

文章编号: 0451—0712(2005)06—0153—05

中图分类号: U414. 103

文献标识码: A

骨架密实结构水泥稳定碎石粗集料抗破碎性能研究

胡力群, 沙爱民

(长安大学特殊地区公路工程教育部重点实验室 西安市 710064)

摘 要: 粗集料形成的骨架结构对骨架密实结构水泥稳定碎石路用性能有较大影响。在室内利用振动压实设备对不同级配 4. 75~26. 5 mm 的粗集料进行上振压实, 并对压实后的粗集料进行了破碎情况试验。试验结果表明粗集料的破碎程度不但与压实后粗集料的孔隙率而且与集料中较粗颗粒含量有关。在几种级配形式中连续级配粗集料在压实后孔隙率最小, 集料中粗颗粒含量适中, 故破碎程度较小。

关键词: 水泥稳定碎石; 骨架密实结构; 粗集料; 孔隙率; 破碎程度

水泥稳定碎石材料广泛地应用于公路基层中。目前常用的水泥稳定碎石属于悬浮密实结构, 其中集料粒径由大到小连续变化, 由于较大颗粒被小一档颗粒挤开, 因此看起来大颗粒是以悬浮状态处于小颗粒之中。实际使用表明, 这种结构的材料强度能够满足使用要求, 但收缩开裂较严重, 且容易出现冲刷破坏。鉴于这种情况, 科研、设计及施工单位开始研究和使用的骨架密实结构水泥稳定碎石, 已有的试验表明: 当混合料中粒径较大的石料形成骨架结构后, 粗颗粒能够更好地相互嵌挤, 形成的骨架在混合料成型后是承担外力的主要部分, 细集料及无机结合料的水化生成物主要起约束粗集料的作用, 材料的抗裂和抗冲刷性能会改善很多。粗集料形成的骨架结构对骨架密实结构水泥稳定碎石有重要影响, 因此有必要对粗集料形成的骨架结构做较深入的研究, 虽然单独粗集料骨架性能与混合料中的粗集料骨架性能有差别, 但仍然能够反映问题。粗集料骨架在受到压力的作用时, 其中的石料会发生破碎, 不同级配的粗集料骨架在外力作用下破碎程度有所不同, 在骨架密实和骨架孔隙结构中, 为保证骨架作用不至由于石料破碎太多而整体“失稳”, 粗集料需要采用恰当的级配类型, 研究结果可以为骨架密实结构水泥稳定碎石材料粗集料级配范围的选择提供依据。

1 试验方案

1. 1 粗集料级配选择

根据已有的资料, 一般将粗、细集料的分界尺寸定为 4. 75 mm, 关于基层材料粗集料的最大粒径参照目前规范中的级配范围可以定为 26. 5 mm。粗集料在形成骨架结构时, 4. 75~26. 5 mm 之间的各档石料有连续级配、多级嵌挤级配和单一粒径级配, 在试验中选定了 *a*、*b*、*c*、*d*、*e*、*f*、*g*、*h*、*i* 等 9 种粗集料级配, 级配情况见表 1。

表 1 粗集料级配

级配种类		通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%						
		31. 5	26. 5	19. 0	16. 0	13. 2	9. 5	4. 75
连续级配	<i>a</i>	100	88	67	58	47	30	0
	<i>b</i>	100	87	64	52	43	26	0
	<i>c</i>	100	85	59	48	37	22	0
多级嵌挤	<i>d</i>	100	85	35	20	15	10	0
	<i>e</i>	100	95	78	27	13	7	0
	<i>f</i>	100	88	72	64	55	5	0
单级级配	<i>g</i>						100	0
	<i>h</i>				100	0		
	<i>i</i>		100	0				

可以看出: 级配 *a*、*b*、*c* 属于连续级配, 其中级配 *a* 中粗颗粒少, 细颗粒多, 级配 *c* 粗颗粒最多而细颗

粒最少,级配*b*介于两者之间;级配*d*、*e*、*f*属于以某一档粒径为主的多级嵌挤级配,其中级配*d*中19.0~26.5 mm的含量占多数,级配*e*中16.0~19.0 mm的含量较多,级配*f*中9.5~13.2 mm的含量多;级配*g*、*h*、*i*属于单一粒径级配,其中级配*g*的粒径范围为4.75~9.5 mm,级配*h*的粒径范围为13.2~16.0 mm,级配*i*的粒径范围为19.0~26.5 mm。

1.2 粗集料压实方式

试验时按表1中的9种粗集料级配配料,将石料烘干,并称重,将石料放入拌料盘中,用喷壶向干燥石料喷水,直至石料表面均被水淋湿,再次称重,将配制好的粗集料装入直径为15 cm的钢模中压实。压实采用自行研制的振动压实设备,振动参数按如下取值:频率28 Hz,静压力为104 kPa,活动偏心块与固定偏心块之间夹角为60°。

