

文章编号: 1005-0523(2008)04-0001-05

弋阳某标段公路路面水泥混凝土质量分析

喻乐华¹, 徐伟², 董艳², 崔蒲亮²

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 上饶市公路管理局, 江西 上饶 343000)

摘要: 根据水泥混凝土路面施工技术的相关规范和资料, 通过对弋阳县区内某标段公路路面工程混凝土抗弯拉强度的数据分析, 采用三参数(平均弯拉强度合格值、最小值和变异系数)评定该工程混凝土的质量, 并进一步探讨混凝土质量随里程、左右幅空间位置和施工时间变化的状况以及提高质量的施工控制。

关键词: 公路; 路面; 混凝土; 抗弯拉强度; 质量

中图分类号: TU528

文献标识码: A

水泥混凝土路面以其抗压、抗弯、抗磨损、高稳定性等诸多优势, 在各级路面上得到广泛应用, 在我国高等级公路中水泥混凝土路面日渐增多, 加上近年来农村公路建设中普遍采用水泥路面, 使得水泥混凝土路面科学化、规范化施工成为广大公路建设者关注的问题。路面混凝土原材料的选择、级配及组成设计、试验检测水平、施工工序控制、工艺水平、设备与技术水平及施工环境等, 都直接影响路面工程的质量。本文主要根据水泥混凝土路面施工的相关规范和资料, 通过对赣东北二级公路乐江线弋阳县区内某标段路面工程水泥混凝土抗弯拉强度的数据分析, 采用三参数(平均弯拉强度合格值、最小值和变异系数)评定该工程混凝土的质量及其等级^[1,2], 并进一步探讨质量变化的因素和提高质量的施工控制。

1 工程概况

乐江线是江西省公路规划网中的重要组成部分, 也是沟通九景高速公路、梨温高速公路、206国道、320国道的主要干线, 同时还是连接福建沿海发达地区的

主干线。乐江线在弋阳县区内由北向南起于与乐平市交界的曹溪镇邵板村, 起点桩号为 K0+000, 终于南岩镇。本文涉及的乐江线标段全长 7 公里, 起止桩号 K0+000~K7+000, 路段工程采用平原微丘二级公路标准, 路基宽 12 米, 路面宽 9 米; 水泥混凝土路面结构为: 24 cm 水泥混凝土路面层 + 20 cm 厚水泥稳定砂砾基层 + 15 cm 厚级配碎石垫层。施工时间从 2005 年 1 月至 8 月。

2 路面混凝土

2.1 原材料

采用江西贵溪新世纪水泥有限公司生产的“科华”牌 P·O·42.5 级旋窑水泥, 其主要性能指标见表 1。

细骨料是用江西弋阳砂石厂河砂, 含泥量为 1.3%, 其筛分析试验结果及物理性能详见表 2 和表 3。粗骨料采用江西弋阳曹溪砂石厂的砾石, 针片状含量为 7.3%, 其筛分析试验及物理性能试验结果分别如表 2 和表 3。

收稿日期: 2008-04-24

基金项目: 江西省交通厅资助项目(赣 200812)

作者简介: 喻乐华(1962-), 男, 教授, 主要从事土木工程材料及施工技术的教学科研工作。

表 1 水泥性能指标

项 目	细度/80 μm 筛余/%	安定性 (沸煮法)	凝结时间/min		抗折强度/MPa		抗折强度/MPa	
			初凝	终凝	3d	28d	3d	28d
测试结果	3.6	合格	58	465	4.2	7.9	18.6	46.9

表 2 砂、石筛分析结果

筛孔尺寸/mm	<0.15	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5	16	19	26.5	31.5	37.5
砂累计筛余/%	100	98.1	88.3	54	36.8	21.2	2.0	0.0					
石累计筛余/%								10.7	35	50.4	76.1	94.9	100

表 3 河砂、砾石物理性能

物理性能	表观密度 /kg/m ³	松堆积密度 /kg/m ³	紧堆积密度 /kg/m ³	细度模数	级配区域	压碎值/%
河砂	2 680	1 688	1 782	2.9	Ⅱ区	
砾石	2 720	1 545	1 682			8.6

2.2 配合比

路面工程混凝土配合比设计要求抗弯拉强度为 5.0 MPa,拌合物施工塌落度值为 1 ~ 3 cm,用三辊轴机组铺筑施工.为此,基准配合比设计如下:

表 4 配合比设计材料用量表(kg/m³)

类别	水胶比	砂率/%	水泥	细集料	粗集料	水	外加剂
配合比	0.45	31.3	399	602	1 321	178	-

该混凝土配合比设计实验室试拌时实测塌落度 1.3 cm,粘聚性、保水性良好,28 天标准抗折强度达到 5.9 MPa,并在实验路段(桩号 K9 + 500 ~ K9 + 700)实际施工,各项技术指标均满足工程混凝土设计的要求.

