

DCP 和长杆贯入仪在粉砂土路基检测中的应用

陶向华^{1,2}, 蔡迎春¹, 郑元勋¹, 赵永威¹

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南中原高速公路股份有限公司, 河南 郑州 450007)

摘 要: 依托郑(州)民(权)高速公路开封段粉砂土路基, 通过 DCP、长杆贯入仪、现场 CBR 三种方法的定点对比试验, 对三种方法测定的数据结果间的相关性进行了研究与分析, 最后建立了 DCP、长杆贯入仪、现场 CBR 值三者之间的相关关系。结果表明: 三者测试方法之间存在良好的相关性, 可以使用 DCP、长杆贯入仪快速检测技术对粉砂土路基进行质量控制, 为实际应用提供技术参考。

关键词: 道路工程, DCP, 长杆贯入仪, 现场 CBR

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1671-6833.2014.04.002

0 引言

路基是道路的主体建筑, 路基质量的好坏, 直接关系到道路的使用寿命及服务质量, 而科学快速的路基检测方法是保证路基施工质量的关键^[1-3]。目前国内外在黏性土路基对 DCP 与土的弹性模量(E)、加承载比(CBR)、无限抗压强度(UCS)、压实度的相关性等方面做了大量的研究工作, 但对粉砂土路基 DCP、长杆贯入仪的测试结果与土的弹性模量(E)、加承载比(CBR)、无限抗压强度(UCS)、压实度的研究相对较少。针对该现状, 有必要对现场 DCP、长杆贯入仪、现场 CBR 值之间的相关性展开研究, 以便为 DCP、长杆贯入仪快速检测技术在粉砂土路基检测中的应用与推广提供技术支持^[4-10]。笔者以郑民高速公路开封段粉砂土路基为依托工程, 进行现场 DCP、长杆贯入仪、CBR 试验, 通过对测试数据结果研究分析, 建立三者之间的关系, 以达到用 DCP、长杆贯入仪快速检测技术对粉砂土路基进行质量控制。

1 现场试验

1.1 现场试验测试方法

1.1.1 DCP 的测试方法

(1) 在现场选定试验点位后, 将 DCP 放至测点位置。一人手扶仪器手柄, 使探杆保持竖直。一人手提落锤至导向杆顶端, 然后松开, 使之成自由落体下落。

(2) 读取贯入深度。每贯入约 10 cm 读一次数, 记录锤击数和贯入量, mm。

(3) 连续锤击、测量。直到需要的结构层厚度, 取出贯入杆, 完成一个点位的贯入测试。

1.1.2 长杆贯入仪的测试方法

(1) 在现场选定试验点位后, 组装长杆贯入仪各组件, 拧紧螺栓。

(2) 将贯入锥头连接到安装好的长杆贯入仪的贯入杆上, 将锥头对准要检测的土表面, 锥头底面与土基顶面相平, 同时确保贯入杆竖直, 此时先测量下圆盘至土基顶面之间的高度并记录。

(3) 一人握住长杆贯入仪上部手柄, 另一人提起击锤到导杆顶端, 随后松手放下重锤, 使其自由落下击打下部的击锤垫, 每当贯入杆入土 10 cm 时, 由第三个人记录锤击的次数。

(4) 重复步骤 3, 只至贯入锥到达要求的贯入深度后, 取出贯入杆, 完成一个点位的贯入测试。

1.1.3 现场 CBR 的测试方法

(1) 将测点位置找平, 用毛刷刷净浮土。安装测试设备。在贯入杆位置安放 4 块 1.25 kg 的分开成半圆的承载版。

(2) 为了与室内 CBR 一致, 试验贯入前, 先在贯入杆上施加 45 N 荷载调零后再测试。

(3) 启动千斤顶, 使贯入杆以 1 mm/min 的速度压入土基, 相应于贯入量为 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 4.0 mm, 5.0 mm, 6.5 mm 时, 分别记录测力计读数。

(4) 卸除荷载, 移去测定装置。

收稿日期: 2014-01-30; 修订日期: 2014-04-19

基金项目: 交通运输部科技攻关资助项目(2010D112)

作者简介: 陶向华(1976-), 女, 湖南安化人, 高级工程师, 博士, 从事路面工程研究, E-mail: yxzheng@zzu.edu.cn.

1.1.4 平行试验点位布置

根据施工现场情况,在进行路基现场试验时,在郑民高速公路 k35 + 100—k37 + 50 路基的试验段内每 50 m 选一试验点,开展 DCP、CBR、长杆贯入仪平行试验. 试验点位置要便于开展现场检测工作,填土应具有较好的均匀性,为准确建立 DCP、CBR、长杆贯入仪之间的关系提供有力保证. 为了建立 DCP、CBR、长杆贯入仪之间的关系,需要在每个试验点处开展 DCP、CBR、长杆贯入仪平行试验. 由于 DCP 和长杆贯入仪均属于破坏性试验,会扰动压实后的土基,为了不影响 CBR 检测数据的真实性,因此上述平行试验不能在同一

位置进行,并且在每个试验点处首先进行现场 CBR 试验,然后分别在 CBR 试验点位置左右两侧约 50 cm 处进行 DCP 和长杆贯入试验.

