

文章编号: 0451-0712(2006)04-0149-03

中图分类号: U416

文献标识码: B

# 大孔隙混凝土材料性能与应用研究

郑丹燕

(浙江交通职业技术学院 杭州市 311112)

**摘 要:** 一直以来,路桥过渡段的压实都很难得到很好的保证,容易产生压缩沉降,引起桥头跳车。通过对大孔隙混凝土物理特性、力学特性、施工特性进行试验分析,提出了将大孔隙混凝土作为靠近台背难压实区的回填材料,有其良好的应用前景。

**关键词:** 大孔隙混凝土; 性能; 路桥过渡段

桥台背是桥梁与路基相衔接的特殊路段,在规范要求的台背回填范围内应填筑工程特性良好的填料。填料应强度高、易压实、透水性好,如砂砾土、碎石土、中粗砂以及强度高的工业废渣等。实践证明,由于填料自身固结和施工存在困难,若不对台背填方做加固处理,则桥台背路基的工后沉降问题就得不到解决。特别是靠近桥台的部位不能用大型压路机进行振动碾压,所以这一部位的压实很难得到很好的保证,容易产生压缩沉降,引起桥头跳车。

大孔隙混凝土是指不含细集料,由水泥(粉煤灰)、粗骨料和水按照一定的比例拌和而成的混凝土,通常也称为无砂大孔隙混凝土。其中粗骨料与水泥石胶结形成多孔堆聚结构,具有轻质、透水性好和易于施工的特点。利用大孔隙混凝土作为台背一定范围内的填筑材料,可以解决这一范围内的压实困难等问题,并且能够迅速排除渗入台背路基的地表水。

## 1 原材料要求

### 1.1 结合料的要求

强度等级为 C5~C7.5 的无砂大孔隙混凝土,宜用 32.5 级或 42.5 级水泥。强度等级低于 C5 的无砂大孔隙混凝土,宜用 32.5 级或更低标号的水泥。

本文的大孔隙混凝土中的水泥采用 32.5 级水泥,按有关规定检验,质量合格,物理化学性质见表 1。

表 1 水泥的技术性质

初凝时间 h	终凝时间 h	安定性	细度/%	3d 抗压 强度/MPa	28d 抗压 强度/MPa
3.33	4.0	合格	0.7	22.8	38.8

### 1.2 粗骨料的要求

粗骨料一般为单一粒级,如 10~20 mm 或 10~30 mm,不允许使用 <5 mm 或 >40 mm 的骨料。骨料的主要质量要求为:压碎值 ≤ 15%,针片状含量 ≤ 15%,含泥量 ≤ 1%。本文在试验过程中采用粒径为 10~20 mm 和 10~30 mm 的碎石,分别记作 1-2 料和 1-3 料。

## 2 无砂大孔隙混凝土强度

无砂大孔隙混凝土的强度与水泥用量、密度、水灰比及骨料的大小有关。对无砂大孔隙混凝土的抗压强度和劈裂强度分别进行了试验,其结果见表 2 及表 3。

表 2 无砂大孔隙混凝土强度(1-2 料)

水泥含量 %	水灰比	7 d		28 d	
		抗压强度 MPa	劈裂强度 MPa	抗压强度 MPa	劈裂强度 MPa
5	0.45	1.10	0.20	1.76	0.34
6	0.46	1.25	0.49	2.06	0.63
7	0.45	1.41	0.40	2.40	0.59
8	0.49	1.76	0.37	4.15	0.56



表 3 无砂大孔隙混凝土强度(1—3 料)

水泥含量 %	水灰比	7 d		28 d	
		抗压强度 MPa	劈裂强度 MPa	抗压强度 MPa	劈裂强度 MPa
5	0.45	0.76	0.15	1.18	0.22
6	0.5	0.97	0.24	1.30	0.22
7	0.55	1.17	0.26	1.72	0.25
8	0.5	1.15	0.33	2.4	0.51