2.3 施工方法

混凝土路面采用水泥混凝土搅拌站集中拌和法,混凝土运输车运输,三轴振动摊铺机自行式排振,振捣机振捣.其施工程序为:安装模板→安装传力杆→混凝土配料、拌和制备→混凝土运输→混凝土摊铺、振捣及表面整修→接缝的筑做→混凝土养护和填缝.

2.4 试件强度

本标段混凝土路面施工时预留的混凝土抗折强度试件工地同条件养护 28 天作混凝土强度检测^[3],并以其代表相应的路面施工混凝土强度和混凝土质量评判的主要指标.本标段依据规范要求操作,平均约 50 米取一组(三个)试件样,共取点 126 组.这些试件工地现场成型 24 小时后拆模,工地同条件养护至 28 天龄期检测.其抗弯拉强度列表 5.

表 5 本标段混凝土抗弯拉强度

编号	桩号	幅侧	施工时间		抗弯拉强度/MPa	编号	桩号	幅侧	施工时间		抗弯拉强度/MPa
			日期	序号					日期	序号	
1	K0 + 020	左	03.24	6	5.45	64	K3 + 540	右	07.11	105	5.49
2	K0 + 070	右	07.09	103	5.76	65	K3 + 650	左	06.25	92	5.77
3	K0 + 130	左	03.24	7	5.61	66	K3 + 720	右	07.11	106	5.32
4	K0 + 200	右	07.09	104	5.58	67	K3 + 740	左	06.26	93	5.78
5	K0 + 250	左	04.02	8	5.35	68	K3 + 850	右	07.14	107	5.62
6	K0 + 290	右	05.07	34	5.62	69	K3 + 860	左	06.26	94	5.61
7	K0 + 350	左	04.02	9	5.42	70	K3 + 940	左	06.27	95	5.82
8	K0 + 440	右	05.07	35	5.52	71	K4 + 100	右	07.14	108	5.71
9	K0 + 470	左	04.07	10	5.35	72	K4 + 110	左	06.27	96	5.72
10	K0 + 520	右	05.11	36	5.69	73	K4 + 190	右	08.23	123	5.82
11	K0 + 580	左	04.07	11	5.47	74	K4 + 240	左	07.25	109	5.73
12	K0 + 660	左	04.09	12	5.40	75	K4 + 280	右	08.23	124	5.50
13	K0 + 670	右	05.11	37	5.47	76	K4 + 370	右	08.25	125	5.69
14	K0 + 750	左	04.09	13	5.55	77	K4 + 400	左	07.25	110	5.60
15	K0 + 800	右	05.14	40	5.45	78	K4 + 510	左	07.27	111	5.78
16	K0 + 870	左	04.13	14	5.25	79	K4 + 520	右	08.25	126	5.55

