

文章编号:1671-8879(2007)01-0015-04

## 山渣料路用性能试验

王东耀<sup>1,2</sup>, 刘丽萍<sup>3</sup>, 叶万军<sup>1,4</sup>

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;  
2. 陕西省高速公路建设集团公司, 陕西 西安 710003; 3. 西安工业大学 建筑工程系,  
陕西 西安 710032; 4. 西安科技大学 地质与环境工程系, 陕西 西安 710054)

**摘 要:**针对山渣料岩性、颗粒组成、含水量等的变异性,为了系统研究其路用性能,按照不同级配、不同粗粒料质量含量制样进行了击实、室内承载比(CBR)、膨胀量、浸水破碎及回弹模量等试验研究。结果表明:当粗粒料质量含量超过 50%时,山渣料的最大干密度增加量很小;山渣料的 CBR 值比一般土基的 CBR 值大得多,且在粗粒料质量含量为 0 的条件下,CBR 值仍可满足现行规范的要求;山渣料不属于膨胀土材料,其水稳性较好;随粗粒料质量含量的增加,山渣料的回弹模量值增加。

**关键词:**道路工程; 山渣料; 路用性能; 粗粒料质量含量; 试验

**中图分类号:**U414.1 **文献标志码:**A

## Road performance experiment of rock slag mixture

WANG Dong-yao<sup>1,2</sup>, LIU Li-ping<sup>3</sup>, YE Wan-jun<sup>1,4</sup>

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Expressway Construction Group Company, Xi'an 710003, Shaanxi, China;  
3. Department of Civil Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, Shaanxi, China; 4. Department of Geology and Environment Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** Based on the variability of rock property, material gradation and water content of rock slag mixture, several tests are carried out to study compaction, indoor bearing-ratio (CBR), expansion, crash in water and rebound modulus of rock slag mixture with different gradations and coarse material content. The results show that when coarse material content exceeds 50%, the biggest dry density almost remains the same; the value of CBR of rock slag mixture is much more than those of common soil, and even if coarse material content is 0, the value of CBR still can meet the demands of specification; rock slag mixture is not expansive material, and it has high water stability; with coarse material content becoming more, the value of rebound modulus of rock slag mixture increases. 3 tabs, 5 figs, 11 refs.

**Key words:** road engineering; rock slag mixture; road performance; coarse material content; test

## 0 引 言

随着中国公路里程向山区延伸,会遇到大量由

路堑和隧道弃渣形成的山渣料填筑路堤的情况。这种山渣料具有一定程度的风化性,在含水量较小的情况下,强度较高;浸水后,强度明显降低,大颗粒容

易破碎成小颗粒。不仅如此,由于山区路基高填方与深挖方往往同时出现,挖方段在同一点从上到下地层岩性不同;路段向前延伸,土质也不断变化,采用同样的施工工艺开挖出的填料级配、强度等变异性均很大,不但同一路段内填料性质不同,即使在同一层内,亦不能保证填料的均匀性。已建公路采用山渣料填筑的路基有成功的经验也有失败的教训,其原因主要是对山渣料的路用性能缺乏系统地认识<sup>[1-7]</sup>。为此,本文进行了山渣料的击实、室内承载比(CBR)、膨胀量、浸水破碎及回弹模量试验研究。

1 试验简介

试验用山渣料取自陕西西汉高速公路 XH-60 标段余关村料场,分 3 次取样,其基本物理性质如表 1 所示。为便于分析,本文以小于等于 5 mm 的颗粒为细粒料;大于 5 mm 的颗粒为粗粒料<sup>[8-11]</sup>;大于 38 mm 的颗粒为超粒料。筛分试验表明:试样 A 级配不良;试样 B 级配一般;试样 C 级配良好。

表 1 试验用土料基本物理性质指标

样品	干密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	细粒土特性		
		液限/%	塑限/%	塑性指数/%
A	2.615	35.6	22.8	12.8
B	2.621	38.4	26.2	11.2
C	2.655	38.7	24.5	14.2

