

文章编号: 1005-0523(2005)05-0030-03

二灰碎石基层强度的正交试验研究

段庆普¹, 喻乐华¹, 张 军², 张清华²

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013, 2. 山东省临清市公路局, 山东 临清 252600)

摘要:通过正交试验研究二灰碎石各种材料用量(二灰内比、碎石比例和级配、水泥掺量等)与二灰碎石基层强度的关系,旨在从力学角度得到抗裂性能较佳的半刚性材料。结果表明,水泥掺量是影响二灰碎石早期强度的主要因素,其次是二灰内比。另外,适当增加碎石比例和粗集料含量,可以提高强度和减少收缩裂缝。

关 键 词:正交试验;二灰碎石;二灰内比;强度

中图分类号:TU528

文献标识码:A

二灰碎石基层具有强度高、刚度大、板体性强、稳定性好、造价较低等优点,因而越来越多地被国内高等级公路和机场道面采用。但是,由于半刚性材料自身的特点,以及设计、施工等各因素偏差的影响,很容易造成基层的松散和局部开裂。近年来,我国相当一部分新建路面发生了不同程度的早期破坏^[1]。影响半刚性基层破坏的因素很多,笔者认为,通过设计一种比较合理的级配可解决目前的关键问题。本文结合山东某地区的工程实践,通过正交试验,研究二灰碎石各种材料用量比例(主要是二灰内比、碎石比例和级配、水泥掺量等)与其强度的关系,旨在从力学角度得到抗裂性能较佳的半刚性材料,为本地区二灰碎石配比设计提供理论依据。

1 原材料的选取及其检验

石灰:采用山东省平阴县产的生石灰,经消解后化学分析结果:有效氧化钙含量 51.76%和有效氧化镁含量 5.3%,满足镁质消石灰合格品以上标准。

粉煤灰:采用聊城发电厂燃煤废料粉煤灰,各

项指标检验符合规范要求,见表 1 所示。

表 1 粉煤灰物理化学性质

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	烧失量
含量(wt %)	50.8	29.6	5.5	13.9

碎石:采用山东省平阴县石灰石,分四个粒级组备料:10—20 mm 碎石、5—10 mm 碎石、3—5 mm 石屑、3 mm 以下石粉,粗集料的压碎值为 17.8%,其筛分析结果见表 2。

2 正交方案设计

2.1 因素和水平的选取

考虑影响二灰碎石结构强度和横向裂缝的因素四个:因素 A,石灰与粉煤灰之间的比例(二灰内比);因素 B,二灰与碎石之比(碎石比例);因素 C,碎石级配的粗细;因素 D,水泥掺量。

参照《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034—2000),结合近几年施工经验,确定影响二灰碎石基层强度的四个因素之水平分别如下:因素 A(石灰与粉煤灰的比例)在 1:4 至 1:1 的小范围内趋势为随着石灰比例的增强,强度随之增加。为此,选定因素 A 水平低、中、高分别为石灰:粉煤灰=1:3、1:2、1:

收稿日期:2005-07-13

作者简介:段庆普(1981—),男,山东聊城人,华东交通大学土木建筑学院硕士研究生。

1.5;因素 B(二灰与碎石比例),在二灰碎石混合料中集料碎石为悬浮至部分嵌挤型式存在于结构内,设定趋势为在规范规定的范围附近随着碎石比例的增加强度增大,选定因素 B 水平低、中、高分别为二灰:碎石=21:79、18:82、15:85;因素 C(碎石级配),以《公路路面基层施工技术规范》中列出的二灰级配碎石中集料的颗粒组成范围为基础,选定三个级配细、中、粗为因素 C 的低、中、高水平,强度趋

势级配粗则比表面积小,强度则大,碎石级配表如下(表 3);因素 D(水泥掺量)选定外掺 1%、2%、3%为低、中、高水平.

2.2 方案选定

在选定四个因素、三个因素水平后,利用 $L_9(3^4)$ 正交表安排试验方案(为简单计,不考虑交互作用),共九种,见表 4.

表 2 碎石筛分析结果

材料名称	各孔径(mm)的通过率(wt%)							
	31.5	19	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075
10—20 mm 碎石	100	79.6	4.2	0				
5—10 mm 碎石	100	100	96	31.9	4.5	0		
石 屑	100	100	100	57.3	17.4	9.3	6	5.6
石 粉	100	100	100	100	77.6	53.3	30.7	25.4

水泥:采用东昌水泥厂产普通硅酸盐水泥,强度等级 32.5 级.