编号	桩号	幅侧	施工时间		抗弯拉强度/MPa	编号	桩号	幅侧	施工时间		抗弯拉强度/MPa
			日期	序号					日期	序号	
17	K0 + 960	左	04. 13	15	5. 31	80	K4 + 600	右	08. 21	121	5. 73
18	K0 + 960	右	05. 14	41	5. 38	81	K4 + 680	左	07. 27	112	5. 72
19	K1 + 010	右	05. 15	44	5. 42	82	K4 + 740	右	08. 21	122	5. 62
20	K1 + 030	左	04. 14	16	5. 36	83	K4 + 840	左	07. 28	113	5. 82
21	K1 + 130	右	05. 15	45	5. 57	84	K4 + 890	右	08. 16	119	5. 58
22	K1 + 150	左	04. 14	17	5. 42	85	K4 + 970	左	07. 28	114	5. 73
23	K1 + 240	左	04. 15	18	5. 36	86	K5 + 050	左	07. 01	101	5. 69
24	K1 + 260	右	05. 18	48	5. 53	87	K5 + 050	右	08. 16	120	5. 39
25	K1 + 310	左	04. 15	19	5. 41	88	K5 + 120	右	08. 04	117	5. 69
26	K1 + 380	左	04. 16	20	5. 40	89	K5 + 170	左	07. 01	102	5. 55
27	K1 + 440	右	05. 18	49	5. 50	90	K5 + 250	左	06. 30	99	6. 00
28	K1 + 500	左	04. 16	21	5. 49	91	K5 + 250	右	08. 04	118	5. 71
29	K1 + 530	右	05. 19	50	5. 35	92	K5 + 340	右	08. 01	115	5. 60
30	K1 + 600	左	04. 18	22	5. 42	93	K5 + 370	左	06. 30	100	5. 89
31	K1 + 600	右	05. 19	51	5. 21	94	K5 + 440	左	06. 29	97	5. 45
32	K1 + 720	左	04. 18	23	5. 30	95	K5 + 510	右	08. 01	116	5. 44
33	K1 + 720	右	05. 22	54	5. 40	96	K5 + 530	左	06. 29	98	5. 32
34	K1 + 790	左	04. 20	24	5. 45	97	K5 + 630	右	05. 25	56	5. 51
35	K1 + 850	左	04. 20	25	5. 51	98	K5 + 660	左	05. 30	64	5. 71
36	K1 + 890	右	05. 22	55	5. 19	99	K5 + 720	右	05. 25	57	5. 34
37	K1 + 920	左	04. 21	26	5. 31	100	K5 + 800	左	05. 30	65	5. 52
38	K1 + 940	右	05. 26	58	5. 53	101	K5 + 860	右	05. 19	52	5. 49
39	K2 + 080	左	04. 21	27	5. 56	102	K5 + 890	左	06. 05	72	5. 53
40	K2 + 130	右	05. 26	59	5. 24	103	K5 + 950	左	06. 05	73	5. 34
41	K2 + 170	左	04. 26	28	5. 45	104	K5 + 990	右	05. 19	53	5. 63
42	K2 + 240	右	05. 28	60	5. 54	105	K6 + 080	左	06. 19	81	5. 69
43	K2 + 260	左	04. 26	29	5. 33	106	K6 + 100	右	05. 17	46	5. 84
44	K2 + 340	左	06. 15	75	5. 62	107	K6 + 160	左	06. 19	82	5. 51
45	K2 + 360	右	05. 28	61	5. 33	108	K6 + 240	右	05. 17	47	5. 61
46	K2 + 430	左	06. 15	76	5. 57	109	K6 + 270	左	06. 20	83	5. 54
47	K2 + 540	右	05. 29	62	5. 99	110	K6 + 290	右	05. 14	42	5. 69
48	K2 + 550	左	06. 16	77	5. 55	111	K6 + 340	右	05. 14	43	5. 66
49	K2 + 660	左	06. 16	78	5. 41	112	K6 + 350	左	06. 20	84	5. 34
50	K2 + 700	右	05. 29	63	5. 62	113	K6 + 380	右	06. 21	85	5. 58
51	K2 + 730	左	06. 17	79	5. 58	114	K6 + 430	右	06. 21	86	5. 41
52	K2 + 810	左	06. 17	80	5. 23	115	K6 + 440	左	01. 24	1	5. 24
53	K2 + 850	右	05. 31	66	5. 72	116	K6 + 470	右	05. 11	38	5. 62
54	K2 + 920	左	06. 22	87	5. 71	117	K6 + 520	右	05. 11	39	5. 53
55	K3 + 000	右	05. 31	67	5. 81	118	K6 + 530	左	01. 24	2	5. 18
56	K3 + 120	右	06. 02	68	5. 69	119	K6 + 620	左	03. 05	3	5. 31
57	K3 + 150	左	06. 22	88	5. 56	120	K6 + 640	右	05. 03	3	25. 24
58	K3 + 240	右	06. 02	69	5. 66	121	K6 + 720	右	05. 03	33	5. 18
59	K3 + 270	左	06. 24	89	5. 62	122	K6 + 730	左	03. 05	4	5. 30
60	K3 + 320	右	06. 04	70	5. 76	123	K6 + 800	右	04. 29	30	5. 35
61	K3 + 410	左	06. 24	90	5. 55	124	K6 + 860	左	03. 09	5	5. 29
62	K3 + 450	右	06. 04	71	5. 71	125	K6 + 900	右	04. 29	31	5. 30
63	K3 + 530	左	06. 25	91	5. 75	126	K6 + 960	右	06. 13	74	5. 71

3 路面混凝土质量评价分析

3.1 混凝土总体质量评价

路面混凝土以其标准小梁试件抗折强度作为混

凝土质量评价分析的指标. 根据水泥混凝土路面施工的相关规范和资料,我们选用混凝土抗弯拉强度的三参数(平均弯拉强度合格值、最小值和变异系数) 来评定该工程混凝土的质量.

