

文章编号: 0451-0712(2005)11-0177-03

中图分类号: U444.180.3

文献标识码: B

汉中潘家河大桥钢管混凝土配合比设计与试验研究

雷俊卿¹, 赵小星²

(1. 北京交通大学土木建筑工程学院 北京市 100044;

2. 长安大学公路学院 西安市 710064)

摘 要: 陕西汉中潘家河大桥是中承式钢管混凝土公路拱桥, 为保障钢管内的泵送混凝土性能达到设计要求, 特进行了 40 号泵送微膨胀混凝土配合比的设计与试验研究, 得出了优化合理的高性能混凝土的配合比, 为工程现场泵送微膨胀混凝土施工提供了可靠的技术依据。

关键词: 钢管混凝土拱桥; 泵送混凝土; 微膨胀; 配合比设计; 试验研究

汉中潘家河大桥位于陕西汉中潘家河水库之上, 设计采用跨径为 150 m 的中承式钢管混凝土拱桥, 施工方法为缆索五段吊装成拱。主拱肋为两条平行的无铰拱, 每边拱肋截面采用 4 根 $\phi 600$ mm 钢管和型钢作联系的劲性骨架, 分段悬拼成拱, 然后在钢管内泵送填充 40 号混凝土, 主拱肋通过横向联结系相连, 形成空间受力的钢管混凝土拱。主拱肋钢管内的混凝土以承压为主, 标号为 40 号, 施工时采用混凝土泵输送, 泵送的水平距离为 80 m, 垂直高度 34 m。因为钢管的密封不透水性, 所以对混凝土的配合比设计提出了如下要求: 和易性好、流动度大、不泌水离析, 有微膨胀性能以减少混凝土的收缩, 以保证钢管内混凝土的质量。

依据合同要求, 在长安大学公路学院桥梁结构实验室进行了为期一年多的试验工作。在设计混凝土配合比时, 掺加粉煤灰、微膨胀剂和外加剂, 提高混凝土的和易性、可泵性、坍落度, 减少其收缩量。并在对原材料进行试验后, 进行了混凝土配合比设计试验和混凝土性能试验, 给出施工可行的配合比参数, 以保证施工顺利进行。

1 高性能混凝土配合比设计原理分析

钢管混凝土必须具有良好的可泵性, 也就是要求坍落度大、和易性好、不泌水、不离析。一般情况下, 是采用增大用水量来提高混凝土的坍落度, 但用

水量大, 混凝土强度难保证, 且易离析, 混凝土和易性也不好。更重要的是用水量太大, 混凝土收缩变形大。用水量大, 相应的水泥用量增加, 混凝土的水化热大, 对钢管混凝土产生极不利的影响。而高强混凝土要求水灰比小(设计文件规定不大于 0.45), 用水量低, 尽可能地降低水泥用量。要达到这一目的, 我们必须使用高效减水剂或其他外加剂, 来改善水泥与骨料间的粘结力, 减小水灰比, 降低用水量, 以配置高强混凝土。

钢管内填充的混凝土密实程度对拱的承载力影响极大。普通混凝土因其硬化过程的水化与温缩, 凝结后要产生 0.04%~0.06% 的干缩与开裂, 在钢管内填充混凝土也不容易填满。为了解决这个问题, 我们采取掺入一定量的膨胀剂, 以补充钢管混凝土的干缩、温缩、降低水化热。

在高压泵送混凝土中加入一定量的粉煤灰也是必不可少的, 它可以显著地改善混凝土拌和物的和易性, 提高混凝土的可泵性和硬化混凝土的各项技术性能。这是因为粉煤灰中含有大小不等的光滑致密球形玻璃体, 其中粒度在 0.5~0.2 mm 的实心球颗粒占 85%, 赋予粉煤灰以球形效应、微集料效应。粉煤灰的火山灰活性表现在它的活性成分能同水泥水化生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 缓慢地发生二次水化反应, 生成水化硅酸钙和水化铝酸钙, 从而提高混凝土的强度; 粉煤灰的球形效应则表现在颗粒为光滑的

