

文章编号: 0451-0712(2006)01-0150-05

中图分类号: U414.03

文献标识码: A

多孔贫混凝土排水基层材料室内成型方法的研究

田 波¹, 牛开民¹, 谭 华², 张维军²

(1. 交通部公路科学研究所 北京市 100088; 2. 广西交通科学研究所 南宁市 530001)

摘 要: 为研究多孔贫混凝土排水基层材料合理成型方法,通过室内试验的对比以及室内与现场振动压路机的成型试件对比,确定室内成型宜采用上置式振动器,其次采用试件顶面加配重的振动台法。

关键词: 多孔贫混凝土; 基层; 试件成型方法

采用何种方法进行试件成型,首先取决于室内的成型方法是否能模拟现场压路机的效果,其次要求成型方法对材料的级配改变较小,最后要求试件成型方法简单易行。张鹏飞等对多孔水泥碎石材料分别进行静压成型、振动台成型以及现场光轮碾压试验,认为所有成型方法得到的试件在高度方向上孔隙率的分布是不均匀的,静压成型和现场光轮碾压的结果比较一致,并推荐室内采用静压成型。吉青克等采用类似重型击实的方法成型,从下到上依次增加锤数。广西交通研究所认为插捣法得到试件较为均匀,所以推荐使用插捣法。

一般半刚性基层材料的成型方法为静压成型,那么对多孔贫混凝土基层材料是否也采用静压成型呢。由于多孔贫混凝土材料的特殊性,不同的成型方法对其贫混凝土中的集料空间分布影响很大;同时水硬性材料的液化受成型方法影响,而部分液化的水硬性材料会堵塞原本连通的孔隙,所以必须专门研究多孔贫混凝土排水基层材料的成型方法。本文从不同试验方法对材料级配的改变,从不同成型方法和现场压路机的比对以及从不同成型方法得到试件的孔隙分布等方面着手,选择适于多孔贫混凝土

材料的成型方法。

1 原材料

本试验中分别采用石灰岩和辉绿岩作为集料进行试验研究,集料的表观密度见表 1。

表 1 集料的表观密度

级配	表观密度/(kg/m ³)	
	石灰岩	辉绿岩
2.36~26.5	2 730	2 820

本试验中均采用 $\phi 15\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 的圆柱型试件,拆模时只需对半打开即可。

2 不同室内成型方法间的比对试验

2.1 成型方法带来的级配变化

(1)石灰岩。

集料的原样级配见表 2 所示。分别按静压法、插捣法和振动台法成型。静压法按控制贯入量的方法,分别贯入 1 cm、2 cm、3 cm;插捣法按分 3 层插捣,每层插捣 25 下;振动台法的振动时间为 10 s。

表 2 不同成型方法级配的变化

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%						
		37.5	31.5	26.5	19	16	9.5	4.75
原样		100	97.2	81.6	66.4	49.7	15.5	0.3
静压成型	贯入 1 cm	100	99	93.6	82	71.6	41.2	10.9
	贯入 2 cm	100	98.7	89.3	82	58.3	28.9	8
	贯入 3 cm	100	97.9	90.8	79.4	67.9	43.8	18.7
插捣法		100	97.2	81.6	66.4	49.7	15.5	0.3
振动台		100	97.2	81.6	66.4	49.7	15.5	0.3

试验结果见表2,相应级配见图1。对于静压成型而言,多孔贫混凝土不论是贯入1 cm,还是3 cm,相对于原来的级配都发生较大变化,其原因在于部分薄弱的碎石被压碎。而插捣法和振动台法在成型后,材料的级配基本未发生变化。

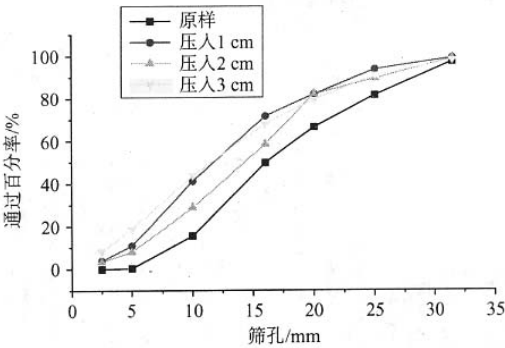


图1 静压成型时的级配曲线

(2)辉绿岩。

集料的原样级配见表3中振动台方法中所用的级配。按不同方法(上置式振动、重型击实、振动台)对集料进行成型,并对成型后的材料二次筛分,见表3。

值得说明的是,上置式振动器是加工的仪器,其激振力分为3档(5 kN、7 kN、10 kN),其工作频率在50 Hz。由表3可见在上置式激振力为5 kN和振动台上时,基本上未对材料产生破坏,保持原来的级配不变。其他方法下材料的级配均发生变化,其中以重型击实方法的变化最大,相应级配变化见图2。同时表中还列出了不同的试验方法下得到集料的VMA,其中激振力10 kN和重型击实得到VMA比较接近。

