

# 无砂多孔混凝土试验研究

李学军 王明祥

(水利部西北水利科学研究所, 712100)

**摘 要** 无砂多孔混凝土(简称无砂混凝土)在水工建筑中作反滤孔, 排水暗管和减压井管的过滤器等, 其配合比设计及施工工艺与普通混凝土不同。本文对无砂混凝土的配合比设计、施工工艺和性能进行了试验研究, 提出了无砂混凝土反滤排水管的最佳配合比。

**关键词** 无砂混凝土 配合比 反滤排水管

## 1 概 述

无砂混凝土是由粗骨料、水泥和水拌制而成的一种多孔轻质混凝土, 它不含细骨料, 由粗骨料表面包覆一薄层水泥浆相互粘结而形成孔穴均匀分布的蜂窝状结构, 故具有透气、透水和重量轻等特点, 在水工建筑中作反滤孔、排水暗管和减压井管的过滤器等。无砂混凝土的配合比设计及施工工艺与普通混凝土不同, 就其工程应用而言, 要求既要有足够的强度, 又要有良好的透水性。无砂混凝土的研究, 始于 50 年代初, 国外先于国内, 但抗压强度较低, 多在 10MPa 以下。50 年代后期, 我国一些单位曾对无砂混凝土进行了研制<sup>[1]</sup>。70 年代, 陕西省一些科研单位对多孔混凝土滤水管进行过对比试验<sup>[2]</sup>, 提出了提高其强度的工艺措施。随着无砂混凝土在水工建筑中的应用, 配方不合理, 工艺成型和养护不适当等问题急待进一步研究。为探讨如何精细设计配合比, 加强和改进施工工艺, 提高无砂混凝土的性能, 促进无砂混凝土在水工建筑中的应用, 特结合实际工程对无砂混凝土进行对比试验研究<sup>[3]</sup>。

## 2 原材料及配合比设计

### 2.1 原材料

水泥, 采用 425R 普通硅酸盐水泥。

粗骨料, 采用 5- 10mm、10- 20mm 两种粒径级配的渭河卵石骨料。

水, 采用地方饮用水。

### 2.2 配合比设计

#### 2.2.1 原材料选择

无砂混凝土的结构特点是在粗骨料周围包覆一薄层均匀的水泥浆薄膜, 因此对原材料的选择, 主要是水泥标号, 粗骨料的类型、粒径及级配。在粗骨料相互接触而形成的双凹粘结面上, 水泥浆厚度越厚(约 1.3mm), 粘结点越多, 粘结就越牢固。就强度而言, 人工碎石和单

一粒径的骨料皆不利于相互粘结。因此,无砂混凝土采用高标号的水泥如 425<sup>#</sup>、525<sup>#</sup> 水泥及幅度较大级配的骨料配制,通常使用粒径 5- 10mm 或 10- 20mm 卵石骨料,容许有 5% 的小颗粒和 10% 的大颗粒。

2 2 2 水灰比选择

水灰比既影响无砂混凝土的强度,又影响其透水性。对特定的某一骨料,有一最佳水灰比,当水灰比小于这一最佳值时,无砂混凝土因干燥拌料不易均匀,达不到适当的密度,不利于强度的提高。反之,如果水灰比过大,水泥浆可能把透水孔隙部分或全部堵死,既不利于透水,也不利于强度的提高。具有代表性的水灰比介于 0.30- 0.40 之间。

2 2 3 用水量选择

无砂混凝土没有和易性试验,无需测试坍落度,只要目测判断所有颗粒均形成平滑的包覆层就够了。对普通骨料来说,一般用水量为 80- 120kg/m<sup>3</sup>,但要特别注意骨料的吸水性,无砂混凝土的实际用水量应根据其强度及透水性由试验确定。

2 2 4 灰骨比选择

增大灰骨比,即增加水泥用量,从而增加骨料周围所包覆的水泥薄膜厚度,增大了粘结面,可有效的提高无砂混凝土强度。但由于粘结面增大,会降低空隙度,减弱透水性。因此,在保持无砂混凝土合理透水性前提下,尽可能提高水泥用量,才能比较合理地选定灰骨比。另外,由于小粒径骨料较大粒径骨料具有较大比表面,为保持水泥浆膜的合理厚度,小粒径骨料的灰骨比应适当比大粒径骨料大一些。经对比试验无砂混凝土灰骨比可在 1/5~ 1/8 之间选择。