表 3 碎石级配水平表

水 平	下列筛孔(mm)通过率(wt%)							
	31.5	19	9	4.25	2.36	1.18	0.6	0.075
细 1	100	89.5	67	40	28	18.5	13	3.5
中 2	100	85.25	56.5	35	23	14.25	9.5	1.75
粗 3	100	81	52	30	18	10	6	0

表 4 试验方案表

配合比 试验	配合比例 (wt%)			
	石灰	粉煤灰	碎石(细、中、粗)	水泥(外掺)
1	5.25	15.75	79/细	1
2	4.5	13.5	82/中	2
3	3.75	11.25	85/粗	3
4	7	14	79/中	3
5	6	12	82/粗	1
6	5	10	85/细	2
7	8.4	12.6	79/粗	2
8	7.2	10.8	82/细	3
9	6	9	85/中	1

3 室内试验结果及分析

3.1 试验结果

试验方法参照根据《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTJ057—94 和《公路路面基层施工技术规范》JTJ034—2000 进行,试验结果见表 5.

表 5 击实结果及无侧限抗压强度试验结果表

组号	配合比(%wt)				击实结果			各龄期(天)的强度(MPa)						
	石灰	粉煤灰	碎 石	水泥	W ₀ %	ρ_m g/m ³	7	14	28	91	182	364		
1	5.25	15.75	79/细	1	9.5	1.96	1.18	1.91	2.71	3.04	4.78	5.61		
2	4.5	13.5	82/中	2	9	2.06	1.61	2.62	3.74	4.67	5.03	6.87		
3	3.75	11.25	85/粗	3	8	2.08	2.21	4.02	4.47	5.54	8.31	8.32		
4	7	14	79/中	3	9	2.02	1.9	4.11	3.95	5.73	9.17	10.4		
5	6	12	82/粗	1	8.5	2.05	0.99	2.04	2.3	4.26	5.96	6.56		
6	5	10	85/细	2	7	2.1	1.89	3.8	4.08	5.45	8.5	8.32		
7	8.4	12.6	79/粗	2	7	2.03	0.79	2.59	4.03	4.85	7.62	7.06		
8	7.2	10.8	82/细	3	8.5	2.05	1.96	3.39	4.83	4.89	9.46	8.14		
9	6	9	85/中	1	8	2.1	1.21	2	2.91	3.87	7.32	6.37		

3.2 试验结果分析

1) 击实结果分析(最大干密度)

极差分析结果见表 6.

根据最大干密度极差分析,R(B)>R(A)>R

(D)>R(C),说明影响二灰碎石最大干密度的因素主次顺序是,碎石比例—二灰内比—水泥掺量—碎石级配.

表 6 极差分析表

指 标	二灰内比(A)	碎石比例(B)	碎石级配(C)	水泥掺量(D)	极 差 顺 序
最大干密度	0.08	0.27	0.07	0.08	R(B)＞R(A)＞R(D)＞R(C)
7d	1.04	1.44	1.04	2.69	R(D)＞R(B)＞R(A)＞R(C)
14d	1.97	1.77	0.45	5.57	R(D)＞R(A)＞R(B)＞R(C)
28d	1.44	0.77	1.02	5.33	R(D)＞R(A)＞R(C)＞R(B)
91d	2.19	1.24	1.27	4.99	R(D)＞R(A)＞R(C)＞R(B)
182d	6.28	3.68	1.22	8.88	R(D)＞R(A)＞R(B)＞R(C)
364d	4.78	1.5	1.7	8.32	R(D)＞R(A)＞R(C)＞R(B)

2) 强度结果分析

根据正交试验方案,各龄期强度的极差计算结果见表 6。

由表 6 可知,二灰碎石早期强度的主要影响因素是水泥掺量,因此,通过适当的掺加水泥是提高早期强度的有效措施。

14 天到 364 天二灰内比对强度的影响都仅次于水泥掺量,而且随着龄期的增长二灰内比因素在强度形成中的作用越来越明显。这或许是由于石灰、粉煤灰稳定材料的慢凝性质决定的。石灰和粉煤灰应该有一个最佳的配合比,如果石灰含量不足,将难以激发全部粉煤灰的活性,因而强度会下降。二灰中石灰含量过高,则过量的石灰会自行结晶,而结晶后的石灰与粉煤灰没有反应,同样导致强度下降。石灰与粉煤灰的比例应以 1:3 为最佳,石灰含量多或少都将降低强度^[2]。