2 试验数据分析

2.1 现场测试数据整理

在实验进行中应严格按照相关操作规程进行,以最大可能的避免随机误差出现以至影响到实验结果的准确性. 本次试验对郑民高速公路开封段粉砂土路基进行了大量点的 DCP、长杆贯入仪、现场 CBR 测试,实验数据整理如表 1 所示.

表 1 试验公路路基土 DCP、长杆贯入仪、现场 CBR 数据表
Tab. 1 The field test values of DCP, penetration test apparatus, CBR

桩号	DCP				长杆贯入		现场 CBR	
	层厚 100 mm		层厚 200 mm		层厚 100 mm	层厚 200 mm	CBR/%	lg(CBR)
	贯入度 D_d	$\lg(D_d)$	贯入度 D_d	$\lg(D_d)$	贯入度 D_d	贯入度 D_d		
k35 + 340	40.00	1.602	22.22	1.347	16.67	7.14	8.45	0.927
k36 + 800	33.33	1.523	19.05	1.280	15.38	7.41	10.58	1.024
k35 + 100	100.00	2.000	44.44	1.648	25.00	11.43	5.12	0.709
k36 + 573	100.00	2.000	36.36	1.561	20.00	10.00	5.95	0.775
k36 + 850	33.33	1.523	26.67	1.426	12.50	8.70	10.18	1.008
k37 + 000	50.00	1.699	25.00	1.398	15.38	8.51	12.31	1.090
k37 + 050	50.00	1.699	25.00	1.398	16.67	9.52	10.05	1.002
k35 + 175	100.00	2.000	40.00	1.602	28.57	12.50	6.03	0.780
k35 + 200	100.00	2.000	40.00	1.602	22.22	11.43	6.55	0.816
k35 + 250	66.67	1.824	40.00	1.602	25.00	12.50	5.99	0.777
k35 + 300	50.00	1.699	28.57	1.456	16.67	9.30	8.59	0.934
k35 + 400	66.67	1.824	36.36	1.561	28.57	13.33	6.70	0.826
k35 + 425	40.00	1.602	30.77	1.488	16.67	10.26	8.57	0.933
k35 + 100	100.00	2.000	36.36	1.561	28.57	14.29	5.05	0.703
k35 + 400	50.00	1.699	33.33	1.523	16.67	9.09	7.57	0.879
k35 + 550	66.67	1.824	36.36	1.561	16.67	10.53	6.49	0.812
k35 + 600	50.00	1.699	36.36	1.561	13.33	8.51	7.62	0.882
k35 + 650	40.00	1.602	36.36	1.561	20.00	10.81	6.19	0.792
k35 + 700	66.67	1.824	40.00	1.602	28.57	12.12	7.52	0.876
k35 + 750	100.00	2.000	44.44	1.648	28.57	14.29	5.67	0.754
k35 + 800	100.00	2.000	44.44	1.648	25.00	12.90	5.78	0.762
k35 + 900	100.00	2.000	36.36	1.561	22.22	11.76	6.52	0.814
k35 + 950	50.00	1.699	33.33	1.523	20.00	10.53	7.12	0.852
k36 + 000	50.00	1.699	33.33	1.523	18.18	9.30	5.34	0.728
k36 + 600	100.00	2.000	80.00	1.903	50.00	23.53	2.94	0.468
k36 + 600	50.00	1.699	40.00	1.602	20.00	11.43	6.19	0.792
k36 + 750	100.00	2.000	50.00	1.699	33.33	14.29	4.33	0.636
k36 + 850	100.00	2.000	50.00	1.699	28.57	13.33	5.56	0.745
k36 + 900	100.00	2.000	50.00	1.699	25.00	12.90	4.12	0.615
k36 + 950	50.00	1.699	36.36	1.561	18.18	10.26	6.26	0.797
k37 + 025	100.00	2.000	50.00	1.699	25.00	13.33	4.64	0.667
k37 + 050	100.00	2.000	66.67	1.824	40.00	18.18	3.53	0.548

2.2 路基土层厚的 DCP、长杆贯入仪、现场 CBR 值关系

根据上表不同测试方法的实测结果,绘制了

路基土层厚 10 mm 和 20 mm 的 DCP-现场 CBR 值、长杆贯入-现场 CBR 值、DCP-长杆贯入的关系曲线如图 1 ~ 6 所示,通过线性回归分析,对

