

文章编号:0451-0712(2007)01-0207-04

中图分类号:U442.5

文献标识码:B

新丰江大桥结构计算分析

薛长武, 张彦, 李长顺

(广东省长大公路工程有限公司一分公司 番禺市 511431)

摘要: 介绍了新丰江大桥连续刚构箱梁的结构理论分析与计算内容和结果分析。
关键词: 新丰江大桥; 结构计算; 分析

1 新丰江大桥概况

新丰江大桥主桥为75 m+130 m+75 m 变截面单箱单室连续刚构箱梁桥, 在上部结构施工中, 形成2个T构, 采用挂篮悬臂现浇法分段对称、独立施工。全桥合龙及钢束张拉顺序为: (1) 边跨合龙; (2) 张拉合龙段钢束; (3) 中跨合龙; (4) 张拉合龙段钢束; (5) 二期恒载施工。

2 结构理论分析与计算

2.1 计算内容

利用桥梁结构有限元分析软件GQJS, 对主桥的各施工阶段进行了计算分析, 主要包括:

- (1) 结构形变分析;
- (2) 控制截面结构应变应力及内力计算;
- (3) 结构预拱度计算分析。

2.2 参数取值

(1) 混凝土质量密度的确定。

混凝土质量密度分别取 2.5 t/m³、2.6 t/m³、2.7 t/m³ 时, 利用 GQJS 软件计算得到的各节段混凝土重量与设计值对比情况见表1。

表1 各节段混凝土重量设计值与计算值比较

项 目	质量密度/(t/m ³)	11 号节段	10 号节段	9 号节段	8 号节段	7 号节段	6 号节段	5 号节段	4 号节段	3 号节段	2 号节段
设计重量/t		121.0	126.1	132.1	124.1	133.1	139.8	147.0	135.8	145.8	152.6
计算结果/t	2.5	116.3	124.1	133.0	122.0	128.0	134.4	141.3	130.5	140.2	146.6
计算结果/t	2.6	120.9	129.1	138.3	126.9	133.1	139.8	146.9	135.8	145.7	152.5
计算结果/t	2.7	125.6	134.0	143.6	131.9	138.2	145.1	152.6	141.0	151.4	158.4

从表1可见, 混凝土质量密度取值为 2.6 t/m³ 时, 计算得到的各节段重量才与混凝土设计值比较接近, 但考虑钢绞线、钢筋、锚具、齿板及其他因素的影响, 故在结构计算时混凝土质量密度取值定为 2.7 t/m³。

