

文章编号: 1000-7598-(2006) 09-1593-04

CBR 试验影响因素及在工程中应注意的几个问题

朱志铎¹, 郝建新¹, 黄立平²

(1.东南大学交通学院, 南京 210096; 2.江苏省工程勘测研究院, 扬州 225002)

摘 要: CBR 试验是路基路面设计的重要组成部分, 结合实际工程对 CBR 试验的影响因素进行了研究, 并对 CBR 试验在工程应用中的问题进行了探讨, 其研究结论可供实际应用时参考。

关 键 词: CBR 试验; 影响因素; 工程应用

中图分类号: U 416.03

文献标识码: A

Influential factors in CBR test and several problems to be noticed in engineering

ZHU Zhi-duo¹, HAO Jian-xin¹, HUANG Li-ping²

(1.College of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China; 2.Jiangsu Provincial Engineering Investigation Institute, Yangzhou 225002, China)

Abstract: CBR test is important compositive portion in design of pavement. The influential factors in CBR test are studied by combining with practical engineering; and sevrsal problems about CBR test regulations are discussed. The conclusion can provide reference in engineering practice.

Key words: CBR test ; influential factor ; engineering application

1 概 述

CBR 试验由美国加州公路局首先提出, 其试验指标用于评定路基土和路面材料的强度。国外多采用 CBR 作为路面材料和路基土的设计参数, 而我国现行沥青混凝土路面设计规范, 对路面、路基的设计参数虽采用回弹模量指标^[1], 但 CBR 指标及 CBR 试验已被列入《公路路基设计规范》(JTG D30-2004)、《公路土工试验规程》(JTJ051-93)中, 成为路基填料选择的依据^[2, 3]。CBR 试验一般采用贯入量为 2.5 mm 时的单位压力与标准压力之比作为材料的承载比 (CBR), 即:

$$\text{CBR} = p \times 100 / 7\,000 \quad (1)$$

同时计算贯入量为 5 mm 时承载比:

$$\text{CBR} = p \times 100 / 10\,500 \quad (2)$$

式中 CBR 为承载比(%); p 为单位压力(kPa)。如果贯入量为 5 mm 时的承载比大于 2.5 mm 的承载

比, 则要求试验重做, 如结果仍然如此, 则采用 5 mm 时的承载比。

目前对于承载比试验的影响因素的研究比较少, 因此分析 CBR 试验影响因素有助于用 CBR 值作为强度指标来指导工程设计和工程施工。

2 CBR 试验影响因素

CBR 试验主要是用于评估黏性材料的潜在强度, 试验的对象主要是黏性材料, 水浸泡是试验的基本条件。压实度不同将会影响 CBR 值, 同时还需要对材料的粒径进行限制^[4]。下面结合具体的工程试验, 分析有关因素对 CBR 试验结果的影响。

2.1 不同土质对 CBR 值的影响

《公路土工试验规程》(JTJ051-93)规定: 本试验只适用于在规定的试筒内制件后, 对各种土和路面基层、底基层材料进行承载比试验。

据宁淮高速公路所提供的数据证明, 采用不同土质时, CBR 的值变化如表 1。

表 1 土的物理力学指标统计表
Table 1 Statistics of physico-mechanical indexes of soils

土质	最大粒径 / mm	液限 W_L / %	塑限 W_P / %	最佳含 水率 / %	最大干密 度 / $g \cdot cm^{-3}$	膨胀量 / %	CBR 值 / %
表土	<5	47.8	22.0	17.3	1.75	25.1	5.2
粉土	7	28.2	19.4	12.3	1.82	0.9	42.0
山皮土	10	30.8	18.6	7.5	2.27	0.07	53.6

由表 1 可以看出：山皮土只含有少量黑黏土，大部分为风化块石，因此基本没有内聚力，其抗剪强度主要由内摩擦角组成，这种内摩擦角包括颗粒间相对滑动、滚动和嵌接形成的阻力^[5]，而这些阻力主要与颗粒的粒度、强度、形状有关，因此山皮土的抗剪强度主要取决于土壤的成分、外形尺寸和粗糙度，与其含水量关系不大。表土主要由淤泥质亚黏土组成，其抗剪强度主要是内聚力承担，而内聚力取决于土壤的黏性和渗透性，使得试验与含水量有了密切的关系。而粉土的粒径和黏性介于表土和山皮土之间，其抗剪强度的组成及 CBR 值也在两者之间。由上述分析可见 CBR 值与土质的黏性成反比，一般的土的黏性越大则 CBR 值越小。