球体玻璃微珠,能起到光滑作用,减少颗粒间的摩阻力,提高混凝土的和易性、可泵性。粒度在 10 mm 以下的粉煤灰还有缓凝作用,降低水化热的作用,这对泵送混凝土来说是十分有利的。粉煤灰的微集料效应,充分填充水泥石和骨料间的空孔隙,提高了混凝土的密实度和混凝土的强度。

2 原材料试验

2.1 水泥

本工程采用汉中水泥厂生产的汉江牌普通硅酸盐 525 号水泥,按《硅酸盐水泥,普通硅酸盐水泥》(GB 175—1999)标准检验,物理化学及力学技术指标见表 1。从表中结果看,水泥的品质符合要求,在掺入粉煤灰后水泥的水化热还会降低。

表 1 水泥物理化学及力学性能试验结果

细度 %	SO ₃ %	MgO %	ID %	安定性	凝结时间 min		抗折强度 MPa		抗压强度 MPa	
					初	终	2 d	28 d	2 d	28 d
4.0	2.24	0.84	1.23	合格	187	213	5.0	8.4	28.6	61.6

2.2 细骨料(砂)

采用汉中清桥铺河优质河砂,其自然级配见表 2。

表 2 河砂自然级配

筛孔尺寸 mm	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08	<0.08
累计筛余 %	0.1	9.968	25.027	46.548	90.459	96.572	99.36	100

细度模数 M_f 为:

$$M_f = ((A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.16}) - 5A_5) / (100 - A_5) = 2.683$$

结论:细骨料属Ⅱ区中砂。

2.3 粗骨料(碎石)

采用汉中城固庆山 10~30 mm 碎石,其级配见表 3 所示。

表 3 粗骨料级配试验结果

10~30 mm 碎石	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%							
	31.5	25	20	16	10	5	2.5	≤2.5
分计筛余 %	0	0.963	5.264	19.617	46.384	23.808	3.278	0.685
累计筛余 %	0	0.963	6.227	25.844	72.228	96.036	99.314	100

2.4 膨胀剂

先采用 U 型混凝土膨胀剂(简称为 UEA),因膨胀功能不明显,做了两批试件后,又改用北京中国建

筑科研院建材所生产的 JP-2 型多功能混凝土膨胀剂,其掺入量为 8%~12% 为宜。

2.5 外加剂

采用中铁二十局生产的 WR-P 泵送剂和 WR(R) 缓凝型高效减水剂,以配合 UEA 膨胀剂使用。

2.6 粉煤灰

先对西安灞河电厂采样的粉煤灰委托检验,为三级,不符合要求。后又从西安渭河电厂采样,委托检验,按《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596—91)标准,其主要物理力学指标见表 4。

表 4 粉煤灰检验结果

序号	指标	级别			实测值	
		I	Ⅱ	Ⅲ	灞河电厂	渭河电厂
1	细长灰(0.045 mm 方孔筛筛余)/%	≤12	≤20	≤45	≤48	≤11
2	需水量比/%	≤95	≤105	≤115	≤116	≤90
3	烧失量/%	≤5	≤8	≤15	≤7.5	≤3.69
4	含水量/%	≤1	≤1	未规定	≤0.9	≤0.80
5	二氧化硫/%	≤3	≤3	≤3	≤1.8	≤0.25

由表 4 可知,渭河电厂粉煤灰为一级,品质好,关键性烧失量等满足要求。经对比试验,粉煤灰掺量以 5%(超代系数为 1.5)为宜。

3 混凝土配合比试验

混凝土配合比设计有多种方法,如单因素均分法、最大密度近似法等。而高强泵送混凝土需优选粉煤灰、膨胀剂、外加剂等的最佳掺量。我们试验设计的原则为:符合规范和设计文件的水灰比要求,尽量少用水泥,保证一定的膨胀率,并满足泵送的性能。

3.1 混凝土配合比设计

根据混凝土配合比设计计算方法,并结合工程实践经验,用 525 号普通硅酸盐水泥配置坍落度在 40~80 mm 的普通混凝土,强度容易保证,主要应考虑膨胀和缓凝两个控制因素。我们取下列配合比进行试验。

