上层压实度平均值为 95.62%，最大值与最小值差值仅为 0.33%。

由上述数据可见，相同超填宽度下的压实度呈现相同的变化规律，即随距路基边缘的距离增加，最上层、中间层和最下层的压实度均显著提升，且在此距离达到 70 cm 时，压实度即可满足设计及规范要

求的 93%，在此距离达到 110 cm 时，压实度可以达到 95%以上。同时，在距路基边缘的距离为 40 cm 时，4 种不同超填宽度对应的各层压实度均自上而下增加，且极差较大，其值分别达到当前压实度的 1.51%、1.46%、1.33%、1.42%。在距路基边缘的距离达到 70 cm 时，4 种情况下压实度均自上而下增加，极差分别达到当前压实度的 0.87%、0.81%、0.85%、0.87%，较之于此距离为 35 cm 时的值有显著降低。在距路基边缘的距离达到 110 cm 时，4 种情况的三层压实度未呈现明显的变化趋势，极差分别为 0.47%、0.37%、0.52%、0.20%，表明各层压实度已非常接近。可见，在相同超填宽度下，路基各层间压实度差值随路基边缘间距逐渐减小，并普遍在 90 cm 距离时趋于相同。

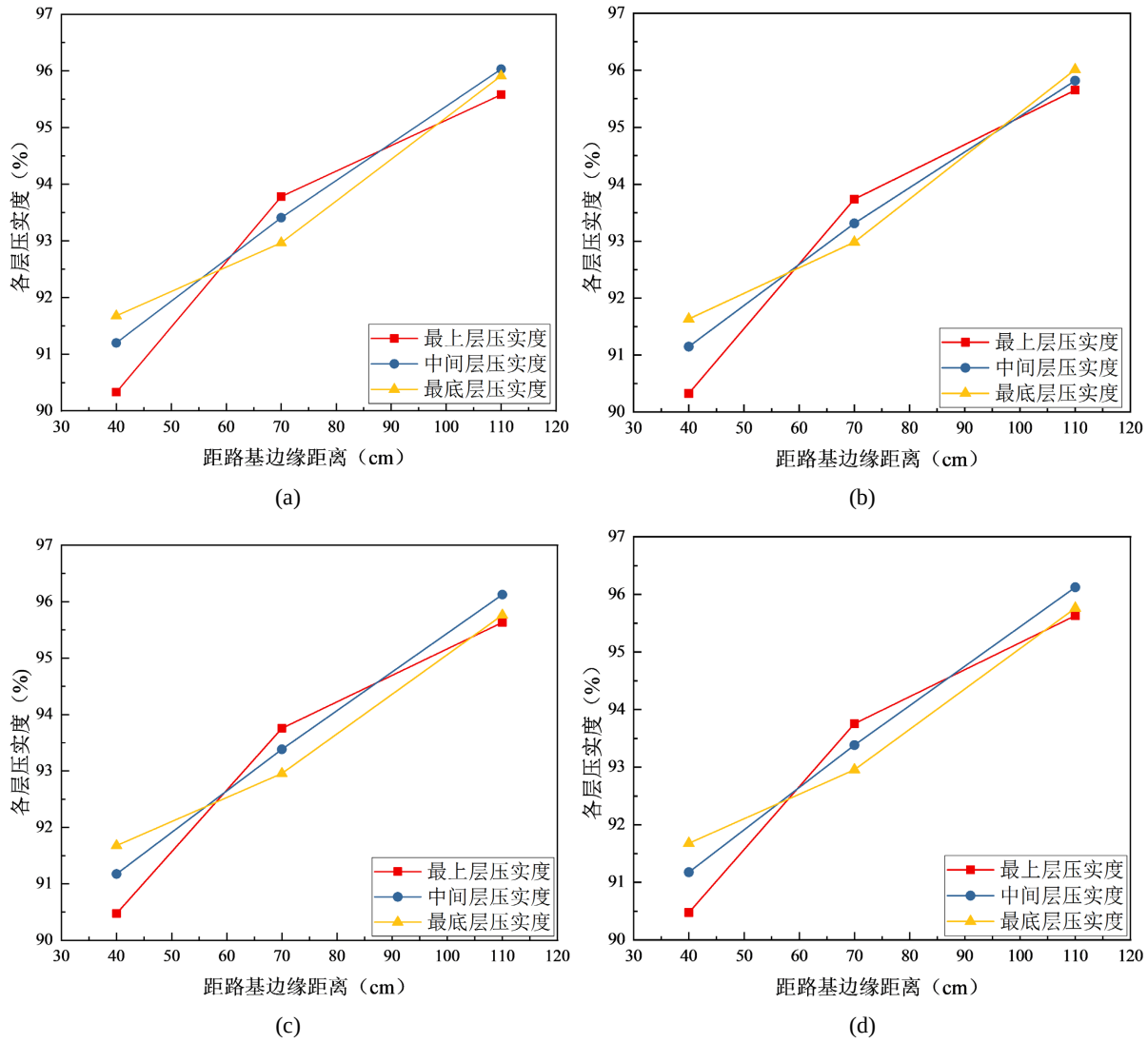

Figure 4. Test results of different overfill widths. (a) Overfill width 50 cm; (b) Overfill width 75 cm; (c) Overfill width 100 cm; (d) Overfill width 120 cm