2 击实试验

击实试验采用重型击实仪,按照粗粒料质量含量 20%、30%、40%、50%、60% 进行配料。试验结果如图 1、图 2 所示。由图 1 可以看出,粗粒料质量含量是影响最大干密度变化的主要因素。当粗粒料质量含量小于 40% 时,最大干密度随粗粒料质量含量增加而急剧增大;当粗粒料质量含量超过 50% 时,最大干密度增加缓慢。这说明,只要有粗粒料存在,其最大干密度就不是一定值,即最大干密度与粗粒料质量含量有关。由图 2 可以看出,山渣料最佳含水量随粗粒料质量含量的增加,呈降低趋势。

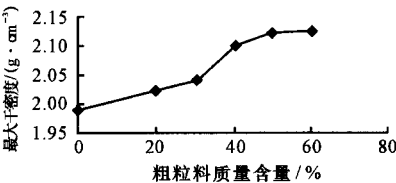


图 1 粗粒料质量含量与最大干密度的关系

3 CBR 试验

为了探讨不同粗粒料质量含量、不同浸水时间对

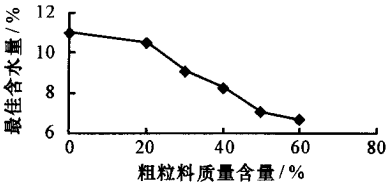


图 2 粗粒料质量含量与最佳含水量的关系

山渣料 CBR 值的影响,试验选取 C 试样,按照粗粒料质量含量 0%、30%、50% 进行配制,并分别按 4、5、6 d 对试样浸水后进行平行对比试验,比较不同粗粒料质量含量、不同浸水时间的山渣料 CBR 值的变化规律。试验结果如图 3 所示。由图 3 可以看出:

(1)在粗粒料质量含量为 0 的不利条件下,山渣料的 CBR 值能满足《公路路基技术规范》(JTJ 033-95)对路基填筑材料的要求。在相同的浸水条件下,随着粗粒料质量含量的增加,CBR 值

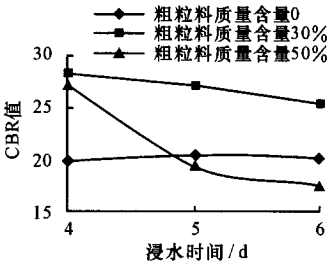


图 3 CBR 值随粗粒料质量含量、浸水时间的变化

开始增大;当粗粒料质量含量超过 50% 时,CBR 值略有减小。这说明粗粒料的掺入有利于提高土基的承载能力,但粗粒料超过一定值时,由于这种山渣料带有一定程度的风化,粗料容易被压碎,且随粗粒料质量含量的增加,破碎率增大。只是压碎后粒径大都在 2~5 mm 之间,小颗粒仍具有较高的强度,所以颗粒压碎后试样强度降低不大。

(2)试验还表明,山渣料的 CBR 值比一般土基的 CBR 值大得多。

(3)不同粗粒料质量含量下的山渣料,CBR 开始随浸水时间的延长而增大;当浸水时间超过 6 d 时,CBR 开始减小。

4 膨胀量试验

试验选取风化较严重的 A 试样山渣料,配制粗粒料质量含量 0%、30%、50% 的试样,击实 98 次后,分别浸水 4、5、6 d 进行平行对比试验,比较山渣料在不同粗粒料质量含量、不同浸水时间下膨胀量的变化情况,试验结果见图 4。由图 4 可以看出:

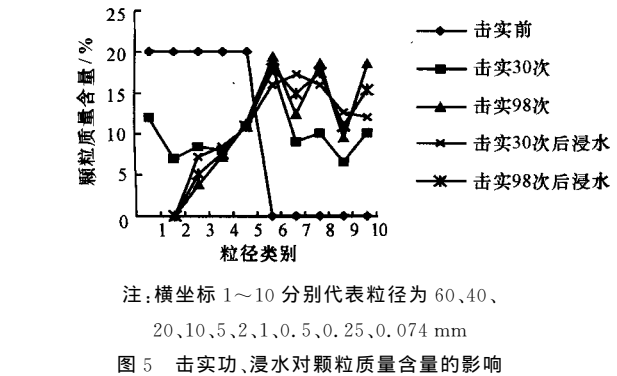
(1)在粗粒料质量含量为 0 的条件下,这种山渣料的膨胀量很小,不属于膨胀土材料。

