

桥梁高性能砼力学性能研究

黄明全

(中铁十六局集团 路桥工程公司, 北京 101500)

摘要:以呼和浩特市西北线快速路工程为例,采用正交试验方法,研究了水胶比、水泥用量、粉煤灰用量、砂率对桥梁高性能砼力学性能的影响,并从原材料品质、配合比参数确定的技术要点及配合比设计等方面阐述了实现高性能砼配合比设计的方法。

关键词:桥梁;高性能砼;配合比设计;力学性能

中图分类号:U441

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)02-131-02

高性能砼以耐久性为主要设计指标,根据用途不同可分为桥梁高性能砼、水工高性能砼、土建高性能砼等,根据各类工程的实际特点,对高性能砼性能指标(工作性能、设计强度、龄期、收缩变形等)的要求不同。桥梁高性能砼受桥梁结构和工期的影响,具有早期强度高、胶凝材料单位用量多、流动性大等特点,为满足这些要求,配合比设计中需降低水胶比、增加胶凝材料单位用量、提高水泥强度等级、降低骨料粒径、增加高效减水剂掺量。

呼和浩特市西北线快速路工程全长 19.73 km,主要工程量有 8 座跨线桥、2 座互通立交桥、20 座人行天桥、2 座跨河桥及路面工程,其中高性能砼工程量为 45 万 m³。鄂尔多斯互通立交为全线重点制约工期工程,其工程量大,现浇箱梁 87 联采用 C50 高性能砼。该文以该工程上部结构现浇箱梁 C50 砼为例,采用正交试验方法,分析水胶比、水泥用量、粉煤灰用量和砂率对桥梁高性能砼力学性能的影响,研究高性能砼配合比设计方法。

1 正交试验

1.1 原材料

原材料包括水、水泥、碎石、砂、粉煤灰、减水剂等,按照因地制宜的原则进行选择。水泥采用本溪山水工源普通硅酸盐 P.O 42.5,其 28 d 抗压强度为 49.5 MPa;粉煤灰采用华能电厂 I 级粉煤灰;碎石采用反击式碎石,粒径为 4.75~19.5 mm 连续级配;砂采用当地河砂,细度模数为 2.55。

1.2 试验方法

砼配合比设计采用正交试验方法,将水胶比、水泥用量、粉煤灰用量(粉煤灰与水泥质量比)、砂率等 4 个因素进行影响因素 4 水平正交试验(见表 1)。

正交试验主要以 7 d 抗压强度和坍落度为考察指标,对于其他指标如坍落度经时损失、常压泌水率、压力泌水率、初凝和终凝时间等,利用正交设计得出的配合比方案进行考核,如果没有达到这些指标的要求,再对配合比进行适当调整。

表 1 C50 砼正交试验因素—水平表

水平	水胶比 A	水泥用量 B/ (kg · m ⁻³)	粉煤灰用 量 C/%	砂率 D/%
1	0.28	360	25	36
2	0.30	380	20	38
3	0.32	400	15	40

注:3 种水平分别对应配合比 D1、D2、D3。

1.3 试验结果与分析

C50 砼正交试验结果见表 2。

表 2 7 d 强度极差分析结果

水平	各因素下的 7 d 抗压强度/MPa			
	A	B	C	D
1	42.5	37.3	41.5	40.1
2	39.0	40.2	39.9	39.5
3	36.7	42.6	38.7	40.5
极差 R	5.8	5.3	2.8	1.0

由表 2 可知:1) 影响砼 7 d 抗压强度的最主要因素是 A 即水胶比,水胶比越小,强度越高。2) 水泥用量对砼强度的影响较大,随水泥用量的增加砼强度增大。3) 砼 7 d 强度随粉煤灰掺量的增加而减少,但粉煤灰掺量、砂率对强度的影响较小。4) 3 组砼配合比的坍落度都能满足施工要求。