(2) 孔道摩阻系数和偏差系数的确定。

新丰江大桥孔道摩阻损失偏差系数 k 值取为 0.003, 摩擦系数取值为 0.35。

2.3 荷载情况

除混凝土自身重量和钢束张拉力按正常施工考虑外, 挂篮重量按 65 t 计算, 二期恒载按 6.1 t/m 计算, 活载组合中汽车—超 20 级的横向分布系数按

2.58 考虑。

2.4 施工阶段划分及钢束张拉的分批情况

表2给出了施工中钢束的张拉顺序。

3 计算结果

3.1 桥墩柱受力计算结果

10 号、11 号桥墩柱在各个施工阶段所受到的轴力、弯矩和应力分别见表3和表4。

3.2 T 构不同施工状态下关键点的应力计算结果

T 构在正常施工状态下关键部位的应力分别见表5和表6, 有限元计算模型及关键截面见图1所示。

表 2 钢束张拉顺序

计算阶段	阶段施工内容	计算阶段	阶段施工内容	计算阶段	阶段施工内容
1	浇筑墩身	22	张拉预应力束 2T11,2T12	43	张拉预应力束 4T23
2		23	挂篮前移	44	挂篮前移
3	浇筑 0 号节段	24	浇筑 7 号节段	45	浇筑 14 号节段
4		25	张拉预应力束 2T13,2T14	46	张拉预应力束 4T24
5	挂篮前移	26	挂篮前移	47	挂篮前移
6	浇筑 1 号节段	27	浇筑 8 号节段	48	浇筑 15 号节段
7	张拉预应力束 2T1,2T2	28	张拉预应力束 2T15,2T16	49	张拉预应力束 4T25
8	挂篮前移	29	挂篮前移	50	挂篮前移
9	浇筑 2 号节段	30	浇筑 9 号节段	51	浇筑 16 号节段及直线现浇段
10	张拉预应力束 2T3,2T4	31	张拉预应力束 2T17,2T18	52	张拉预应力束 4T26
11	挂篮前移	32	挂篮前移	53	挂篮移除,加水配重
12	浇筑 3 号节段	33	浇筑 10 号节段	54	浇筑边跨合龙段,去配重
13	张拉预应力束 2T5,2T6	34	张拉预应力束 4T19,2T20	55	张拉合龙段钢束 4T27, 4T28,2B1~2B7
14	挂篮前移	35	挂篮前移		
15	浇筑 4 号节段	36	浇筑 11 号节段	56	
16	张拉预应力束 2T7,2T8	37	张拉预应力束 4T21	57	浇筑中跨合龙段
17	挂篮前移	38	挂篮前移	58	张拉合龙段钢束 2B8~ 2B10,4B11~4B14,2B15
18	浇筑 5 号节段	39	浇筑 12 号节段		
19	张拉预应力束 2T9,2T10	40	张拉预应力束 4T22	59	桥面铺装,二期恒载
20	挂篮前移	41	挂篮前移	60	3 个月徐变
21	浇筑 6 号节段	42	浇筑 13 号节段	61	加等效 1/2 活荷载

表 3 10 号墩墩顶在施工过程所受到的力和应力

阶段施工内容	轴力 t	弯矩 t·m	墩柱面积 m ²	截面模量 m ³	应力 MPa
浇筑 0 号节段	316.5	1.7	7.5×1.4 =10.5	7.5×1.4 ² /6 =2.45	0.29
浇筑 1 号节段	544.3	5.9	10.5	2.45	0.49
浇筑 2 号节段	699.8	2.6	10.5	2.45	0.66
浇筑 3 号节段	848.3	0.2	10.5	2.45	0.81
浇筑 4 号节段	986.7	1.6	10.5	2.45	0.95
浇筑 5 号节段	1 136.5	1.7	10.5	2.45	1.09
浇筑 6 号节段	1 278.9	0.8	10.5	2.45	1.22
浇筑 7 号节段	1 414.5	1.1	10.5	2.45	1.34
浇筑 8 号节段	1 543.9	3.7	10.5	2.45	1.46
浇筑 9 号节段	1 684.9	8.8	10.5	2.45	1.57
浇筑 10 号节段	1 816.5	14.3	10.5	2.45	1.67
浇筑 11 号节段	1 939.7	16.0	10.5	2.45	1.78
浇筑 12 号节段	2 056.1	22.2	10.5	2.45	1.87
浇筑 13 号节段	2 166.8	29.2	10.5	2.45	1.94
浇筑 14 号节段	2 275.1	37.1	10.5	2.45	2.02
浇筑 15 号节段	2 395.4	48.4	10.5	2.45	2.08
浇筑 16 号节段	2 515.2	61.4	10.5	2.45	2.14
浇筑中跨合龙段	3 183.1	47.1	10.5	2.45	1.83
张拉中跨合龙束	2 326.8	301.0	10.5	2.45	1.17

注:压应力为正,拉应力为负。

表 4 11 号墩墩顶在施工过程所受到的力和应力

阶段施工内容	轴力 t	弯矩 t·m	墩柱面积 m ²	截面模量 m ³	应力 MPa
浇筑 0 号节段	316.5	2.0	7.5×1.4 =10.5	7.5×1.4 ² /6 =2.45	0.29
浇筑 1 号节段	544.3	6.6	10.5	2.45	0.49
浇筑 2 号节段	699.8	3.2	10.5	2.45	0.65
浇筑 3 号节段	848.3	0.7	10.5	2.45	0.81
浇筑 4 号节段	986.7	1.3	10.5	2.45	0.94
浇筑 5 号节段	1 136.5	1.3	10.5	2.45	1.09
浇筑 6 号节段	1 278.9	0.2	10.5	2.45	1.22
浇筑 7 号节段	1 414.5	2.0	10.5	2.45	1.34
浇筑 8 号节段	1 543.9	4.9	10.5	2.45	1.45
浇筑 9 号节段	1 684.9	10.6	10.5	2.45	1.56
浇筑 10 号节段	1 816.5	16.8	10.5	2.45	1.66
浇筑 11 号节段	1 939.7	18.7	10.5	2.45	1.77
浇筑 12 号节段	2 056.1	25.7	10.5	2.45	1.85
浇筑 13 号节段	2 166.8	33.4	10.5	2.45	1.93
浇筑 14 号节段	2 275.1	42.2	10.5	2.45	1.99
浇筑 15 号节段	2 395.4	54.7	10.5	2.45	2.06
浇筑 16 号节段	2 515.2	69.0	10.5	2.45	2.11
浇筑中跨合龙段	3 183.1	38.5	10.5	2.45	1.77
张拉中跨合龙束	2 326.8	285.1	10.5	2.45	1.25