开始试验之前曾经试过用压力机静压粗集料,但发现有石料破碎的情况,压实过程中可以不断听到石料被挤碎时发出的声音,集料破碎后与原级配不符,接下来的试验没有意义,因此没有采用静压法。

1.3 粗集料骨架孔隙率试验

混合料压实后,粗集料形成孔隙体积的大小对骨架密实和骨架孔隙结构类型材料有影响。首先,混合料中粗骨料形成的孔隙多少、分布情况对材料整体的性能影响很大,其次孔隙率的大小决定着细集料、结合料以及水分的用量。试验时,根据不同级配中各级颗粒含量和不同粒径石料的密度可以计算出粗集料实体体积,结合测定出的压实后粗集料整体体积可以计算粗集料骨架的孔隙率。

1.4 粗集料骨架破碎试验

在粗集料骨架破碎试验中,可以采用两种试验方式:(1)施加作用力使不同级配组成的石料的压缩变形相同,在粗集料骨架变形相同的情况下观察石料的破碎程度;(2)对不同的粗集料骨架施加相同的作用力,在作用力相同的前提下比较他们之间的破碎差异。在试验中采用了第二种方式。

试验时,先将不同级配的粗集料分别采用上振法的压实方式压实,然后将压实后的粗集料连同钢模一起放在200 t压力机上,开启压力机,以5 mm/min的速率对石料进行压实,直至压力达到50 t。将压实后的粗集料进行筛分试验,以确定石料被压碎后的级配情况,将压碎前、后粗集料各级筛孔的通过率相减并取绝对值后相加作为衡量破碎程度的指标。

2 试验结果

2.1 石料的性质

石料为石灰岩,压碎值为10.4%。按照《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—2000)的相关规定,采用容量瓶法测定各级尺寸石料的表观密度,结果见表2。

表2 不同粒径粗集料密度

粒径/mm	26.5	19.0	16.0	13.2	9.50	4.75
密度/(g/cm ³)	2.783	2.841	2.831	2.833	2.730	2.736

2.2 粗集料孔隙率

压实后粗集料孔隙率试验结果见表3和图1。

表3 压实后粗集料孔隙率

级配种类	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
混合料体积/cm ³	2 336	2 301	2 318	2 354	2 336	2 318	2 354	2 318	2 442
粗集料实体体积/cm ³	1 555	1 540	1 551	1 505	1 431	1 464	1 351	1 369	1 457
孔隙体积/cm ³	752	719	723	824	879	822	954	921	968
孔隙率/%	32	31	31	35	38	35	41	40	40

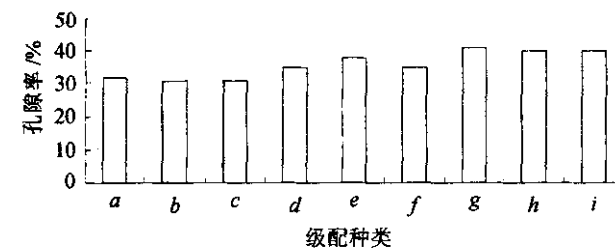


图1 压实后粗集料孔隙率

从表3和图1的试验结果可以看出以下2点。

(1)对于试验中采用的几种集料级配中,连续级配经过压实后粗骨料之间的孔隙率最小,多级嵌挤类型的级配形成的孔隙率居中,而由单一粒径组成的粗集料骨架形成的孔隙率最大。

(2)用振动压实设备进行上振法压实后的粗集料骨架孔隙率最小。上振法能够较好地模拟振动压路机的实际工作状态,而且粗骨料在上压力持续不

断的高频振动压实过程中可以有效地减少石料与石料之间的摩阻力,从而使得石料能够最大限度地互相靠拢,所以集料的孔隙率最小。

2.3 粗集料破碎试验

压实后不同类型级配粗集料的破碎情况见表4、表5和表6。

表4 压实后连续级配粗集料破碎情况

筛孔孔径/mm	连续级配								
	<i>a</i>			<i>b</i>			<i>c</i>		
	试验前级配	试验后级配	各级级配差值	试验前级配	试验后级配	各级级配差值	试验前级配	试验后级配	各级级配差值
31.5	100	100	0	100	100	0	100	100	0
26.5	88	92	—4	87	89	—3	85	88	—3
19.0	67	71	—4	64	68	—4	59	63	—4
16.0	58	60	—2	52	56	—4	48	50	—2
13.2	47	43	4	43	45	—2	37	34	3
9.5	30	30	1	26	29	—3	22	25	—3
4.75	0	8	—8	0	7	—7	0	5	—5
2.36	0	2	—2	0	1	—1	0	2	—2
1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
破碎程度	24			23			22		