综上所述,水灰比是影响砼强度的最主要因素,其次为水泥用量,粉煤灰掺量和砂率对强度的影响较小。因此,在满足砼强度和工作性能的条件下,应优先选用较低的水灰比和最少水泥用量。

2 砼的工作和力学性能

2.1 砼的工作性能

为保证砼具有良好的工作性能,保证砼泵送施工的顺利进行,按照JTGE30—2005《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》的有关规定,对初步选定的上述3组砼配合比进行坍落度和坍落度经时损失、常压泌水率和压力泌水率、初凝和终凝时间等工作性能测定。

(1) 坍落度及坍落度经时损失测定。对初步选定的3组砼配合比进行砼坍落度、扩展度及坍落度经时损失测定,结果见表3。从中可见,3组砼配合比的坍落度及坍落度损失都满足施工要求。

表3 砼坍落度及坍落度损失试验结果

配合比 编号	初始坍落 度/mm	坍落度保留值/mm			可泵性及 粘聚性
		30 min	60 min	90 min	
D1	200	200	185	180	良好
D2	190	190	180	175	良好
D3	195	195	195	180	良好

(2) 常压及压力泌水率测定。对初步选定的3组砼配合比进行常压泌水率、压力泌水率测定,结果见表4。结果表明3种砼的常压泌水率、压力泌水率都符合设计和施工要求。

表4 砼常压泌水、压力泌水试验结果

配合比 编号	凝结时间/min		泌水率/%	
	初凝	终凝	常压泌水率	压力泌水率
D1	280	510	14.6	74.3
D2	280	510	15.3	75.6
D3	280	520	14.8	73.2

(3) 初凝和终凝时间测定。对初步选定的3组砼配合比进行初凝时间、终凝时间测定,结果见表4。从中可见,3种砼的初凝和终凝时间均满足施工要求。

2.2 砼的力学性能

根据JTGE30—2005《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》,对初步确定的3种砼进行抗压强度试验,结果见表5。砼的强度增长趋势见图1。

由表5可知:3种砼的实测坍落度都在设计坍落度范围内,能满足施工要求;实测含气量为4%~5%,满足砼抗冻性能(含气量为4%~6%)要求。

由图1可知:C50砼3种配合比中,D3配合比的5d强度能达到设计要求的90%,7d强度达到设

表5 砼抗压强度试验结果

配合比 编号	设计强 度/MPa	设计坍 落度/mm	实测坍 落度/mm	实测密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	实测含 气量/%	强度/MPa			
						5 d	7 d	14 d	28 d
D1	59.9	180~220	200	2 430	4.5	50.3	54.3	59.8	65.6
D2	59.9	180~220	200	2 426	4.2	53.2	56.3	61.2	66.7
D3	59.9	180~220	200	2 438	4.3	54.6	59.7	63.8	68.5

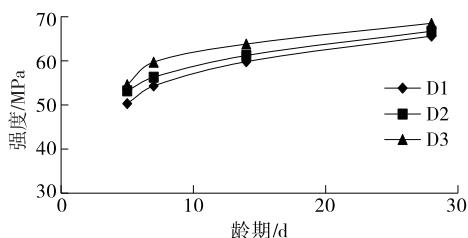


图1 C50 砼强度增长趋势

计强度的100%,满足设计和施工要求。

3 结论

根据砼配合比试验结果,水灰比是影响高性能

砼强度的最主要因素,在满足砼强度和工作性能的条件下,应优先选用较低水灰比和最少水泥用量。根据坍落度、常压泌水率、初凝和终凝时间,所设计的3种砼的工作性能、力学性能均满足要求。根据该工程的需要,采用配合比D1的经济效益较高。

参考文献:

- [1] 冯乃谦.高性能混凝土结构[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 谢荣元.高强高性能混凝土配合比设计和试验[J].福建

(下转第135页)

