

文章编号: 0451-0712(2005)10-0042-04

中图分类号: U414.03

文献标识码: B

C30 大体积混凝土配合比设计

贾要清

(路桥集团第一公路工程局第三工程公司 北京市 101102)

摘 要: 介绍了灌河大桥索塔承台大体积混凝土配合比的设计和优化, 以及应用效果。

关键词: 大体积混凝土; 材料选择; 配合比设计; 优化

1 工程简介

灌河大桥是江苏省连(连云港)盐(盐城)高速公路上的一座特大型桥梁, 全长 1.819 km。主桥为(32.9+115.4+340+115.4+32.9)m 5 跨钢与混凝土组合梁, 双塔双索面斜拉桥。灌河大桥索塔承台呈哑铃形, 承台平面尺寸为(24×24+11.6×12+24×24)m, 厚度为 6.0 m, 单个承台混凝土的方量为 7 747.2 m³, 混凝土强度等级为 C30。索塔承台钢筋混凝土结构尺寸较大, 属于大面积、多方量的大体积混凝土, 大体积混凝土在水泥水化热的作用下, 将产生较高的水化热温升, 形成不均匀非稳定温度场, 产生非均匀的温度变形。温度变形在下部结构和自身的约束之下将产生较大的温度应力, 极易导致混凝土开裂。为保证工程质量、减轻或避免温度裂缝, 妥善选用混凝土的原材料和配合比, 严格控制混凝土的温度升降变化, 是控制大体积混凝土温度裂缝的有效方法。

2 大体积混凝土配合比设计

2.1 大体积混凝土定义

现场浇筑的最小边尺寸为 1~3 m, 且必须采取措施以避免水化热引起的温差超过 25℃ 的混凝土称为大体积混凝土。

2.2 设计原则

(1) 混凝土配合比的设计及优化应根据大体积混凝土的结构特点和温控要求进行。

(2) 为降低混凝土内部的温升和水化热, 宜采用“双掺”技术。

(3) 应满足结构物设计强度的要求。索塔承台混凝土设计强度为 30 MPa, 由于承台受潮位的影响, 根据其

所处环境的重要性, 从保证结构安全的角度出发, 并考虑到混凝土原材料、拌和、运输、浇筑和养护等的差异, 应采用一个比设计强度高的配制强度(配制强度为 38.2 MPa)进行配合比设计, 以满足设计强度的要求。

(4) 应满足工作性能的要求。承台大体积混凝土, 采用泵送方式浇筑施工。混凝土的目标坍落度宜为 150~200 mm, 试配时必须经多次试拌调整, 并保证混凝土拌和物不离析、不泌水, 确保新拌混凝土有良好的工作性能。

(5) 应满足环境耐久性的要求。因承台所处环境条件为潮湿有冻害, 且受潮位的影响, 配合比设计时应充分考虑允许的“最大水灰比”和“最小水泥用量”, 以确保混凝土结构的耐久性。

(6) 应满足经济性的要求。在满足设计强度、工作性能和耐久性要求的前提下, 还应满足温控要求, 尽量降低水泥用量, 并就地取材, 选择价格适宜且符合工程质量的集料。

2.3 材料选择

遵循经济适用、就地取材, 且符合业主指定的材料源范围的原则, 组成大体积混凝土的各种材料应尽量有利于降低混凝土的发热量。

2.3.1 水泥

大体积混凝土所采用水泥宜为低水化热的水泥, 如矿渣水泥、粉煤灰水泥等, 也可以使用外掺粉煤灰的普通硅酸盐水泥。根据灌河大桥所处地理位置, 周边地区没有生产低水化热矿渣水泥的厂家, 所以采用江苏邳州大运河 P.O32.5 水泥、江苏东台 P.O32.5 水泥和江苏巨龙集团生产的 P.C32.5 等 3 种水泥进行试配试验, 3 种水泥技术指标见表 1。

表 1 3 种水泥技术指标

水泥来源	水化热 (3 d/7 d) kJ/kg	细度/%	标准稠度 用水量/%	凝结时间		安定性	强度/MPa			
				初凝 min	终凝 min		抗折		抗压	
							3 d	28 d	3 d	28 d
江苏大运河 P.O32.5 水泥	207/255	2.6	26.8	141	196	合格	4.5	7.7	18.2	36.6
江苏磊达 P.O32.5 水泥	212/263	2.2	29.8	227	288	合格	4.0	8.3	15.8	34.8
江苏巨龙 P.C32.5 水泥	182/228	1.1	29.0	197	255	合格	3.6	6.8	19.1	38.2