3 性能分析

3 1 强度

3 1 1 骨料类型及级配

骨料类型不同,无砂混凝土的强度不同<sup>[4]</sup>,见图 1,卵石骨料的强度大于碎石骨料。这可用碎石骨料粘结点小,且在荷载作用下可能发生局部破坏加以解释。骨料级配可以用无砂混凝土的密度反映,因为级配良好的骨料比单一粒径的骨料的松散密度高 10% 左右,普通骨料的无砂混凝土密度介于 1600- 2000kg/m<sup>3</sup>。图 2 可见,密度增大即级配幅度增大,无砂混凝土的强度增大<sup>[5]</sup>。

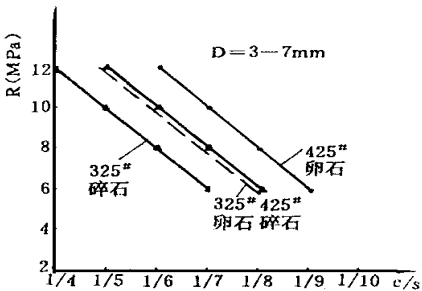


图 1 骨料类型、水泥标号、灰骨比 C/S 与强度 R 关系

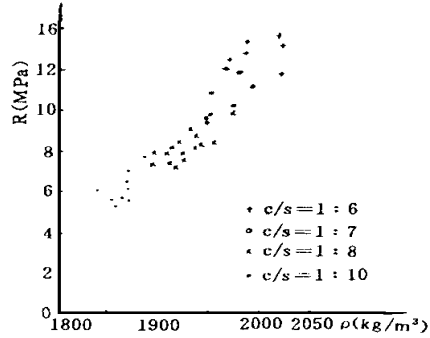


图 2 骨料密度 ρ 与强度 R 关系

### 3.1.2 水泥标号

水泥标号增加, 无砂混凝土强度增加, 见图 1。因此, 无砂混凝土应尽可能选择高标号水泥, 以提高其强度。

### 3.1.3 水灰比

图 3 为水灰比对无砂混凝土强度的影响。试验表明, 不同粒径的骨料, 其最佳水灰比不同, 对 5- 10mm 骨料,  $W/C=0.35$  时, 强度最高为  $19\text{ MPa}$ , 从拌合效果看, 拌合物的稀稠适中, 当  $W/C>0.35$ , 拌合物较稀。对 10- 20mm 骨料,  $W/C=0.3$  为最佳水灰比, 强度最高为  $14\text{ MPa}$ 。  $W/C=0.26, 0.35$  时, 强度较  $W/C=0.3$  时低。对此两种水灰比的拌和物观察,  $0.26$  水灰比时, 拌和物较干不易粘结, 而  $0.35$  水灰比时拌和物又较稀。

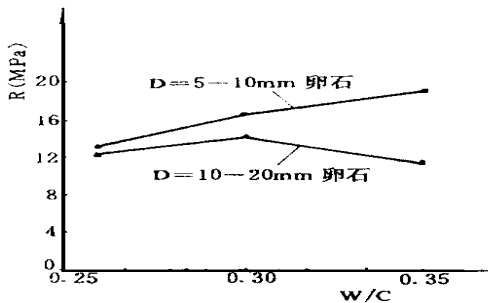


图 3 水灰比  $W/C$  与强度  $R$  关系

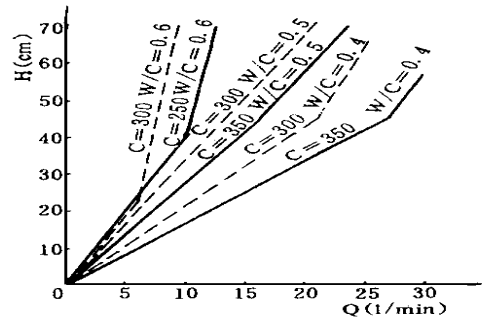


图 4 压力水头  $H$  与渗流量  $Q$  关系

### 3.1.4 灰骨比

无砂混凝土强度随灰骨比的增大而增加, 见图 1。

### 3.2 透水性

对 5- 10mm、10- 20mm 粒径卵石骨料的无砂混凝土透水性试验见表 1。其渗透系数满足无砂混凝土作反滤排水管的要求。更进一步的研究见图 4<sup>[2]</sup>。由图 4 可见, 水灰比增大, 无砂混凝土的透水性减弱。