表 3 成拱状态倒拆分析法与目标正装分析法拱圈单元轴力对比 kN

拱圈单元 编号	拱圈单元轴力		拱圈单元 编号	拱圈单元轴力	
	倒拆分析	目标正装分析		倒拆分析	目标正装分析
1	-7 841.25	-8 187.96	42	-423.19	-1 314.90
6	-7 273.57	-7 551.00	45	-1 332.21	-2 604.22
10	-6 697.32	-6 769.25	48	-2 265.07	-3 566.54
14	-6 074.80	-6 157.30	52	-3 246.08	-4 298.82
18	-5 359.68	-5 640.27	56	-4 228.75	-4 869.90
22	-4 461.87	-5 093.86	60	-5 091.36	-5 365.04
26	-3 439.63	-4 472.33	64	-5 838.80	-5 905.38
30	-2 410.59	-3 690.69	68	-6 439.35	-6 493.86
34	-1 420.19	-2 677.27	72	-6 954.14	-7 229.84
37	-449.88	-1 337.34	76	-7 414.59	-7 782.17
40	478.96	-132.18	80	-7 794.87	-8 141.57

从表 2 可以看出:目标正装分析法所得拱圈节点竖向位移为 0~-4.737 cm,倒拆分析法所得拱圈竖向位移为 0~-33.179 cm。与倒拆分析法相比,目标正装分析法对成拱后拱圈位移的控制具有明显优势。

由表 3 可知:目标正装分析法所得拱圈单元轴力为-132.18~-8 187.96 kN,倒拆分析法所得拱圈单元轴力为 478.96~-7 841.25 kN。目标正装分析法所得轴力最大值出现在拱脚处,轴力相对倒拆分析法大 4.4%,但拱圈截面没有出现拉力,全部为受压;而倒拆分析法结果表明拱圈合龙段出现了拉力,这对拱的受力不利。目标正装分析法在拱圈受压分析上也更具优势。

4 结论

(1) 单纯的倒拆分析法不能得到可信的分析计算结果,难以指导实际施工,通过与目标正装分析法分析结果对比可检验扣索张力设置的合理性。

(2) 扣索张力计算中影响倒拆分析法不闭合的因素主要有结构体系转换、拱脚临时支撑与永久

支撑的转换、砼徐变对结构的影响。

(3) 采用以施工阶段的效应为变量,目标值设为成桥阶段效应的正装分析方法可避免张力不闭合的问题,且能得到更理想的拱圈受力效果。

(4) 施工控制计算必须考虑施工的可行性和方便性,避免理论脱离实际。

参考文献:

[1] 徐君兰.大跨度桥梁施工控制[M].北京:人民交通出版社,2000.

[2] 苗家武.超大跨度斜拉桥设计理论研究[D].上海:同济大学,2006.

[3] 李乔,单德山,卜一之,等.大跨度桥梁施工控制倒拆分析法的闭合条件[A].第十七届全国桥梁学术会议论文集(下册)[C].2006.

[4] 毛昌时,杜国华,范立础.混凝土斜拉桥徐变倒退分析[J].中国公路学报,1995,8(增刊 1).

[5] 辛克贵,冯仲.大跨度斜拉桥的施工非线性倒拆分析[J].工程力学,2004,21(5).

收稿日期:2016-10-07

(上接第 132 页)

建筑,2009(12).

[3] 李岩.C80 高强高性能混凝土的试验研究[J].山西建筑,2009,35(21).

[4] 黄尊红.高强高性能混凝土的设计方法及试验研究[D].兰州:兰州理工大学,2004.

[5] 刘海霞.高性能混凝土性能研究及工程应用[D].济南:

山东大学,2010.

[6] 吴中伟,廉慧珍.高性能混凝土[M].北京:中国铁道出版社,1999.

[7] 赵铁军,冯乃谦.高性能混凝土的配合比[J].混凝土,1994(2).

收稿日期:2016-11-18