(2)随着粗料质量含量的增加,膨胀量逐渐变小,这说明粗粒料质量含量的增加有助于提高山渣料的水稳定性。

(3)随着浸水时间的延长,膨胀量增加,粗粒料质量含量 30% 时膨胀量增加幅度小于不含粗粒料的土样;当粗粒料质量含量达到 50% 时,膨胀量增加幅度有所提高,这是因为破碎率随之增大的缘故,与 CBR 试验反映的情况一致。

5 浸水破碎试验

为了进一步研究山渣料的水稳性,对其浸水后结合筛分试验,对试样浸水破碎情况进行研究。试验结果如图 5 所示。由图 5 可以看出:



(1)击实 30 次的试样较击实前级配有所改善;击实 98 次的试样破碎率明显增加,其中 40~60 mm 的颗粒质量含量为 0。

(2)由于粗粒料有一定程度的风化,浸水后会有不同程度的崩解破坏。击实 30 次的试样浸水前后颗粒级配变化较大,其中 40~60 mm 的颗粒浸水后质量含量为 0;击实 98 次的试样浸水前后颗粒级配变化不明显。这是因为击实功已基本达到试样的破碎极限。

(3)试验还表明,浸水前后破碎率比击实前后破碎率降低幅度小。因此,击实功是保证山渣料填筑路基稳定性的关键因素。同时,浸水对路基稳定也有一定程度的影响。

6 现场回弹模量试验

现场回弹模量  $E_0$  采用承载板法进行检测,主要试验装置为后轴重不小于 60 kN 且轮胎充气压力为 0.50 MPa 的载重汽车 1 辆、千斤顶和测力计各 1 个、直径为 30 cm 的承载板 1 块及 2 台弯沉仪等。

现场测试结果见表 2。

表 2 路基回弹模量						MPa
测点	1	2	3	4	5	6
$E_0$	31.0	32.0	44.2	59.0	43.0	53.0
平均值	43.7					

由表 2 可以看出,不同点的现场回弹模量值  $E_0$  变化较大,说明山渣料压实后强度变化较大。因此,严格控制填料级配,充分压实,有利于提高路基的整体强度。不同粗粒料质量含量下山渣料的现场回弹模量试验结果见表 3。

表 3 不同粗粒料质量含量下回弹模量	
粗粒料质量含量/%	回弹模量/MPa
30	29.2
50	40.3
70	52.2

CBR 试验反映的规律相一致。这是由于当粒径大于 5 mm 以上的粒料质量含量为 30% 以下时,颗粒质量含量都在 5~0.2 mm 范围内,以细颗粒为主,粗粒料悬浮于细料中,未能起到骨架作用,压缩成型后强度较小。而当山渣料中粒径 5 mm 以上的粒料质量含量为 30% 以上时,粒径 5 mm 以上的粗粒料形成骨架结构,压缩成型后强度较大。

7 结 语

(1)随着粗粒料质量含量的增加,山渣料的最大干密度相应增加,而最佳含水量相应减小,当粗粒料质量含量小于 40%,最大干密度随粗粒料质量含量增加而急剧增大;当粗粒料质量含量超过 50% 时,最大干密度增加缓慢。

(2)山渣料的 CBR 值比一般土基的 CBR 值大得多,且在粗粒料质量含量为 0 的条件下, CBR 值仍可满足现行规范的要求。随着粗粒料质量含量的增多, CBR 值增大,当粗粒料质量含量超过 50% 时, CBR 值增加缓慢,并随破碎率的增加有所降低。