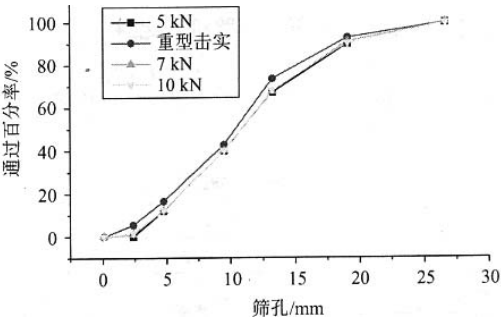


图2 不同成型方法级配曲线

表3 不同成型方法下集料的级配变化

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%							VMA(%)
	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.075	
振动台	100	90	67	40	12	0	—	33.2
激振力5 kN	100	90	67	40	12	0	—	36.4
激振力7 kN	100	91.1	67.3	40.2	12.1	0.9	0	35.2
激振力10 kN	100	90.2	68.2	40.1	12.4	1.6	0	31.7
重型击实	100	92.9	73.6	42.8	16.6	5.4	0	31.3

2.2 成型方法对试件抗压强度的影响

由表4可见静压成型的强度较高,但贯入1 cm和贯入3 cm时试件的抗压强度变异性较大,静压贯

入3 cm的强度最高,这一点很好理解,因为试件最密实。贯入2 cm得到的试件在28 d的强度变异性较小,但在7 d的抗压强度变异性较大。

表4 各种成型方法对试件强度影响的汇总

成型方式		7 d 强度/MPa	变异系数/%	28 d 强度/MPa	变异系数/%
松装		3.3	18.9	4.6	12.3
控制贯入深度	1 cm	3.2	4.2	3.7	47.6
	2 cm	4.4	29	5.8	11
	3 cm	5.4	41	6.4	3.6
振动台(时间)	10 s	3.5	20	5.2	22
	20 s	2.7	13	3.3	14
	60 s	2.5	9	2.6	4
插捣		3.9	22	4.5	33

注:采用石灰岩。

同时在振动台上振动的结果都不理想,随着振动时间的延长,试件强度逐步降低,其原因在于过度振动使得试件被振散。

松装和插捣方法得到密度偏低,所以强度也偏低。同时插捣得到的试件 28 d 强度变异性也较大。

综上所述静压成型不但破坏材料的原来级配,而且得到的试件变异性较大。振动台上得到试件往往由于过度振动,导致试件松散。插捣和松装没有使试件达到密实。

3 室内成型和现场振动压路机对比

3.1 现场试验

试验采用的原材料见表5,施工工艺及标高测量见表6。

表 5 试验采用的原材料 kg

水泥	集料	水
180	1 750	72

注:集料为石灰岩。

表 6 施工工艺及标高测量 mm

测量 次数	施工顺序					
	原始标高	静压一遍	静压一遍	小振一遍	小振一遍	大振一遍
1	0.954	0.961	0.965	0.972	0.975	0.976
2	0.942	0.961	0.966	0.972	0.974	0.975

在现场选择宽 3 m 长 11 m 的试验段,人工摊铺,用振动压路机按先静压一遍、静压一遍、小振一遍、小振一遍和大振一遍的顺序进行碾压,每次碾压完成后,分别进行两次标高测量和一次取样。当开振动档时压路机采用小档激振,激振频率为 28 Hz。

由现场的取样来看,第一次静压后未造成材料级配的变化,而振动后材料级配立即发生变化,部分软弱颗粒被压碎。但后续的几遍振动碾压,没有进一步地造成集料压碎的现象。不同顺序时的级配变化情况见图 3。