- (1)水灰比:0.37~0.40;
- (2)用水量:180~200 kg;
- (3)砂率:0.34~0.42;
- (4)膨胀剂:水泥用量的 9%~13% 进行试验确定;
- (5)WR(R)外加剂:水泥用量的 0.9%~1.3% 进行试验确定;

(6)掺粉煤灰:代水泥率的 5%。

3.2 试验研究

主要考虑影响混凝土配合比的几个因素:水灰比、含砂率、粉煤灰掺量、膨胀剂、外加剂掺量等。评定指标为:拌和物的坍落度、水泥用量、缓凝时间和抗压强度等。

- (1)普通膨胀混凝土试验及结果。
普通膨胀混凝土配合比见表5,试验结果见表6。
由表6分析可知:混凝土强度均可保证。
- (2)大坍落度混凝土试验配合比及结果。
大坍落度混凝土试验配合比见表7,试验结果见表8。

表 5 普通膨胀混凝土配合比

编号	水 kg/m ³	水泥 kg/m ³	UEA 膨胀剂	砂 kg/m ³	碎石 kg/m ³	外加剂 WR(R)
1	185	485	0	718	1 032	0
2	185	485	8%(山东 寿光 38.8)	718	1 032	2%(9.7)
3	185	490	0	610	1 160	0

表 6 普通膨胀混凝土试验结果

编号	坍落度/cm	7 d 强度/MPa	28 d 强度/MPa
1	0	38.8	
2	210		43.8
3	0	38.98	52.6

表 7 大坍落度混凝土试验配合比

试验号	试验条件						配合比/(kg/m ³)						
	基准 水胶比	粉煤灰代 水泥率/%	加水量 kg	砂率	UEA/JP-2 掺量/%	WR-P 掺量/%	水	水泥	粉煤灰	UEA/JP-2	河砂	碎石	WR-P
1	0.38	5	185	0.41	8(山东)	2	185	485	0	38.8	718	1 032	9.7
2	0.37	5	185	0.346	10(山东)	1.3	185	500	25	50.0	610	1 150	6.5
3	0.38	5	185	0.345	9(山东)	1.3	185	490	24.5	44.1	610	1 160	6.37
4	0.38	5	185	0.345	11(山东)	1.1	185	490	24.5	53.9	610	1 160	5.39
5	0.38	5	185	0.345	13(山东)	1.3	185	490	24.5	63.7	610	1 160	6.37
6	0.38	5	185	0.345	13(北京)	0	185	490	24.5	63.7	610	1 160	0
7	0.38	5	185	0.345	11(北京)	0	185	490	24.5	53.9	610	1 160	0
8	0.38	5	185	0.345	9(北京)	0	185	490	24.5	49.05	610	1 160	0
9	0.39	5	195	0.366	11(北京)	0	195	500	24.5	55.0	640	1 110	0

表 8 大坍落度试验结果

试验号	坍落度/cm		7 d 抗压强度	28 d 抗压强度
	初始	15 min 后	MPa	MPa
1	21	20	23.0	43.8
2	21	21	44.62	55.4
3	21.5	21	40.9	56.0
4	20.5	19.5	38.9	53.2
5	19.5	19.3	39.6	53.4
6	21.8	21.3	38.77	52.5
7	21	20.7	38.3	51.8
8	21.5	21	38.8	52.5
9	20.5	20.1	34.1	45.5

据表7对试验结果对比分析如下。

- ①基准水灰比。
从表7中可以看出,水灰比是影响混凝土强度的主要因素,水灰比越小,混凝土强度越高,符合正

常规律。本试验认为大坍落度泵送混凝土的较佳值为 0.38。

- ②粉煤灰代水泥率。
从表7中可知。这一因素是影响混凝土坍落度的主要因素,对混凝土强度也有重要影响。从试验结果看,强度高和满足坍落度要求的粉煤灰代水泥率为 5%。
- ③砂率。
从表7中可知,砂率对坍落度的影响仅次于粉煤灰掺量,综合强度、坍落度考虑,可取值为 0.35。
- ④膨胀剂和外加剂掺量。
因先用了山东寿光生产的 UEA 膨胀剂配铁二十局生产的 WR-P 型泵送剂做了几批试验后,发现膨胀功能不理想。后又改用北京中国建筑科研院建材所生产的 JP-2 型多功能膨胀剂,膨胀效果较好,掺量为 11%。
- 总之,为满足强度和坍落度等的综合技术指标