2.3.2 集料

粗集料:粗集料的岩石种类和集料品质(吸水率、比重)对混凝土干缩性产生影响;低吸水性(低孔隙率、高比重)粗集料混凝土的弹性模量比较高,而干缩性比较低。常见的石灰岩、花岗岩等为低缩型的,而玄武岩等属高缩型的。根据泵送混凝土的要求,本桥选择粗集料岩石种类为花岗岩以减小混凝土坍落度的损失。根据大量室内试验和其他工程实践资料,大体积混凝土宜优先选择连续级配的粗集料配制,并宜使用粒径较大的粗集料。使用连续级配的粗集料配制的混凝土工作性能较好,可以减少用水量和水泥用量,减小绝对温升;使用大粒径集料混凝土比小粒径集料混凝土可减少部分用水量,在水灰比相同的条件下可节约 10~20 kg 的水泥用量,从而降低了混凝土的温升。最大粒径应根据施工条件和施工工艺以及结构物的配筋间距、模板形状确定。本桥粗集料选用 5~31.5 mm 连续级配碎石,产地为江苏省连云港大岛山。

细集料:大体积混凝土中的细集料,以采用优质的中砂为宜,细度模数宜在 2.6~3.0 范围内。大量室内试验和参考文献表明,采用细度模数为 2.8,平均粒径为 0.380 mm 的中砂时,比采用细度模数为 2.2,平均粒径为 0.335 mm 的细砂,每 m³ 混凝土可减少水泥用量 25~35 kg,减少用水量 20~25 kg,降低了混凝土的温升和减小了混凝土的收缩。根据泵送混凝土的特性,砂率宜控制在 38%~43% 之间,且通过 0.315 mm 筛孔的累计筛余量宜在 85%~92% 范围内。本桥采用山东郯城Ⅱ区河砂,细度模数为 2.7,通过 0.315 mm 筛孔的累计筛余量 86%。

集料的质量要求:集料是混凝土的骨架,直接关系到混凝土的质量。集料的各项技术指标应符合国家标准的有关规定。大量室内试验表明,集料中含泥量过大,对混凝土的强度、干缩、徐变及和易性等都会产生不利的影响,尤其会增加混凝土的收缩,引起混凝土抗拉强度的降低,对混凝土的抗裂十分不利。本桥大体积混凝土施工中,碎石的含泥量控制在 1% 以

内,砂的含泥量控制在 3% 以内,具体检测指标见表 2。

表 2 集料各项常规技术指标

集料名称	最大粒径 细度模数	筛分	压碎值 %	针片状含量 %	含泥量 %
粗集料	31.5	合格	10	7	0.6
细集料	2.7	合格	—	—	2.6

2.3.3 粉煤灰

大体积混凝土通过等量或超量取代的方法掺加粉煤灰,以减少水泥用量,降低水化热。在混凝土中掺入一定量的粉煤灰后,除了粉煤灰本身的火山灰活性作用,产生硅酸盐凝胶,作为胶凝材料的一部分起增强作用外,在混凝土用水量不变的条件下,由于粉煤灰颗粒呈球状并具有“滚珠效应”,可以起到显著改善混凝土和易性的效能。若保持混凝土拌和物原有的流动性不变,则可减少单位用水量,从而提高混凝土的密实性和强度。本桥采用江苏省连云港市新电粉煤灰有限公司生产的Ⅰ级粉煤灰,其技术指标见表 3。

表 3 粉煤灰各项技术指标

序号	测试内容	标准指标	测试结果	评定结果
		Ⅰ级灰		
1	细度(0.045 mm 方孔筛筛余百分率)/%	≤12	9.2	Ⅰ级粉煤灰
2	烧失量/%	≤5	3.9	
3	SO ₃ /%	≤3	0.35	
4	需水量比/%	≤95	94.6	
5	含水量/%	≤1	0.2	

2.3.4 外加剂

本桥大体积混凝土中掺加的外加剂是江苏省博特材料有限公司生产的 JM-9 缓凝、泵送高效增强剂,JM-9 系以β-萘磺酸亚甲基高级缩合物和特种保坍剂为主体的复合外加剂。在泵送混凝土中掺入水泥质量的 0.8%~1.5%,能够明显地改善混凝土的和易性,而且可减少 15% 左右的水,混凝土 28 d 强度可提高 10%~20%;若不减少拌和用水,坍落度可提高 100 mm 左右;若保持强度不变,可节省水泥 10%,从而降低水化热。