图 4. 不同超填宽度试验结果。(a) 超填宽度 50 cm；(b) 超填宽度 75 cm；(c) 超填宽度 100 cm；(d) 超填宽度 120 cm

3.2. 超填宽度影响

在距路基边缘不同距离情况下，路基各层压实度随超填宽度变化的试验结果如图 5 所示。当距路基边缘距离为 40 cm 时，随超填宽度从 50 cm 增加至 120 cm，最上层、中间层、最底层压实度变化幅度分

别为 0.18%、0.05%、0.10%。当距路基边缘距离为 70 cm 时，最上层、中间层、最底层压实度变化幅度分别为 0.07%、0.10%、0.04%。当距路基边缘距离为 110 cm 时，最上层压实度变化幅度为 0.07%，中间层压实度变化幅度为 0.35%，最下层压实度变化幅度为 0.37%。上述数据中，除距路基边缘 110 cm 处中间层和最底层压实度变化较大，其他各点的各层压实度随超填宽度增加未呈现明显变化。可见，当距路基边缘距离固定时，超填宽度的变化对路基各层压实度无明显影响。

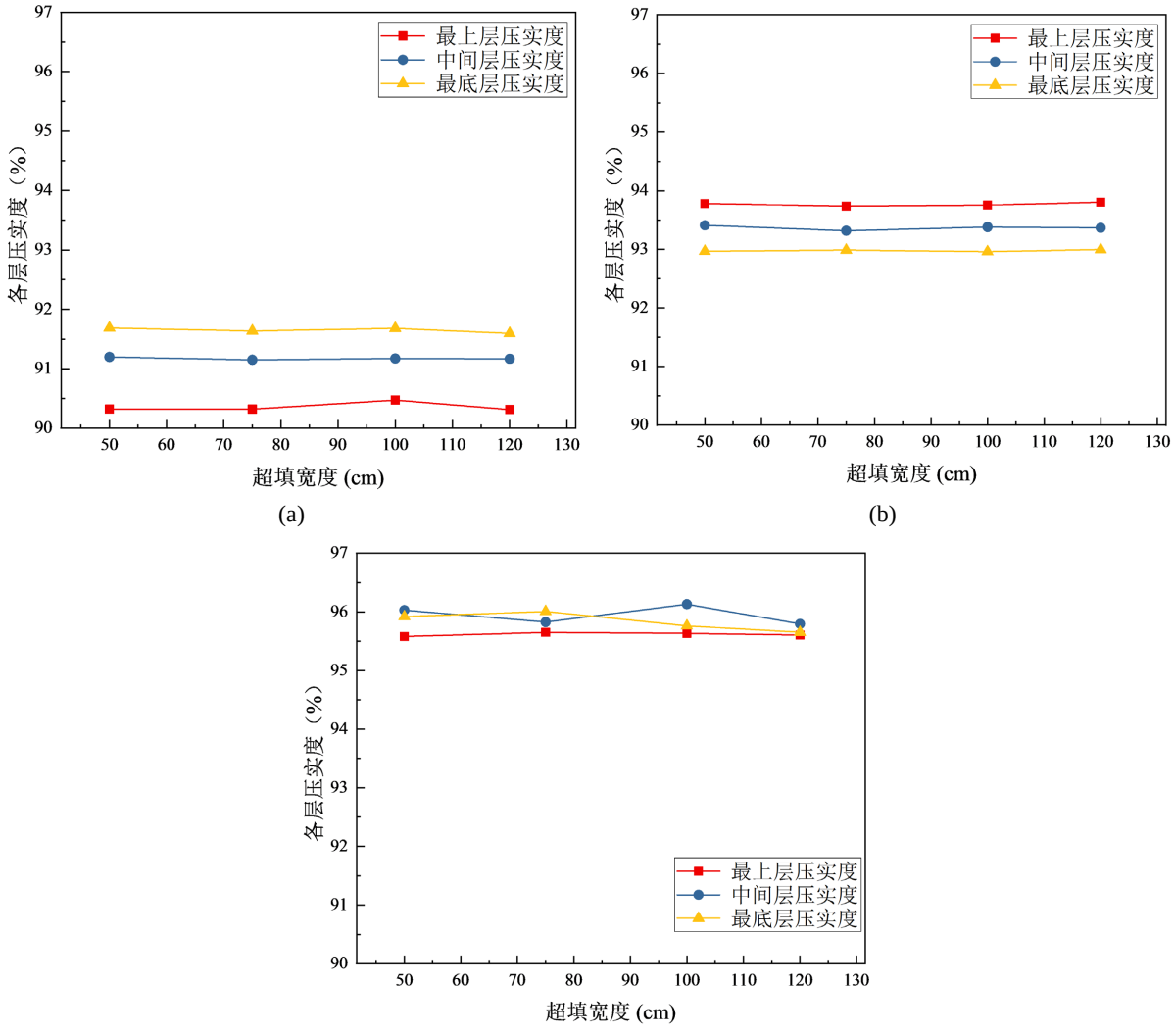

Figure 5. Test results when the distance from the edge of the subgrade is different. (a) 40 cm from the edge of the subgrade; (b) 70 cm from the edge of the subgrade; (c) 110 cm from the edge of the subgrade