### 3.3 其它性能

研究表明<sup>[5]</sup>: 无砂混凝土的收缩性比普通混凝土低, 典型的收缩值为  $120 \times 10^{-6}$ , 但相对湿度极低时能达到  $200 \times 10^{-6}$ 。热膨胀为普通混凝土的  $0.6-0.8$ 。导热系数采用普通骨料时介于  $0.69-0.94\text{ J} \cdot \text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$ 。吸水率按体积计可达 20%。无砂混凝土中不存在毛细孔, 所以抗冻性能好, 只要孔隙未被水饱和, 冰冻就不会引起急剧崩裂。

### 3.4 无砂混凝土的成型及施工工艺

无砂混凝土的成型振动时间由试验确定。振动时间太长 (大于 60s), 水泥浆就会脱离骨料而跑掉, 太短 (小于 30s) 则易成拱, 不易密实, 一般控制在 30- 60s 之间。无砂混凝土不产生离析, 所以施工时可以从较高处往下浇灌, 同时浇筑层可以较高。由于无砂混凝土粘着力很差, 所以工程施工时模板必须在原位保持到混凝土达到足够强度, 即材料都固结在一起时, 才能拆除。湿养护很重要, 尤其是气候干燥时更要注意加强养护。

文献[2]研究表明, 多孔混凝土加压闭模蒸养比无压闭模蒸养及无压敞模蒸养强度分别提高 15- 16% 和 27- 37%。因此对无砂混凝土预制品如反滤排水管采用加压闭模蒸养有利

于强度的提高。无砂混凝土不同于钢筋混凝土,但是如果一定要求加钢筋,则必须用一层水泥浆(约 3mm 厚)将钢筋包裹起来,以改善其粘结性,并防止锈蚀。

表 1 无砂混凝土配合比及力学性能

试验 编号	石子 粒径 (mm)	水灰比 W /C	灰骨比 C/S	材料用量 (kg/m <sup>3</sup> )			密度 (kg/m <sup>3</sup> )	抗压 强度 (M Pa)	渗透系数 (cm /s)
				水	水泥	骨料			
A - 3	5- 10	0.35	1/5	115	328	1638	2080	19.7	$7.17 \times 10^{-2}$
B - 2	10- 20	0.30	1/6	82	274	1644	2000	14.3	

4 结 语

无砂混凝土是粗骨料颗粒的集聚体,每一颗粒都被大约 1.0mm 厚的水泥浆薄层包裹着,因而,在混凝土的内部存在着大量的会引起强度降低的孔隙,也正是这些孔隙的存在,使其具有良好的透水性。对无砂混凝土配合比设计,既要保证其强度,又要满足实际工程透水性要求,经对比试验,我们提出了表 1 所列无砂混凝土作反滤排水管的最佳配合比。

参 考 文 献

1 王异,周兆桐主编 混凝土手册(第二分册). 吉林:吉林科学技术出版社,1995 年  
2 陕西省地下水工作队,西北农学院编 水泥混凝土井管的试验研究,陕西省水利科技,1995(3)  
3 张爱军 榆林市西沙渠渠首改建工程可行性论证 水利部西北水利科学研究所,1996 年 11 月  
4 陕西省水利科学研究所编 陕西省 水工混凝土及砂浆配合比,1974 6  
5 李国泮等译 混凝土的性能(英). 中国建筑工业出版社,1983 年

RESEARCH ON NO- FINES CONCRETE

Li Xuejun      wang M ingxiang

Abstract

No- fines concrete was uesed in hydraulic structure as filter pipe, drainage pipe and filter of well pipe the disign of mix proportion and construction technique of no- fines concrete is different from the concrete's, this essay has researched the disign mix proportion, construction technique and performance of no- fines concrete, the mix proportion as filter drainage pipe is raised