注:压应力为正,拉应力为负

表 5 T 构悬臂正常施工状态应力

MPa

施工阶段	T 构根部截面 1		L/4(距对称轴 34m)截面 9		施工阶段	T 构根部截面 1		L/4(距对称轴 34m)截面 9	
	顶面	底面	顶面	底面		顶面	底面	顶面	底面
浇注 1 号节段	−0.06	0.06			浇注 9 号节段	5.11	3.04	−0.16	0.21
张拉 1 号节段钢束	0.94	0.02			张拉 9 号节段钢束	6.38	2.75	1.32	0.12
浇注 2 号节段	0.71	0.25			浇注 10 号节段	5.31	3.83	0.69	0.95
张拉 2 号节段钢束	1.97	0.04			张拉 10 号节段钢束	7.21	3.40	3.34	0.38
浇注 3 号节段	1.65	0.36			浇注 11 号节段	6.09	4.53	2.51	1.48
张拉 3 号节段钢束	2.92	0.12			张拉 11 号节段钢束	7.28	4.24	4.26	1.07
浇注 4 号节段	2.50	0.53			浇注 12 号节段	6.05	5.44	3.16	2.47
张拉 4 号节段钢束	3.77	0.30			张拉 12 号节段钢束	7.31	5.15	4.92	2.08
浇注 5 号节段	3.22	0.85			浇注 13 号节段	6.12	6.38	3.68	3.74
张拉 5 号节段钢束	4.50	0.60			张拉 13 号节段钢束	7.36	6.09	5.40	3.37
浇注 6 号节段	3.85	1.25			浇注 14 号节段	6.11	7.40	3.96	5.31
张拉 6 号节段钢束	5.12	1.00			张拉 14 号节段钢束	7.33	7.12	5.63	4.96
浇注 7 号节段	4.39	1.74			浇注 15 号节段	5.85	8.68	3.80	7.47
张拉 7 号节段钢束	5.66	1.48			张拉 15 号节段钢束	7.05	8.42	5.43	7.15
浇注 8 号节段	4.85	2.29			浇注 16 号节段	5.47	10.11	3.31	10.07
张拉 8 号节段钢束	6.11	2.04			张拉 16 号节段钢束	6.64	9.85	4.90	9.77

表 6 合龙后关键点正应力状态(10 号 T)

MPa

施工阶段	根部截面 1(上陵侧)		根部截面 1(埔前侧)		L/4 截面 9		L/2(跨中)截面 17(埔前侧)	
	顶面	底面	顶面	底面	顶面	底面	顶面	底面
边跨合龙	7.28	9.16	7.14	9.01	5.88	8.38		
张拉边跨合龙束	8.01	8.35	7.40	9.01	5.87	8.38		
中跨合龙	7.93	8.41	7.15	9.28	5.64	8.69	0.50	−0.85
张拉中跨合龙束	8.24	8.06	8.54	7.72	8.84	5.05	3.91	10.04
二期恒载后	6.79	9.62	6.56	9.86	7.95	6.28	5.80	6.85
活载组合 1	6.16	10.33	5.70	10.83	7.44	6.86	6.78	4.16