另外,碎石比例和碎石级配对二灰碎石的强度也都有一定的影响。碎石的颗粒与颗粒能够相互嵌挤,二灰正好填充碎石的空隙,即能充分发挥集料的嵌挤作用和结合料的胶结作用。若集料太粗,在目前一般要求使用摊铺机摊铺的情况下,拌和料会产生离析,集料与结合料形不成密实结构,产生不了强度,且容易出现平整度难掌握,易起波浪的现象;若太细则容易引起干缩裂缝,形不成板体,影响强度的形成,并会在沥青面层上有所反映,出现反射裂缝。通过施工实践,集料的粗集料含量适当增加,可提高强度和减少收缩裂缝^[3]。

3) 强度偏差分析

由各龄期每组试件偏差系数可以看出(见图 1),龄期短时,强度偏差系数较大,随龄期的增长,试件偏差系数逐渐减少。

4 结论与建议

1) 碎石比例对二灰碎石的最大干密度影响显著,在施工检测压实度时,压实超密点碎石比例偏

低,应校核之。实际工作中为减少压实检验误判,可多选几种碎石比例,得出最大干密度,灌砂测定压实度时,结合碎石比例综合判定。

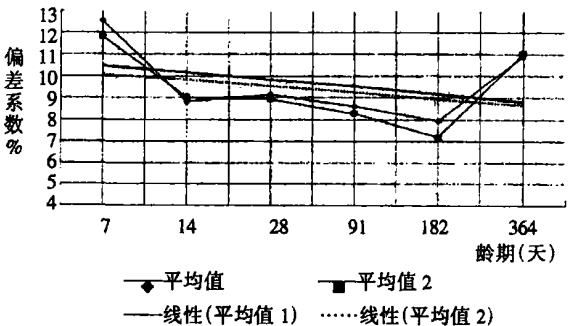


图 1 强度偏差系数曲线图/趋势图

2) 二灰碎石早期强度主要影响因素是水泥掺量,在当前施工周期均较短的情况下,适当掺加水泥是提高早期强度的有效措施,以减少施工车辆对结构的破坏。

3) 二灰内比因素在强度形成中的作用,龄期短时比较微弱,随着龄期的增长其作用愈加明显,二灰碎石强度由单因素水泥掺量影响,逐渐变为双因素(水泥掺量和二灰内比)共同影响。施工质量控制中,结合料掺量控制的好坏,直接关系到结构强度的形成,基层承重能力的高低。

4) 龄期短时,强度偏差系数较大,随龄期的增长,试件强度偏差系数逐渐减少。

参考文献:

[1] 沙庆林.高等级公路半刚性基层沥青路面[M].北京:人民交通出版社,1998.

[2] 吴齐正,钱宪明.二灰碎石基层裂缝成因及防治措施研究[J].公路 2004(10)28—33.

[3] 吴超凡,申爱琴,张新旺.三灰稳定砂砾力学性能研究[J].公路 2005(5):139—142.

[4] JTJ034—2000,公路路面基层施工技术规范[S].

[5] JTJ057—94,公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S].

Space Stress Analysis and Test of Sand-barrel Used in the Bridge Construction

REN Dong-hong¹, LI Jing-hua²

(1. Bureau of Highway Management of Jiangxi Province 330005 Nanchang; 2. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University 330013 Nanchang)

Abstract: Space stress and deformation of sand barrel used in the bridge construction are analysed by using ANSYS FEM software. The results of two cases of both of the bottom fixed and the bottom free are compared. The full size mode of sand-barrel used in certain practical project is tested. According to compare the test result and calculating result, some valuable suggestion are provided and a simple evaluating formation is presented.

Key words: sand-barrel; space analysis; ANSYS software

(上接第 32 页)

Orthogonal Experimentation Research on Strength of Aggregate Stabilized with Lime and Fly-ash

DUAN Qing-pu¹, YU Le-hua¹, ZHANG Jung², ZHANG Qing-hua²

(1. School of Civil Eng. and Arc., East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. Linqing City Bureau of Highway, Shandong Province, Linqing 252600, China)

Abstract: The relationship between the proportion of aggregate stabilized with lime and fly-ash (ASLF) and strength are found through orthogonal experimentation in this paper, mainly including proportion of Lime and Fly-ash, proportion of aggregate and grading collocation, the cement adding, in order to get the semi-rigid base course material with better properties of anti-cracking. The results show that cement adding is the main factor to effect the early strength of ASLF, the second is proportion of Lime and Fly-ash. In addition, increasing the proportion of aggregate and the content of coarse aggregate can raise strength and reduce shrinkage cracks.

Key words: orthogonal experiment; aggregate stabilized with lime and fly-ash (ASLF); proportion of Lime and Fly-ash; strength