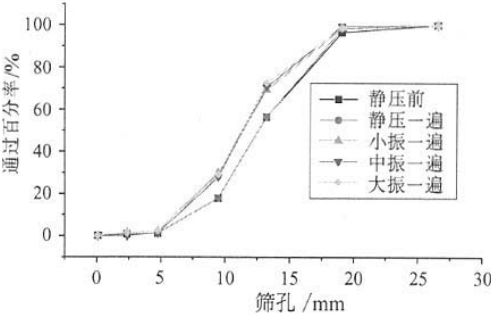


图 3 不同施工阶段时级配变化

在完成现场碾压后,立即用湿土工布覆盖工作面进行保湿养生,在 14 d 后,分别垂直取芯并对芯样进行孔隙率测定。同样进行切片孔隙率测定。

由图 4 可见现场各点之间密度有所波动,同一个试件的孔隙率在高度上分布也不均匀,几乎不存在水泥浆下沉的现象。

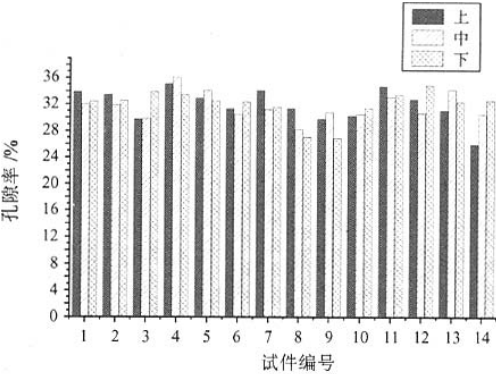


图 4 现场钻芯试件分层孔隙率

现场孔隙率的平均值为 31.3%。

3.2 室内试验

在完成现场的试验后,取相同的材料带回试验室,进行室内试验(见表 7)。分别按插捣法、振动台(配重 5 kg)、上置式、静压成型等方法成型试件,每组试件为 5 个,并对其测定孔隙率和分层孔隙率。数据见图 5~图 10。图中上片、中片和下片表示上、中和下片的孔隙率,图中整体表示试件整体的孔隙率。图中由数据可见控制压力成型的上下层孔隙分布比较均匀,仅有 1 个试件中部没有被压实。控制压力法得到的试件孔隙率(平均 28.7%)略小于现场试件的孔隙率(31.3%)。

控制贯入度的试件得到孔隙率上下分布极为不均匀,形成试件中间孔隙率小,上片、下片孔隙率偏大。

表 7 室内试验方法的描述

编号	成型方法	描述	平均孔隙率/%
1	控制压力	压力为 100 kN	28.7
2	控制贯入量	贯入量为 2 cm, 压力约为 200 kN	28.8
3	振动台	振动时间 30 s	31.9
4	上置式振动	振动时间 10 s	27.3
5	重型击实	3 层每层 98 击	22.5
6	插捣法	3 层每层 25 下	31.6