注:正值为压应力,负值为拉应力。

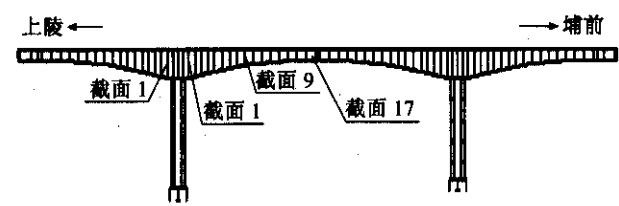


图 1 新丰江大桥有限元模型

4 结果分析

(1)从表3 和表4 可知,在正常施工状态下,新丰江大桥墩柱所受到的应力均为压应力,未出现拉应

力。这说明桥墩柱在各个施工阶段是安全的。
(2)从表5 和表6 可知,大桥正常运营时,应力有很好的储备,在恒载+汽车—超 20 级+位移+温差 20℃联合作用下,中跨下缘未出现拉应力。

5 预拱度计算结果

考虑 1/2 活载影响时,新丰江大桥预拱度计算结果见表 7,预拱度图见图 2。
从表 7 可见,新丰江大桥预拱度最大值为 123.3 mm,位于中跨合龙口附近。

表 7 新丰江大桥含 1/2 活载的预拱度

mm

结点号	坐 标	总预拱度	结点号	坐 标	总预拱度	结点号	坐 标	总预拱度
1	0	0.9	29	91.88	28.5	57	193.88	19.2
2	0.68	0.0	30	95.38	34.9	58	196.88	16.2
3	5.88	-4.2	31	98.88	42.4	59	199.88	14.3
4	8.88	-5.1	32	102.38	50.7	60	202.38	14.5
5	10.88	47.1	33	105.88	59.4	61	204.88	10.9
6	15.38	89.7	34	109.88	69.0	62	207.38	11.9
7	19.88	97.8	35	113.88	77.4	63	209.88	9.2
8	23.88	95.1	36	117.88	92.5	64	212.88	7.9
9	27.88	85.2	37	121.88	116.3	65	215.88	7.6
10	31.88	59.3	38	125.88	123.3	66	218.88	7.9
11	35.88	42.8	39	129.88	121.8	67	221.88	9.1
12	39.88	34.4	40	134.38	107.3	68	225.38	11.6
13	43.88	26.2	41	138.88	77.9	69	228.88	15.3
14	47.38	20.1	42	139.88	48.2	70	232.38	20.1
15	50.88	15.4	43	140.88	76.8	71	235.88	26.2
16	54.38	11.8	44	145.38	106.4	72	239.88	34.4
17	57.88	9.4	45	149.88	120.9	73	243.88	42.9
18	60.88	8.3	46	153.88	122.4	74	247.88	59.4
19	63.88	8.1	47	157.88	115.4	75	251.88	85.4
20	66.88	8.6	48	161.88	91.5	76	255.88	95.2
21	69.88	10.0	49	165.88	76.3	77	259.88	98.0
22	72.38	13.0	50	169.88	67.9	78	264.38	89.8
23	74.88	11.9	51	173.88	58.3	79	268.88	47.2
24	77.38	15.7	52	177.38	49.6	80	270.88	-5.0
25	79.88	15.4	53	180.88	41.3	81	273.88	-4.0
26	82.88	17.3	54	184.38	33.8	82	279.08	0.0
27	85.88	20.2	55	187.88	27.4	83	279.76	0.9
28	88.88	23.9	56	190.88	22.8			

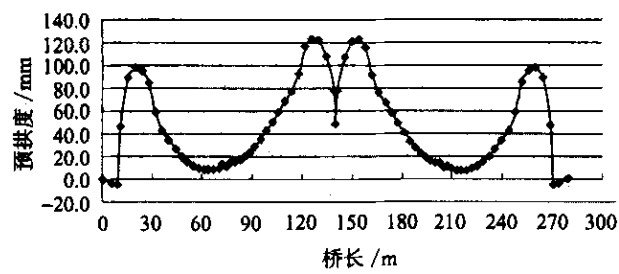


图 2 新丰江大桥含 1/2 活载的预拱度

6 结语

通过对新丰江大桥连续刚构箱梁结构的理论分析与计算,得出10号、11号主墩各施工阶段的应力及T构在正常施工状态下关键部位的应力,与施工阶段监控应力值比较吻合,说明该理论计算分析方法简捷、准确,确保了施工各阶段应力储备的安全,是连续刚构值得推广的一种理论计算方法。