DCP、长杆贯入、现场 CBR 值三者之间的相关性进行了研究。

(1)通过回归分析,从图 1~3 可以发现试验路段粉砂土路基结构层厚度 10 mm 范围内 DCP-现场 CBR 值呈正相关关系,长杆贯入-现场 CBR 值、DCP-长杆贯入呈乘幂关系 $y = ax^b$ 。DCP、长杆

贯入、现场 CBR 值三者间相关系数略低,在 0.5~0.7 之间,其中长杆贯入 D_a -现场 CBR 值相关系数略高为 0.679,这是由于被贯入土层的表面一般对贯入精度有影响且在表层深度约 30 mm 以上处探杆不易稳定。

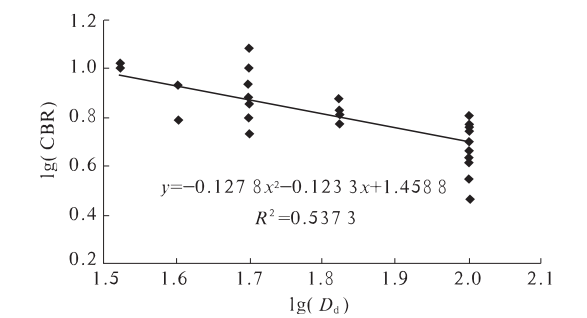


图 1 路基土层厚 10 mm $\log(\text{CBR})-\log(D_a)$
Fig.1 $\log(\text{CBR})-\log(D_a)$ (subgradesoil thickness is 10 mm)

(2)从图 4~6 可以看出试验路段粉砂土路基结构层厚度 200 mm 范围内 DCP-现场 CBR 值存在良好的线性关系 $y = a - bx$,长杆贯入-现场 CBR 值、DCP-长杆贯入呈良好的乘幂关系 $y = ax^b$ 。DCP、长杆贯入、现场 CBR 值三者之间呈良好的相关关系,相关系数均在 0.7 之上,特别是 DCP-现场 CBR 值、DCP-长杆贯入之间的相关系数绝对值均超过 0.8。

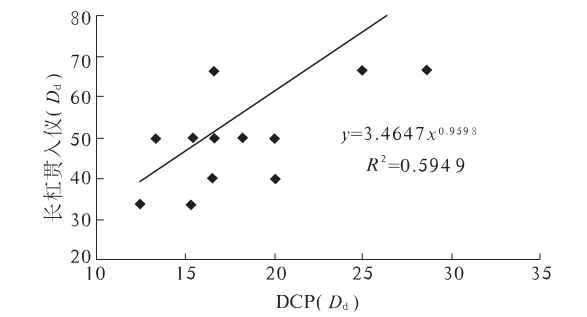


图 3 路基土层厚 100 mmDCP(D_a)-长杆贯入(D_a)
Fig.3 DCP(D_a)-(D_a) (subgrade soil thickness is 10 cm)

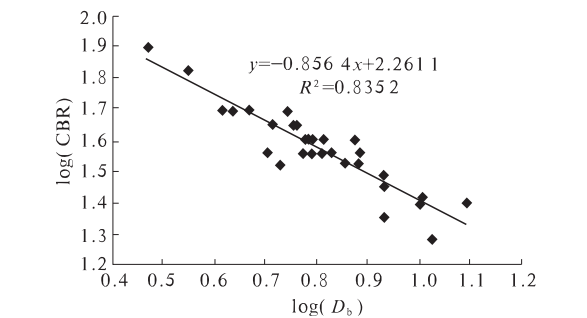


图 4 路基土层厚 200 mm $\log(\text{CBR})-\log(D_a)$
Fig.4 CBR- D_a (subgrade soil thickness is 20 cm)

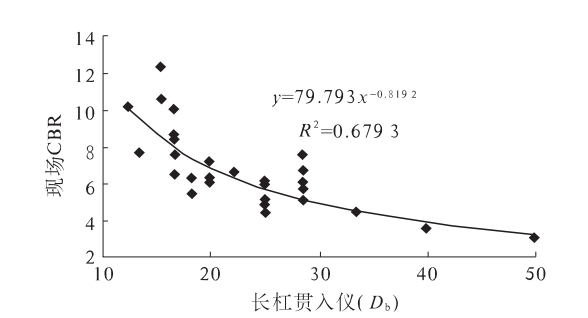


图 2 路基土层厚 10 mm 长杆贯入 D_a -现场 CBR 值
Fig.2 CBR- D_a (subgrade soil thickness is 10 mm)