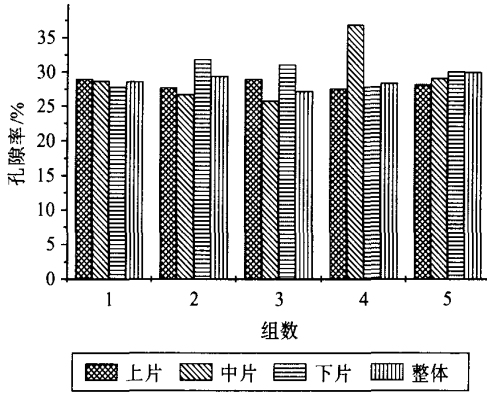


图 5 控制压力

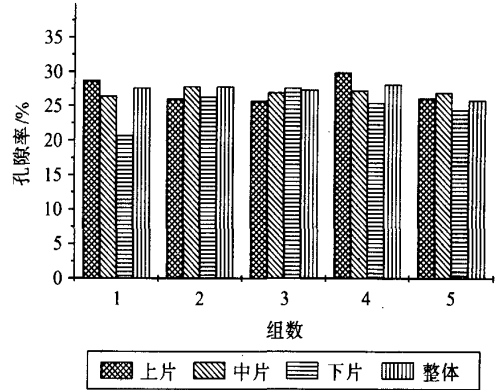


图 8 上置式振动

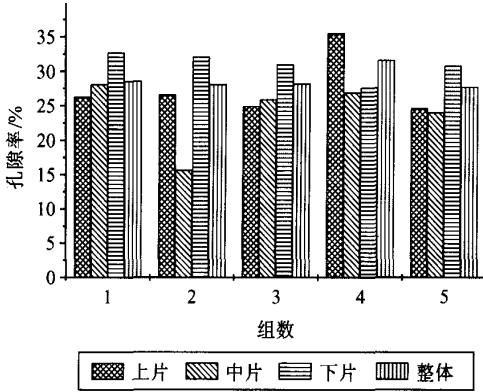


图 6 控制贯入量

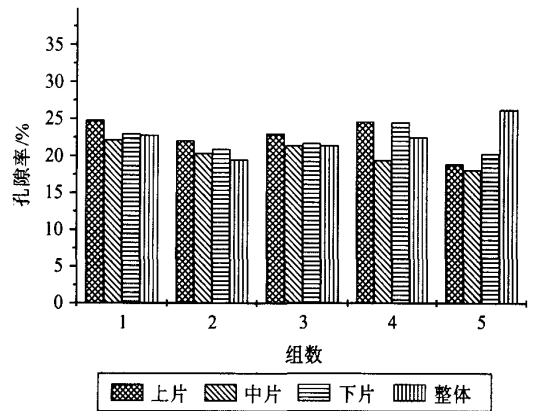


图 9 重型击实

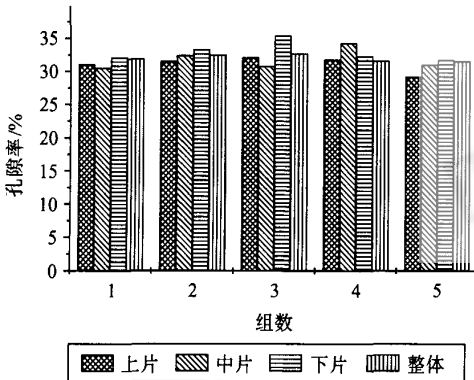


图 7 振动台

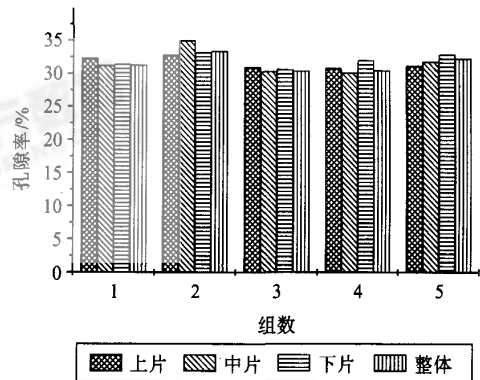


图 10 插捣法

振动台得到的试件平均孔隙率和现场得到的孔隙率比较接近,同时振动台得到试件上下孔隙率分布较为均匀,按理是一种比较理想的成型方法,但前面的强度均匀性结构表明这种方法得到的试件强度变异性较大,所以不宜采纳。

上置式振动得到的试件,由于振动的作用,在水泥浆较多时,可能会引起部分水泥浆下沉的现象,如 1、4 试件。在水泥浆合适的情况下,得到的试件上下孔隙也较为均匀,如 2、3 和 5 试件。这种试验方法得到的试件平均孔隙率要小于现场的孔隙率。

尽管如此,这种方法在受力模式上更为接近振动压路机的工作模态,同时这种方法得到的试件强度均匀性很好,至于平均孔隙率小于现场的问题,可以通过调整振动激振力、振幅以及时间来完成。重型击实得到的试件密度完全偏离了现场试件的真实密度,要小9%,所以不可用。

插捣法同样得到的密度接近现场的试件密度,上下孔隙率也分布均匀,但这种方法得到的试件同样存在强度变异性较大的缺点。

4 小结

(1)当在水泥浆量合适的条件下,振动成型没有引起水泥浆的下沉。各种成型方法得到的试件,在孔隙空间分布上没有明显的规律。

(2)在各种成型方法中,重型击实得到的试件密度最大,插捣法得到的试件密度最小。振动台加配重得到的试件密度接近现场振动压路机得到的密度。上置式振动器振动得到的试件密度略大于现场振动

压路机得到的密度。推荐使用上置式振动成型试件。振动时间一般30 s即可,振动频率可以为50 Hz。在条件不允许时,可采用振动台成型,但试件上方必须配重,配重质量为5 kg。

(3)现场振动压实并未引起集料的破碎,实践证明大部分集料破碎产生在压路机碾压的第一遍,而这部分破碎也是由软弱颗粒带来。后续的碾压并没有引起集料的破碎。

参考文献:

- [1] 姚祖康,沈惠生,陈诗信,等. 路面结构的内部排水设施[J]. 公路, 1997, (5).
- [2] 张鹏飞. 路面内部排水系统研究[D]. 同济大学博士学位论文, 1999.
- [3] 吉青克. 路面内部排水系统设计[D]. 同济大学博士学位论文, 2002.
- [4] 郑木莲. 多孔混凝土基层研究. 长安大学博士学位论文[D], 2004.

Research on Indoor Shaping Methods of Porous Lean Cement Concrete Used as a Base Material

TIAN Bo¹, KAI Min-niu¹, TAN Hua², ZHANG Wei-jun²

(1. Research Institute of Highway, MOC, Beijing 100088, China;

2. Guangxi Transportation Research Institute, Nanning 530001, China)

Abstract: The indoor shaping method for porous lean cement concrete used as a base material is focused in this paper. Different indoor tests for material are compared each other. And then indoor shaping specimens are compared with the specimens shaped by vibrating compactor in site. Finally it is recommended that the indoor upper vibrating method is the best one, and the second one is vibrating desk method with weight-on-specimen.

Key words: porous lean cement concrete; base; shaping method of specimen