图 5. 距路基边缘距离不同时试验结果。(a) 距路基边缘距离 40 cm；(b) 距路基边缘距离 70 cm；(c) 距路基边缘距离 110 cm

3.3. 叠碾宽度匹配性

在路基实际施工过程中，出于安全考虑，压路机的实际碾压边缘距离路基边缘仍有 20~30 cm 的间隔。因此，在考虑不同超填宽度的影响时，需扣除最边缘 30 cm 范围未碾压的区域。同时，由于采用叠碾半轮宽度的施工工艺，路基压实度最薄弱处为扣除 30 cm 未碾压区域后最外侧未叠碾的区域。考虑到试验

采用的压路机振动轮宽度，在每段距设计路基边缘 35 cm 处新增测点如图 6 所示，该测点位于上述未叠碾区域，此处各层压实度与超填宽度的变化关系如图 7 所示。当超填宽度由 50 cm 增加至 120 cm 时，最

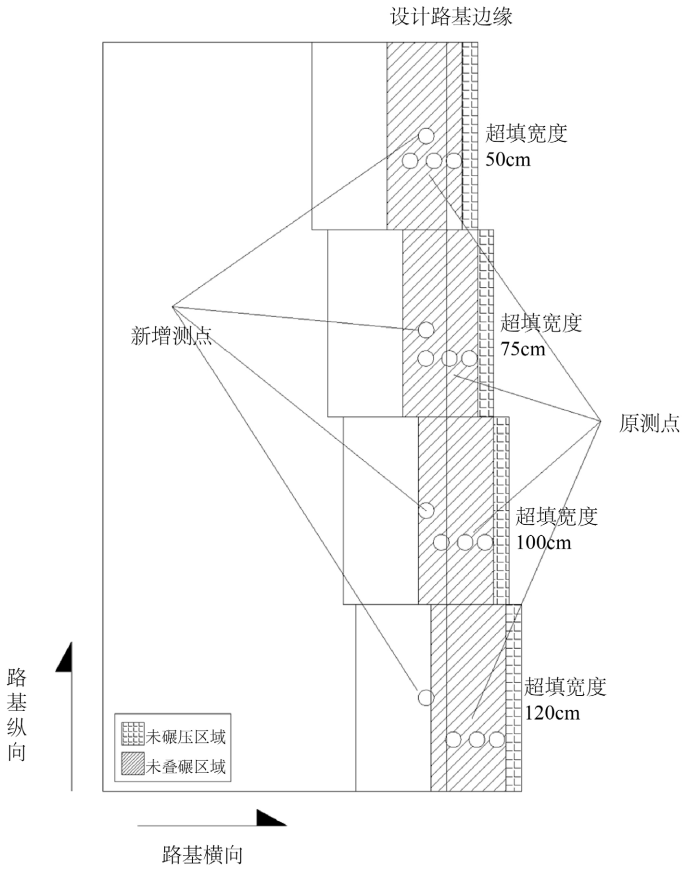

Figure 6. New measuring point location
图 6. 新增测点位置

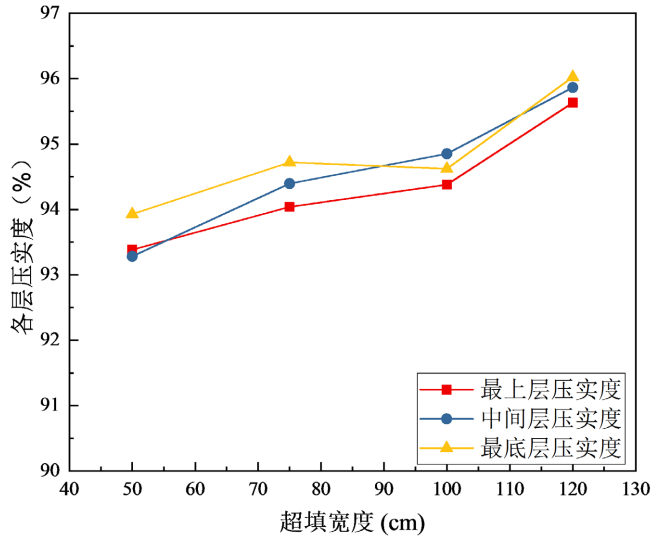

Figure 7. Newly added compaction change curve at the measuring point
图 7. 新增测点处压实度变化曲线