表5 压实后多级嵌挤粗集料破碎情况

筛孔孔径/mm	多级嵌挤								
	<i>d</i>			<i>e</i>			<i>f</i>		
	试验前级配	试验后级配	各级级配差值	试验前级配	试验后级配	各级级配差值	试验前级配	试验后级配	各级级配差值
31.5	100	100	0	100	100	0	100	100	0
26.5	85	87.6	—3	95	96.5	—2	88	89.7	—2
19.0	35	40.2	—5	78	80.2	—3	72	73.6	—2
16.0	20	21.1	—1	27	34.4	—8	64	66.8	—2
13.2	15	16.8	—2	13	17.5	—5	55	56.5	—2
9.5	10	12.4	—2	7	9.5	—3	5	12.4	—8
4.75	0	4.3	—4	0	4	—4	0	5.3	—5
2.36	0	0.6	—1	0	1.5	—2	0	1.2	—1
1.18	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0.3	0
破碎程度	18			25			22		

表6 压实后单一粒径粗集料破碎情况

筛孔孔径/mm	单一粒径								
	<i>g</i>			<i>h</i>			<i>i</i>		
	试验前级配	试验后级配	各级级配差值	试验前级配	试验后级配	各级级配差值	试验前级配	试验后级配	各级级配差值
31.5	100	100	0	100	100	0	100	100	0
26.5	100	100	0	100	100	0	100	10	—10
19.0	100	100	0	100	100	0	0	5	—5
16.0	100	100	0	100	12.9	—13	0	2.6	—3
13.2	100	100	0	0	8	—8	0	1.9	—2
9.5	100	100	0	0	5.5	—6	0	2	—2
4.75	0	20	—20	0	3.2	—3	0	0	0
2.36	0	10	—10	0	2.4	—2	0	0	0
1.18	0	6	—6	0	0	0	0	0	0
0.6	0	3	—3	0	0	0	0	0	0
破碎程度	39			32			22		