从表 5 的本标段混凝土抗弯拉强度数据做统计

分析处理,可得主要统计参数平均弯拉强度合格值(判断式 $f_{cs} = f_r + K\sigma$, 这里 $K = 0.65$) 及其它指标列表 6.

表 6 本标段全线总体及左、右幅混凝土强度统计参数

统计参数	全线总体	左幅	右幅
取样数	126.00	65.00	61.00
标准差	0.179 396	0.182 873	0.175 698
方差	0.032 183	0.033 442	0.030 967
平均	5.53	5.52	5.55
中位数	5.535	5.51	5.57
总和	696.95	358.56	338.39
极差	0.82	0.82	0.81
最大值	6.00	6.00	5.99
最小值 f_{min}	5.18	5.18	5.18
变异系数 C_v	0.005 819	0.006 058	0.005 570
平均弯拉强度合格值 f_{cs}	5.021	5.022	5.020

表 6 数据显示: 本标段全线混凝土总体平均弯拉强度合格值 $f_{cs} = 5.021$, 而我们 126 组样强度的最小值 $f_{min} = 5.18$, 即可判定 100% 合格; 本标段总体混凝土弯拉强度变异系数 $C_v = 0.005 819$, 表明其远低于二级公路所要求的中等变异水平(变异系数 $C_v = 0.10 \sim 0.15$), 甚至低于一级或高速公路所要求的低等级变异水平(变异系数 $C_v = 0.05 \sim 0.10$)^[4], 这说明该标段混凝土质量波动很小、稳定性非常好; 从以上结果可判定该标段路面混凝土不仅达到设计要求, 而且总体质量等级为优良, 混凝土路面施工质量控制好^[1,5,6].

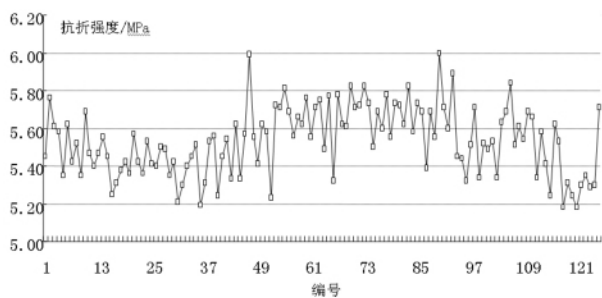


图 1 本标段混凝土抗折强度随里程(编号)的变化情况

从表 6 的统计参数和对应的图 1 可知: 本标段全线混凝土平均值为 5.530 MPa, 中位数为 5.535 MPa, 说明平均值与中位数极致相近; 反映样本离散程度的指数标准差 0.13 MPa、方差 0.03 MPa、变异系数 0.005 819、极差 0.82 都很小; 不仅表明这些混凝土技术指标都达到二级公路要求, 而且混凝土质量也可满足一级或高速公路的相应技术指标要求.

3.2 路面混凝土质量状况分析

我们以路面混凝土抗折强度及其变化情况来进一步分析讨论路面混凝土质量状况的特点, 并希望以此讨论提高混凝土路面施工质量控制的技术措施.

(1) 以里程空间为系列的质量状况

本路段路面混凝土抗折强度及其随里程空间变化情况从表 5 及图 1 可以看出: 总体上混凝土强度变化范围(5.18 ~ 6.00 MPa) 较小, 混凝土质量稳定性较高; 但有二段路面混凝土强度相对较低, 即编号 11 ~ 43(对应里程 K0 + 580 ~ K2 + 260)、编号 118 ~ 125(对应里程 K6 + 530 ~ K6 + 900) 的混凝土强度大多低于本路段的平均值, 尤其是后者虽然是本标段的末段数百米, 然而却对于本标段的全线整体质量有一定程度的拖累; 本路段的中部, 编号 53 ~ 93(对应里程 K2 + 850 ~ K5 + 370) 的混凝土质量稳定性较高, 且强度大多高于本路段的平均值.

(2) 左、右幅的质量状况及其与总体质量的对比

对比本标段左、右幅及全线混凝土强度统计参数(见表 6) 可知: 右幅的混凝土抗弯拉强度平均值较大, 混凝土强度变化范围(极差) 稍小, 而反映离散程度的指数标准差、方差和变异系数都较小; 混凝土施工质量稳定性较高; 混凝土质量状况也较好. 与此对比, 全线混凝土质量状况次之, 左幅混凝土质量状况最差. 图 2 形象地说明了上述规律.