2.2 土料粒径对 CBR 值的影响

根据宁淮高速公路 CBR 试验数据表 2，

表 2 CBR 试验数据表
Table 2 CBR test data

土质	最大粒径 / mm	CBR 值 / %
表土	2	2.9
	5	3.6
粉土	4	36.5
	7	45.8
山皮土	6	46.2
	10	52.8

由上表可知土颗粒的最大粒径对 CBR 值有较大影响。不同土料其最大粒径是不同的，粒径越大则浸水对其影响越小，即对浸水越不敏感，相应的浸水 CBR 值下降就越小。同一类土最大粒径越大，则 CBR 值也越大。因此在 D193-93《CBR 标准试验方法》中规定：该试验方法适用于最大粒径小于 19 mm 的材料；当材料最大粒径大于 19 mm 时需要对材料等级进行修正^[6]。

2.3 试验条件对 CBR 值的影响

《公路土工试验规程》(JTJ051-93) 规定^[7]：试验应使用风干试料（必要时在 50℃烘箱内烘干）捣碎，但是不要让土或粒料的单个颗粒破碎，过 5 mm 的筛孔；土样按土质进行不同时间浸润；按 3 层或

5 层法击实；试件需浸水 96 h；加荷控制速度在 1~1.25 mm/min。下面主要就击实次数和浸水对 CBR 值的影响进行研究分析。

(1) 击实次数对 CBR 值的影响

不同的击实次数对应不同的压实度，因此 CBR 值可从侧面反映路基按规定的压实度成型后的施工不均匀沉降情况。通过表 3 中的数据分析可知：

①当击实 98 次时，同一土样的 CBR 值的变异系数比较小，也就是土样的承载能力较均匀，在受到局部荷载压入时其变形差异较小。在击实 50 和 30 次的情况下，同一土样的 CBR 值的变异系数明显增大，反映了土样在受局部荷载时不均匀沉降差较大。

②同一土样在击实次数不同时，浸水与不浸水的 CBR 值的变化程度也有差异。击实 50 和 30 次的 CBR 值相对下降值明显大于 98 次的相对下降值。其主要原因是随着击实次数的增加，土的密实度越大，随之表现出的强度越大，CBR 值也呈现增大趋势。不同土的 CBR 下降相对值与击实次数关系如图 1 所示。可见黏性成分越大的土随击实次数的减少，CBR 相对下降值越大。

表 3 CBR 试验数据表
Table 3 CBR test data

土质	试验指标	击实次数及浸水条件					
		98		50		30	
		不浸水	浸水	不浸水	浸水	不浸水	浸水
碎石	CBR 值 / %	103.8	91.6	99.5	84.0	91.4	73.1
	变异系数 c_v / %	6.1	5.8	6.3	9.9	12.5	13.8
	浸水后下降 相对值 / %	11.8		15.6		20.0	
山皮土	CBR 值 / %	66.0	47.1	58.2	35.9	47.3	21.9
	变异系数 c_v / %	4.3	6.9	7.0	10.6	10.7	16.2
	浸水后下降 相对值 / %	28.6		38.3		53.7	
表土	CBR 值 / %	5.2	3.6	4.3	2.3	3.4	0.9
	变异系数 c_v / %	5.6	6.6	6.6	6.8	13.2	12.5
	浸水后下降 相对值 / %	31.6		46.5		73.5	

(2) 浸水对 CBR 值的影响

为了寻找路基在长期泡水时土体结构不发生明显破坏的技术依据，表征材料的浸水特性，在 CBR 试验中规定浸水 96 h。当浸水后的试件发生剪切移动时，并不是土体颗粒之间发生摩擦作用，而是通过颗粒周围的水层相互摩擦。由于水层具有润滑作用，因此水层越厚摩擦力就越小，也就是说吸

水量越多其摩擦力就越小。因此以黏性土为主的土壤浸水对 CBR 值有很大影响。通过浸水得到的材料的这种特性对于地下水丰富或多雨地区的路基水稳性具有重要的指导作用^[8]。

由表 1、表 3 中数据分析可知:土质不同,膨胀量也不同,膨胀量越小的土质,其 CBR 值越大;土质不同,浸水后 CBR 值的降低程度也有差异,随着土中黏性成分的增多,降低的相对值会越大。由此可推知浸水试验对砂石、集料的 CBR 值的影响不大,也就更进一步明确了 CBR 试验的适用对象。