上层压实度由 93.39%增加至 95.63%，增幅为 2.40%；中间层压实度由 93.28%增加至 95.87%，增幅为 2.78%；最底层压实度由 93.93%增加至 96.03%，增幅为 2.34%。在不同超填宽度下，该测点各层压实度均满足规范对下路堤压实度 93%的要求，其值随超填宽度的增加而增加，且当超填宽度为 50 cm 时各层压实度略大于规范要求的 93%。因此，为保证路基边缘未叠碾区域压实度达到规范对下路堤压实度 93%的要求，在使用工作质量 36 t、振动轮宽 2.3 m 的压路机、采用叠碾半幅的施工工艺时，应保证路基的超填宽度不低于 50 cm。若不能保证此超填宽度，应采用增大叠碾宽度、更换压实机械、改变施工工艺组合等方法保证未叠碾区域的压实质量。

4. 结论

本文对路基大厚度施工时不同超填宽度对路基各层压实度的影响进行了研究分析，主要结论如下：

1) 对于粗砂砾石土，松铺厚度 65 cm 的情况下，采用“静压－强振 2 遍－弱振 2 遍－静压”的碾压工艺，下路堤能够达到《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80-1-2017)规定的 93%压实度。

2) 在超填宽度相同的条件下，随着距路基边缘距离的增加，路基各层压实度均有明显提升，且差值逐渐减少。在距路基边缘 70 cm 时，各层基本能达到规范设计值要求的 93%压实度；在距路基边缘 90 cm 时，各层的压实度可达到 95%。

3) 当改变超填宽度时，与路基边缘距离相同的各点压实度无显著变化，即改变超填宽度对固定点的压实度影响不大。

4) 在考虑超填宽度时，需要综合考虑叠碾宽度、压路机振动轮宽度、未碾压区域宽度等因素。利用工作质量 36 t、振动轮宽 2.3 m 的压路机施工时，当叠碾宽度不小于振动轮半轮宽度，未碾压区域宽度小于 30 cm 时，50 cm 的超填宽度即可保证未叠碾区域压实度满足规范要求。

参考文献

[1] 卢大峰. 大功率压实机械在路基大厚度压实中的应用[J]. 公路与汽运, 2013(5): 138-140.

[2] 徐德锋. 大厚度铺筑超大激振碾压在路基填筑中的应用[J]. 科技创新导报, 2013(10): 122.

[3] 李涛. 干线公路大厚度半刚性基层施工技术研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2018.

[4] 金书滨, 张长胜, 刘政, 乔世范. 大吨位压路机碾压大粒径填石路基的动力响应[J]. 铁道科学与工程学报, 2016, 13(9): 1743-1748.

[5] 陈爱军. 硬岩填石路堤大厚度振动压实施工技术[J]. 筑路机械与施工机械化, 2020, 37(Z1): 91-95.

[6] 杨建军, 徐晓珊. 风积沙路基全断面大厚度摊铺防离析施工技术[J]. 科技创新与生产力, 2015(4): 56-58.

[7] 王文涛, 董华均, 罗蓉, 金露, 曾伟, 冯光乐. 江汉平原填砂路堤大厚度填筑压实参数试验研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2016, 40(6): 998-1002.

[8] 潘鹏飞. 路基强振压实工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2015.

[9] 王剑英, 王选仓, 丁龙亭, 曹贵, 李彦伟. 黄土路基大吨位压实参数研究[J]. 公路交通科技, 2018, 35(12): 48-54+62.

[10] 袁燕, 吴红权, 林国仁, 阙云. 大吨位压路机下黏质土路基碾压工艺现场试验[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2020, 48(5): 639-645.

[11] Chamberlain, E., Groves, C. and Perham, R. (1972) The Mechanical Behaviour of Frozen Earth Materials under High Pressure Triaxial Test Conditions. *Géotechnique*, **22**, 469-483.

[12] 徐文彬, 宋卫东, 王东旭, 杨宝贵, 潘卫东. 三轴压缩条件下胶结充填体能量耗散特征分析[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(5): 808-814.

[13] 刘冬. 膨润土改性黄土的动力特性研究[D]: [硕士学位论文]. 宁夏: 宁夏大学, 2020.