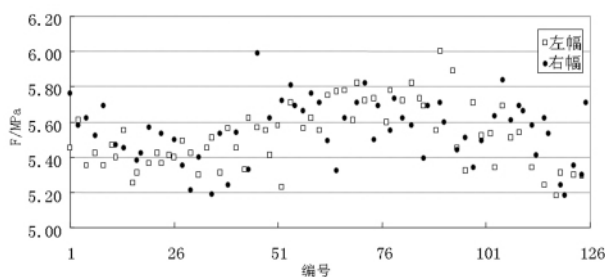


图 2 左、右幅混凝土强度 F 随里程编号的变化

(3) 以施工时间为系列的质量状况

本路段路面混凝土抗折强度随施工时间变化情况示意于图 3, 其中施工时间序号是按施工先后顺序排列的. 该图中显示: 大体上以序号 62 (2005 年 5 月 29 日, 对应里程 K2 + 540 右幅) 为界, 前期路面混凝土强度相对较低, 强度变化范围也较大; 而后期的混凝土强度较高, 其变化范围也较小, 混凝土质量稳定性较高. 就其原因可能是刚到一个新的施工环境, 施工前阶段技术准备不够充分, 操作人员不够熟练, 施工时有间断, 加之当时气温较低和雨季影响,

施工质量较差,特别是序号1~5(对应的施工时间为2005年1月24日~3月9日)在这方面尤为突出。而后期施工运作保持较好的连续性,天气也有利于混凝土施工和养护,对施工质量控制管理有所提高,使路面混凝土的质量明显好转。

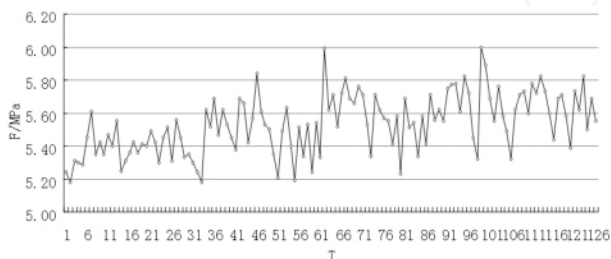


图3 混凝土强度F随施工时间序号T的变化情况

4 结论

综合上述分析结果可得出如下结论:

(1) 本标段混凝土选用合格的原材料和适宜的配合比,施工操作规范,标准抗弯拉强度都达到设计要求,混凝土强度变化范围较小,水泥混凝土路面施工质量控制较好,质量等级为优良。

(2) 本路段路面大多地段混凝土质量稳定性较高;但有二段路面混凝土强度相对较低,其强度大多

低于本路段的平均值;本路段的中部混凝土质量稳定性较高,且强度大多高于本路段的平均值。

(3) 对比本标段左、右幅及全线混凝土强度统计参数可知右幅的混凝土施工质量稳定性较高,混凝土质量状况较好。与此对照,全线混凝土质量状况次之,左幅混凝土质量状况最差。

(4) 路面混凝土抗折强度随施工时间变化情况显示前期路面混凝土强度相对较低,强度变化范围也较大;而后期的混凝土强度较高,其变化范围也较小,混凝土质量稳定性较高。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国行业标准. JTG F30-2003,公路水泥混凝土路面施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2003.
- [2] 傅智. 水泥混凝土路面施工技术[M]. 上海:同济大学出版社,2004. 337-350.
- [3] 中华人民共和国行业标准. JTG 053-94,公路工程水泥混凝土试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,1994.
- [4] 中华人民共和国行业标准. JTG D430-2002,公路水泥混凝土路面设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [5] 黄仰贤. 路面分析与设计[M]. 北京:人民交通出版社,1998. 215-241.
- [6] 宋永朝,潘晓东,等. 露石水泥混凝土路面质量评价指标研究[J]. 华东交通大学学报,2008,25(1):12-15.

Quality Evaluation of Pavement Concrete of Highway in Yiyang

YU Le-hua¹, XU Wei², DONG Yan², CUI Pu-liang²

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang, 330013; 2. Shangrao City Highway Bureau, Shangrao, 343000, China)

Abstract: According to related specification and data of construction technique of concrete pavement, the paper presents quality evaluation of pavement concrete of highway in Yiyang, based on flexural strength data of these concrete by using some statistics value. The paper also discusses and concludes the quality situation of the pavement concrete relation to distance distribution, side section and construction time. Finally, the paper proposes methods of improving pavement concrete quality.

Key words: highway; pavement; concrete; flexural strength; quality

(责任编辑:王全金)