试验结果表明,水泥用量越大,强度越高;骨料颗粒小,外形接近立方体,强度也越大。这是由于骨料之间的接触点增多的缘故。

粗骨料使用 1—2 料,无砂大孔隙混凝土的 7 d 抗压强度最低可达 1.10 MPa 以上,劈裂强度较小,一般为可达 0.2~0.5 MPa。作为桥台背路桥衔接部位的回填料,其强度完全能达到作为路基的强度要求。

3 无砂大孔隙混凝土的密度

依据《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ 053—94)(以下简称试验规程)中 T0513—94 混凝土密度试验方法,对不同水泥用量的无砂大孔隙混凝土做了密度试验,结果见表 4。

表 4 不同配合比下无砂大孔隙混凝土的密度

水泥含量 %	配合比				密度 kg/m <sup>3</sup>
	水泥 kg/m <sup>3</sup>	碎石 kg/m <sup>3</sup>	水 kg/m <sup>3</sup>		
5	77	1—2	1 538	35	1 650
	76	1—3	1 510	34	1 620
6	96	1—2	1 600	44	1 740
	93	1—3	1 550	47	1 690
7	111	1—2	1 584	56	1 750
	108	1—3	1 538	54	1 700
8	129	1—2	1 608	63	1 800
	124	1—3	1 555	61	1 740

参照资料上对级配碎石、二灰碎石做的压实度达 96%、98% 以上的湿密度试验,以及普通混凝土的密度试验,进行试验后结果见表 5 和表 6。

由试验结果可知:无砂大孔隙混凝土的粗骨料为 1—2 料时,密度较粗骨料为 1—3 料的混凝土密度大。和普通混凝土密度、级配碎石以及二灰碎石的密度相比,无砂大孔隙混凝土的密度小许多,因而具有轻质的特点。

表 5 级配碎石及二灰碎石的密度

材料名称	配合比	W <sub>d</sub> /%	$\frac{\rho_{dm}}{\text{kg/m}^3}$	压实度 %	湿密度 kg/m <sup>3</sup>
级配碎石		4.0	2 280	98.2	2 340
				99.1	2 350
				98.7	2 350
二灰碎石	石灰:粉煤灰:碎石 =5:15:80	8.9	2 060	99.5	2 210
				98.0	2 210
				98.9	2 230

表 6 不同配合比普通水泥混凝土的密度

强度等级	配合比				密度 kg/m <sup>3</sup>
	水泥 kg/m <sup>3</sup>	碎石 kg/m <sup>3</sup>	砂 kg/m <sup>3</sup>	水 kg/m <sup>3</sup>	
C15	257	650	1 316	175	2 398
C20	263	723	1 289	163	2 438
C25	245	640	1 360	155	2 400
C30	310	660	1 283	175	2 428
C40	430	589	1 251	180	2 450

4 无砂大孔隙混凝土的透水性

4.1 无砂大孔隙混凝土的孔隙率测定

无砂大孔隙混凝土的透水性与其孔隙率和渗透系数有关。试验结果见表 7。

表 7 不同配合比下大孔隙混凝土的孔隙率

配合比				密度 kg/m <sup>3</sup>	孔隙率 %
碎石 kg/m <sup>3</sup>	水泥 kg/m <sup>3</sup>	水 kg/m <sup>3</sup>			
1—2	1 538	77	35	1 650	34.7
1—3	1 510	76	34	1 620	30.5
1—2	1 584	111	56	1 750	35.4
1—3	1 538	108	54	1 700	36.6

试验结果表明,无砂大孔隙混凝土有很大的孔隙率。

4.2 无砂大孔隙混凝土的渗透系数测定

依据达西定律(式(1)),对无砂大孔隙混凝土的渗透系数进行测试,试验结果见表 8。

$$Q=KWH/L \tag{1}$$

式中:Q 为渗透流量;W 为过水断面(试验中相当于横断面积);H 为渗透途径(上下断面的距离);K 为渗透系数;L 为断面间距。



表 8 大孔隙混凝土的渗透系数

编号	渗透系数/(cm/s)	孔隙率/%
1	6.8	30.5
2	7.8	35.5
3	8.0	38.8

根据测试结果,以桥台背路堤衔接处沿路线方向 30~50 cm 宽度使用无砂大孔隙混凝土为例,简单计算一下其泄水能力。按《公路排水设计规范》(JTJ 018—97)利用达西定律确定纵向厚 1 m 的无砂大孔隙混凝土的泄水能力为:

$$Q_0=K_b\times i\times A=K_b\times i_h\times h$$

(2)