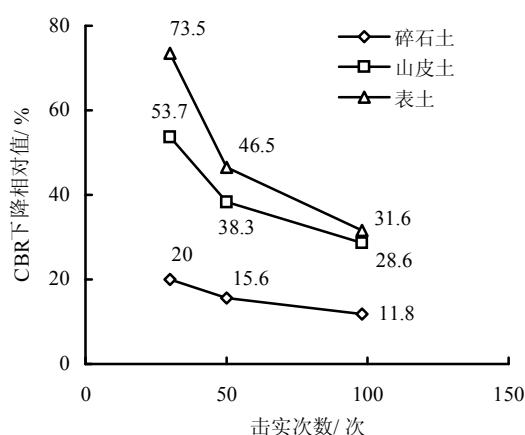


图 1 CBR 下降相对值与击实次数关系

Fig.1 Relation of descendant value and strike times

4 CBR 试验在工程应用中应注意的几个问题

根据现行的 CBR 试验规程,在工程应用中有以下几个问题值得探讨。

(1) 考虑到施工实际情况, CBR 试验结果应采用修正的 CBR 值,即取 95 %最大干密度所对应的 CBR 值为修正的 CBR 值。

(2) 在实际工程中处于不同部位的路基土其受地下水、降水的影响是不同的,一般下层填土的影响大于上层填土。而在《公路路基施工技术规范》(JTJ033-95)中规定的 CBR 值却是以填土的高度来划分的,没有考虑水对不同部位的影响,填土越高,要求的 CBR 值就越大,所以以路堤高度来确定 CBR 允许值并不十分合理。

(3) 在干燥地区和南方多雨地区,路基土所受状态是不同的,当路基土的实际工作条件和试件浸水 96 h 的状态有明显不同时,应根据所在地区的水文特性和路面承受荷载的实际情况来确定浸水时间和 CBR 的允许值。

(4) 在《公路土工试验规程》(JTJ051-93)、《公路路基路面现场测试规程》(JTJ059-95)中对土料最大粒径分别规定:“试样最大粒径宜控制在 25 mm 以内,最大不超过 38 mm”;“试样的最大集料粒径宜小于 25 mm,最大不超过 40 mm”。这与 D193-93《CBR 标准试验方法》的规定是不同的^[9]。根据本文的分析,其得到的 CBR 值肯定也有所差异。同时由于现场条件下测定 CBR 值时含水量、压实度和室内条件不同,应通过试验寻找二者之间的关系,再用于路基施工强度检测或评定。

5 结 语

根据以上研究分析可知,可以得到以下认识:

(1) CBR 值与土质的黏性成反比,黏性越大 CBR 值越小;粒径越大则浸水对其影响越小,即对浸水越不敏感。

(2) 随击实次数的增加, CBR 值呈增大趋势,黏性成分越大的土随击实次数的减少 CBR 相对下降值越大。浸水条件对黏性土的 CBR 值影响较大,而对砂石、集料的 CBR 值的影响不大。

(3) 在工程应用中 CBR 试验应考虑地下水、气候条件对处于不同部位路基土的影响,同时 CBR 试验结果应采用修正的 CBR 值。

参 考 文 献

- [1] 夏江, 严平, 庄一舟, 等. 基于遗传算法的软土地基沉降预测[J]. 岩土力学, 2004, 25(7): 1 131—1 134.
XIA Jiang, YAN Ping, ZHUANG Yi-zhou, et al. Prediction of soft soil foundations settlements based on genetic algorithm[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2004, 25(7): 1 131—1 134.
- [2] 柴贺军, 陈谦应, 孔祥臣, 等. 土石混填路基修筑技术研究综述[J]. 岩土力学, 2004, 25(6): 1 005—1 010.
CHAI He-jun, CHEN Qian-ying, KONG Xiang-chen, et al. Overview of soil-stone high embankment construction study[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2004, 25(6): 1 005—1 010.
- [3] 杨涛, 李国维, 杨伟清. 基于双曲线法的分级填筑路堤沉降预测[J]. 岩土力学, 2004, 25(10): 1 551—1 554.
YANG Tao, LI Guo-wei, YANG Wei-qing. Settlement prediction of stage constructed embankment on soft ground based on the hyperbolic method[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2004, 25(10): 1 551—1 554.

- [4] 刘观仕, 孔令伟, 陈善雄, 等. 襄荆高速公路软弱地基高路堤填筑控制试验研究[J]. 岩土力学, 2004, 25(s2): 496—500.
- LIU Guan-shi, KONG Ling-wei, CHEN Shan-xiong, et al. Experimental study on control of high embankment construction on soft foundation in Xiang-Jing Expressway[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2004, 25(s2): 496—500.
- [5] 钱玉林, 卜龙章, 胡顺洋, 等. 石灰稳定膨胀土的效用及其施工质量控制[J]. 岩土力学, 2002, 23(3): 325—328.
- QIAN Yu-lin, BO Long-zhang, HU Shun-yang, et al. Effectiveness of stabilized expansive lime soil and construction quality control[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2002, 23(3): 325—328.
- [6] JTG D30-2004, 公路路基设计规范[S].
- [7] JTJ051-93, 公路土工试验规程[S].
- [8] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [9] 陈柏年, 朱凤艳, 韩勤. CBR 试验内在机理研究及影响因素的分析[J]. 标准化工作, 2001. (1): 28—30.
- CHEN Bo-nian, ZHU Feng-yan, HAN Qin. Study on mechanism and influencing factor in CBR test[J]. **Communications Standardization**, 2001. (1): 28—30.