(3)山渣料不属于膨胀土材料,随着粗粒料质量含量的增加,膨胀量呈减小趋势;随着浸水时间的延长,膨胀量增加。

(4)击实功是保证山渣料填筑路基稳定性的关键因素,同时浸水对路基稳定也有一定程度的影响。

(5)不同点的现场回弹模量值不同,说明山渣料压实后强度变化较大,且随粗粒料质量含量的增加,山渣料的回弹模量值增加。

## 参考文献:

## References:

- [1] JTJ 051-93, 公路土工试验规程[S].
- [2] 尚楼彰. 道路复合材料[M]. 北京:人民交通出版社, 1999.
- [3] 赵久柄. 西宝高速公路粗粒土路基压实度试验研究[J]. 国外公路, 1996, (2): 18-21.  
ZHAO Jiu-bing. Compaction test of coarse grained soil subgrade in Xibao expressway[J]. Foreign Highway, 1996, (2): 18-21.
- [4] 冯忠居, 张永清. 粗粒土路基的压实试验[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(3): 9-12.  
FENG Zhong-ju, ZHANG Yong-qing. Compaction test of coarse-grained soil subgrade[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(3): 9-12.
- [5] 李哲, 王芝银, 谢永利. 粗粒土类别的分形图解[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(6): 15-19.  
LI Zhe, WANG Zhi-yin, XIE Yong-li. Fractal graphic of sands categories[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(6): 15-19.
- [6] Shi Y, Tian S. Evaluation relative density of the shi-touhe earthrock dam [C]//Proceedings of International Symposium on High Earth Rock Fill Dams. Beijing, China: CSHEE and COLD, 1993-10-29: 685-691.
- [7] 杨建国, 陈谦应. 土石混填路堤压力灌浆试验研究[J]. 公路, 2002, (11): 113-119.  
YANG Jian-guo, CHEN Qian-ying. Test of fill cement

- in earth-rock mixture subgrade [J]. Highway, 2002, (11): 113-119.
- [8] 刘丽萍, 王东耀. 土石混合料压实质量控制方法[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2006, 26(1): 35-37.  
LIU Li-ping, WANG Dong-yao. Compaction quality control methods of earth-rock mixture[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(1): 35-37.
- [9] 张洪亮, 胡长顺, 刘保健, 等. 压实石灰黄土力学特性试验[J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(4): 13-16.  
ZHANG Hong-liang, HU Chang-shun, LIU Bao-jian, et al. Mechanical properties experiment of compacted loess-line[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(4): 13-16.
- [10] 张宜洛, 郑南翔, 顾炳其. 中粗粒土路基压实度快速测定方法[J]. 中国公路学报, 2006, 19(5): 29-33.  
ZHANG Yi-luo, ZHENG Nan-xiang, GU Bing-qi. Compactness rapid mensnrement method on middle coarse granied soil subgrade[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(5): 29-33.
- [11] 徐世强, 折学森, 刘怡琳, 等. 公路黄土坝式路堤稳定性计算方法[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(3): 42-46.  
XU Shi-qiang, SHE Xue-sen, LIU Yi-lin, et al. Stability computation method of highway loess dam-like embankment[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(3): 42-46.

## 《中国公路学报》2007 年征订通知

《中国公路学报》(双月刊)是中国公路学会主办的公路交通行业最权威的学术性刊物,主要刊载道路工程、桥隧工程、交通工程、筑路机械工程、汽车与汽车运用工程、公路运输经济与工程经济等专业应用技术及理论性文章,并适当报道有关公路交通的新技术、新材料、新工艺以及国内外重大学术活动、工程建设及科技动态信息等。《中国公路学报》网络版——中国公路网延伸了《中国公路学报》的信息传播功能,为读者提供全方位的公路交通信息服务。中国公路网的网址为:www. highway-china. com。

《中国公路学报》(大 16 开本)读者对象为:公路交通界的科研人员、工程技术人员、经济管理人员及大专院校的师生。《中国公路学报》每期定价 12.00 元,2007 年 6 期共 72.0 元。

另外,《中国公路学报》编辑部现有少量往年合订本,100.00 元/册。欢迎订阅!

收款单位:长安大学杂志社(西安市南二环路中段)

开户行:中行西安翠华路支行

联系人:高 炜

邮 编:710064

账 号:0104134-34148598091001

电 话:(029)82334387