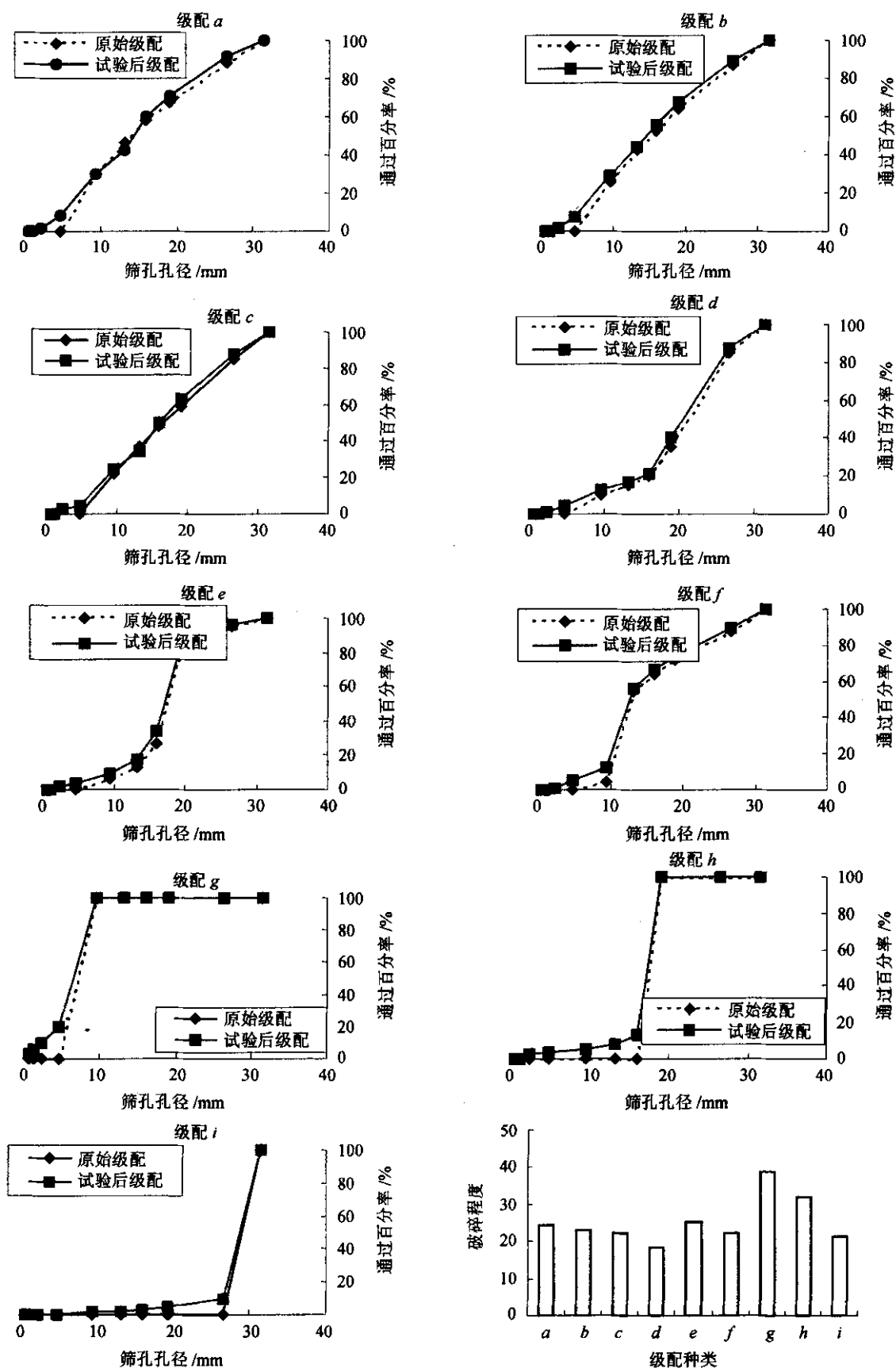


图 2 压碎试验后集料级配变化

从表 3~表 5 和图 2 的试验结果可以看出以下几点。

(1)连续级配粗集料中的 3 种级配的破碎情况大致相同,26.5~31.5 mm、19.0~26.5 mm、16.0~19.0 mm 以及 13.2~16.0 mm 的石料均有破碎。其中骨架内部 26.5~31.5 mm 的石料大多只是边缘或棱角受损,石料碎裂成几块的情况只在表面有。相比之下 19.0~26.5 mm、16.0~19.0 mm 以及 13.2~16.0 mm 等粒径较小的石料破碎更多一些。4.75~9.5 mm 的石料破碎的较多,2.36 mm 以下的含量主要是因为此档料破碎后而增加。

(2)在多级嵌挤级配的 3 种级配中,共同的特点是含量较多的粒径破碎量较多,级配 d 中 19.0~26.5 mm 含量多,由于这档石料与 31.5~26.5 mm 的粒径接近,因此,31.5~26.5 mm 也有破碎,

(3)在达到相同压力的条件下,粒径小的石料含量越大集料整体破碎程度越严重,而且在试验过程中压缩变形也较大。随着粗粒径石料含量的增加,粗集料骨架抵抗外力的能力也随之提高,在相同的作用力下石料破碎程度也小,而且变形也相对较小。

(4)相同压力时,粒径相同的石料在不同级配的集料中的破碎情况也有所不同。

3 结语

(1)孔隙率小的粗集料中石料与石料之间能够

更加紧密地接触,且石料接触面积相对也较大,在相同的外力作用时能够更有效地将应力分散。孔隙率大的集料中除了石料之间应力分散不好之外,多余的空间为石料的进一步破碎提供了可能性。

(2)一般而言,颗粒较大的石料不容易被挤碎。大颗粒石料形状比较好,扁平状和针片状含量相对较少。最容易被挤碎的是中档粒径的石料,在这些石料中扁平、针片状含量较多,在受力后容易被破碎成粒径更小的石料。

(3)石料在钢模中所处的位置不同,破碎情况也存在差异,处于钢模上面,在试验时与压力机钢制压头直接接触的石料破碎程度大于处在钢模中部的石料。

通过以上分析,提高骨架密实结构水泥稳定碎石材料中粗集料骨架结构承载能力和降低其破碎程度,应该从 3 方面入手:(1)应该使集料中粒径较大的石料含量多一些;(2)集料的级配组成应该有利于降低孔隙率;(3)在压实过程中应该采用合适的压实方法,如对于粒径大的石料含量大的骨架密实结构水泥稳定碎石材料应采用振动压实方式。

参考文献:

- [1] JTJ058—2000,公路工程集料试验规程[S].
- [2] 李美江.道路材料振动压实特性研究[D].长安大学硕士论文,2002.

Research on Coarse Aggregate Anti-Fragmentation Capacity of Cement Stabilized Stone with Skeleton Dense Texture

HU Li-qun, SHA Ai-min

(Key Laboratory of Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: The skeleton texture formed by coarse aggregate affects the performance of cement stabilized stone with skeleton dense texture greatly. In this paper, coarse aggregates (4.75~26.5 mm) of different types of gradation are compacted by vibrating equipment in the laboratory and anti-fragmentation property is studied. Test results show the anti-fragmentation capacity of coarse aggregate has relation to porosity of compacted coarse aggregate and bigger size particle content in aggregates. The continuously graded aggregate has minimum porosity and appropriate bigger size particle content, and thus has best anti-fragmentation capacity.

Key words: cement stabilized stone; skeleton dense texture; coarse aggregate; porosity; degree of fragmentation