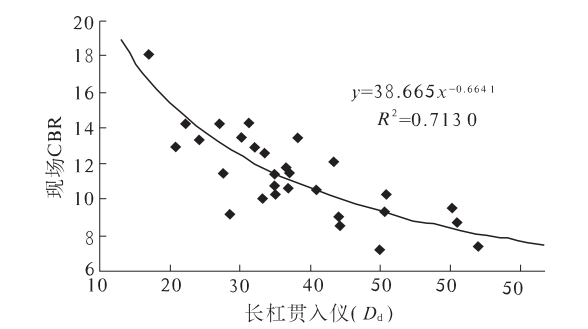


图 5 路基土层厚 200 mm 长杆贯入 D_a -现场 CBR 值
Fig.5 D_a -CBR (subgrade soil thickness is 20 cm)

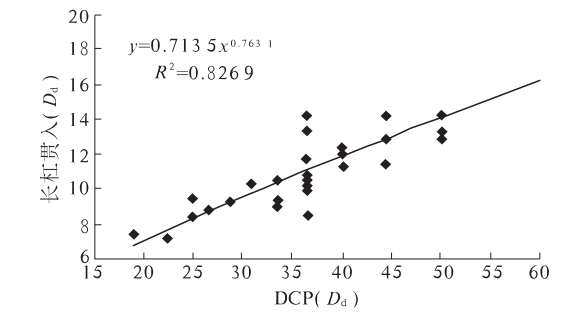


图 6 路基土层厚 200 mmDCP(D_a)-长杆贯入(D_a)
Fig.6 DCP(D_a)-(D_a) (subgrade soil thickness is 20 cm)

(3)结合结构层厚度 100 mm 范围内数据分析,说明 DCP、长杆贯入、现场 CBR 值三者之间相关性良好,DCP 和长杆贯入仪可以反映粉砂土路基的设计指标及施工指标,故采用 DCP 和长杆贯入仪快速检测技术对粉砂土路基进行质量控制是可行的。

3 结论

(1) 基于试验路段粉砂土路基的测试数据, 现场 DCP、长杆贯入仪、CBR 测试数据之间存在一定相关性, 相对于 100 mm 厚结构层厚度测试数据间的相关性, 200 mm 厚结构层厚度路基的测试数据相关性较好, 相关系数均在 0.7 之上, 特别是 DCP-现场 CBR 值、DCP-长杆贯入之间的相关系数绝对值均超过 0.8.

(2) 试验结果表明, 现场 DCP、长杆贯入仪、CBR 测试数据之间存在一定相关性, 因此可以将 DCP、长杆贯入仪应用于粉砂土路基质量检测中, 为粉砂土路基质量检测提供一种快速检测方法, 以保证粉砂土路基的施工质量.

参考文献:

[1] 交通部公路科学研究院. JTJ E60—2008 公路路基路面现场测试规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

[2] 周宪华. 公路路基[M]. 北京: 人民交通出版社, 1987.

[3] 邓学钧. 路基路面工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

[4] 徐平, 王复明, 陈忠平. DCP 在高速公路路基压实质量评价中的应用[J]. 路基工程, 2008(4): 10 - 12.

[5] 查旭东, 杨博, 王彬, 等. 应用动态圆锥贯入仪快速检测土基压实性能[J]. 交通科学与工程, 2010(1): 14 - 18.

[6] 交通部公路科学研究院. JTG E40—2007 公路土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.

[7] 申爱琴, 郑南翔, 苏毅, 等. 含砂低液限粉土填筑路基压实机理及施工技术研究[J]. 中国公路学报, 2000, 13(4): 12 - 15.

[8] 陶向华. 长杆贯入仪检测路基压实度应用研究[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2011(3): 43 - 46.

[9] 赵永威. 公路跑道粉砂土路基路用性能试验研究[D]. 郑州: 郑州大学土木工程学院, 2012.

[10] 朱志铎, 郝建新, 黄立平. CBR 试验影响因素及在工程中应注意的几个问题[J]. 岩土力学, 2006, 27(9): 1593 - 1600.

Application of DCP and Long Rod Penetration Instrument in Silty Sand Roadbed Test

TAO Xiang-hua^{1,2}, CAI Ying-chun¹, ZHENG Yuan-xun¹, ZHAO Yong-wei¹

(1. School of Water Resources and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Zhongyuan Highway Co Ltd, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: Based on silty sand roadbed of Zhengmin(From Zhengzhou to Minquan) Expressway Kaifeng section, the DCP, long rod penetrometer and field CBR point comparison test was performed and on three kinds of measured data correlation is studied. Finally, the relationships among DCP, long road penetration instrument, field CBR values was established. The results show that good correlation exists between the three test methods, and use the DCP, a long rod penetration instrument technology for rapid detection of silty sand roadbed quality control is feasible method, and also can be useful reference for practical use.

Key words: road engineering; DCP; long rod penetration instrument; field CBR