式中: $K_b$  为无砂大孔隙混凝土渗透系数,按 6~8 cm/s 计; $i_h$  为路基横坡,取为 2%;基层厚度  $h$  取为 1 m。

每延米无砂大孔隙混凝土  $Q_0=5\ 100\times 0.02\times 1=102\text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ ,在桥头纵向按 0.30~0.50 m 宽使用无砂大孔隙混凝土计算,其泄水能力  $Q_0$  为 30.6~51  $\text{m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$ 。通过测定得出无砂大孔隙混凝土的渗透系数在 6~8 cm/s 之间,根据《公路排水设计规范》(JTJ 018—97)给出的其他一些岩土材料的渗透系数(表 9),无砂大孔隙混凝土的渗透系数与其相比要大很多。

表 9 一些岩土材料的渗透系数

cm/s

材料名称	砾石	粉土	粘土	细砂	中砂	粗砂
渗透系数	0.06~0.1	$1\times 10^{-4}\sim 6\times 10^{-4}$	$<6\times 10^{-6}$	$1\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}$	$6\times 10^{-3}\sim 2\times 10^{-2}$	$2\times 10^{-2}\sim 6\times 10^{-2}$

5 无砂大孔隙混凝土的施工性

无砂大孔隙混凝土是一种具有多孔堆聚结构的混凝土,不含细集料,粗集料间依靠水泥石胶结成稳

定的整体。对无砂大孔隙混凝土在不同的成型条件下进行试验,试验结果见表 10。

表 10 不同成型条件下大孔隙混凝土的抗压强度

配合比			成型条件	成型情况	7 d 抗压强度/MPa
水泥/(kg/m <sup>3</sup> )	碎石/(kg/m <sup>3</sup> )	水/(kg/m <sup>3</sup> )			
96	1 600	44	人工插捣 25 下	密实好,水泥浆分布均匀、包裹充分。	1.15
			1~1.5 m 高自由落料	密实好,水泥浆分布均匀、包裹充分。	1.25
			机振 25 s	密实差,试件上部松散,水泥浆集中在中下部。	0.7
			机振 10 s	密实差,水泥浆上部分布少,多集中于中下部。	0.5

试验结果表明,人工插捣和从一定高度自由落料的方式成型效果最佳;采用机器振捣的方式成型效果不好,且随着振捣时间的增加,成型性越差,强度越低。其主要原因是无砂大孔隙混凝土不含细集料,孔隙率大,在振动作用下水泥浆容易流动产生离析,使混凝土上部粗骨粒之间粘结不牢,强度偏低。因此,无砂大孔隙混凝土在浇筑过程中不用振捣,只需要通过从一定高度人工落料或采用人工插捣,具有易施工性。

6 结语

从试验结果可以看出,无砂大孔隙混凝土具有轻质、易施工、透水性强、稳定性好等特性。

(1)轻质作用:作为路堤,填筑时能减轻路堤对

- 地基的荷载作用,减少地基的沉降。
- (2)易施工:不用压路机进行振动碾压就可以达到良好的成型效果,解决了靠近桥台部位不能使用大型压路机进行碾压造成的施工困难。
- (3)透水性强:能迅速完全地排出路表面渗入桥台背部位的积水,保证台背路基不因水的破坏而失稳。
- (4)稳定性好:5%水泥用量,就能承受路面上部荷载传递的压力,不会在外部荷载作用下产生沉降。

参考文献:

[1] JTJ 053—94,公路工程水泥混凝土试验规程[S].

[2] 赵志缙. 新型混凝土及其施工工艺[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1996.

[3] 冯乃谦,等. 实用混凝土大全[M]. 科学出版社,2001.