文章编号: 0451—0712(2005)11—0180—04

中图分类号: U414. 103

文献标识码: A

水泥稳定碎石基层合理水泥用量和级配的确定

曹光伦¹, 陈发根¹, 杨牧盘², 倪富健³

(1. 安徽省交通投资集团公司 合肥市 230011; 2. 安徽省公路桥梁工程公司 合肥市 230031;

3. 东南大学交通学院 南京市 210096)

摘 要: 通过室内试验研究了水泥稳定碎石基层混合料的强度和收缩性能,对其性能的影响因素和影响规律进行了分析,并根据工地现场试验室的试验结果,确定了满足强度要求兼具较好抗裂性能的水泥稳定碎石基层混合料配合比方案。室内试验研究表明随着水泥用量的增大,混合料的强度和收缩均会增大,因此建议在满足强度要求的基础上,尽量减小水泥用量以同时获得良好的收缩性能。

关键词: 水泥稳定碎石; 强度性能; 干缩; 温缩

水泥稳定碎石混合料因其强度高、稳定性好、抗冲刷能力强以及工程造价低等特点,被广泛应用于我国的高等级公路基层建设中。其几十年的工程实践表明,水泥稳定碎石混合料在道路建成初期发生的收缩(包括干燥收缩和温度收缩),并由此引起的“反射裂缝”,已成为路面的主要病害之一。因此,在进行水泥稳定碎石混合料的配合比设计时,有必要研究其强度性能和收缩规律,以减少此类早期病害的发生。

蒙蚌高速公路位于安徽境内,路面结构为典型的半刚性基层沥青路面,为了完成其水泥稳定碎石基层混合料的配合比设计,本文首先通过室内无侧限抗压强度试验,研究了影响水泥稳定碎石混合料强度的因素及其影响规律;然后通过干缩和温缩试

验,研究了影响水泥稳定碎石混合料收缩性能的各种因素及其影响规律;并结合现场试验室的试验结果和试验段试铺情况,在保证混合料强度的基础上,提出了具有良好收缩性能的混合料配合比方案。

1 混合料强度性能研究

强度是水泥稳定碎石混合料的重要指标,是进行混合料配合比设计的基础。对于基层,首先要满足承重传荷的要求,其路用性能的其他方面必须在满足强度的基础上加以改善和提高。本文按照规范^[3]进行7 d无侧限抗压强度试验,根据试验结果分析水泥用量、集料级配对混合料强度的影响规律。

1. 1 原材料性能检验

原材料主要包括水泥和集料,经检验,二者各项

收稿日期: 2005—04—01

要求,推荐经试验分析后的配合比如表9所示。

表9 室内试验综合比较推荐配合比

水灰比	用水量 kg	粉煤灰代水泥量 %	砂率	多功能膨胀剂 (JP-2)掺量/%
0. 38	185	5	0. 35	11

4 结论

本次试验工作从2000年5月13日开始,直到2001年5月结束,进行了多次的强度和膨胀率试验观测,经过反复对比试验和分析,最后才选取了如表9所示的优化合理的高性能混凝土配合比。但是在

工程现场配料时,还必须结合具体情况进行具体分析和处理。

参考文献:

- [1] JTJ 053—94,公路工程水泥混凝土试验规程[S].
- [2] JTJ 054—94,公路工程石料试验规程[S].
- [3] JTJ 041—89,公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] GBJ 140—90,粉煤灰混凝土应用技术规范[S].
- [5] JTJ 058—94,公路工程集料试验规程[S].
- [6] 陈宝春,编著. 钢管混凝土拱桥设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社,1999.