2.3.5 水

拌和用水采用灌河水,灌河水水质分析报告见表4。

表 4 灌河水水质分析报告

序号	项目名称	单位	钢筋混凝土 用水标准(JGJ63—89)	检测 结果
1	pH 值		> 4	8.08
2	不溶物	mg/L	<2 000	10
3	可溶物	mg/L	<5 000	489
4	氯化物(以 CL ⁻ 计)	mg/L	<600	58
5	硫酸盐(以 SO ₄ ²⁻ 计)	mg/L	<2 700	89

2.4 配合比设计及混凝土试验

2.4.1 配合比的试配

首先确定了配合比的各种材料及各材料的级配,其次依据《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55—2000)的有关规定进行大体积混凝土配合比设计,然后按《普通混凝土拌和物性能试验法标准》(GB/T50080—2002)和《普通混凝土力学性能试验法标准》(GB/T50081—2002)的有关规定进行混凝土的室内试拌和新拌混凝土性能的各项试验以及试件的力学性能试验,试验结果如表5、表6和表7。

表 5 大体积混凝土试验结果一(江苏大运河 P.O32.5 水泥)

编号	水灰比	配合比例/(kg/m ³)						坍落度 mm	强度/MPa				弹性模量/(×10 ⁴ MPa)			
		水泥	砂	石	水	粉煤灰	JM—9		3 d	7 d	28 d	60 d	3 d	7 d	28 d	60 d
A—1	0.45	286	773	1 062	165	81	3.67	135	18.9	25.8	38.4	44.4	1.07	2.20	2.79	—
A—2	0.43	300	747	1 072	165	84	3.84	150	20.4	30.2	44.2	49.7	1.12	2.32	2.48	—
A—3	0.41	314	722	1 082	165	88	4.02	145	24.7	31.5	40.6	50.5	2.20	3.01	3.29	—
A—4	0.45	279	749	1 062	165	106	3.85	140	17.9	25.1	37.5	44.2	1.80	2.72	3.05	—
A—5	0.43	292	723	1 072	165	110	4.02	155	19.8	26.9	38.0	45.0	2.01	3.04	3.34	—
A—6	0.41	306	696	1 082	165	115	4.21	150	22.9	30.0	38.7	46.7	1.89	3.11	3.41	—
A—7	0.45	272	746	1 062	165	114	3.86	135	17.6	24.1	36.9	41.8	1.99	2.86	3.04	—
A—8	0.43	284	728	1 072	165	120	4.04	140	20.1	27.2	37.7	44.2	2.45	2.99	3.38	—
A—9	0.41	297	691	1 082	165	126	4.23	140	23.2	30.4	40.1	45.3	2.35	3.09	3.39	—
A—10	0.45	264	740	1 062	165	124	3.88	145	15.9	22.5	36.8	40.9	1.78	2.85	3.25	—
A—11	0.43	276	712	1 072	165	130	4.06	155	18.8	25.4	37.4	45.1	2.39	3.07	3.24	—
A—12	0.41	289	686	1 082	165	136	4.25	140	20.8	26.9	39.5	45.8	2.45	3.12	3.37	—

表 6 大体积混凝土试验结果二(江苏磊达 P.O32.5 水泥)

编号	水灰比	配合比例/(kg/m³)						坍落度 mm	强度/MPa				弹性模量/(×10 ⁴ MPa)			
		水泥	砂	石	水	粉煤灰	JM—9		3 d	7 d	28 d	60 d	3 d	7 d	28 d	60 d
B—1	0.45	281	678	1 100	176	112	5.90	135	—	—	—	—	—	—	—	—
B—2	0.43	293	649	1 110	176	118	6.17	130	—	—	—	—	—	—	—	—
B—3	0.41	307	626	1 118	176	122	6.44	135	—	—	—	—	—	—	—	—
B—4	0.45	281	715	1 063	176	112	5.90	150	17.9	22.6	30.6	34.2	1.15	2.34	2.68	—
B—5	0.43	293	688	1 074	176	118	6.17	170	20.0	25.3	35.0	36.5	1.76	2.56	3.05	—
B—6	0.41	307	662	1 082	176	122	6.44	180	21.6	25.8	37.8	40.3	2.23	2.78	3.28	—

表 7 大体积混凝土试验结果三(江苏巨龙 P.C32.5 水泥)

编号	水灰比	配合比例/kg/m ³						坍落度 mm	强度/MPa				弹性模量/(×10 ⁴ MPa)			
		水泥	砂	石	水	粉煤灰	JM—Ⅷ		3 d	7 d	28 d	60 d	3 d	7 d	28 d	60 d
C—1	0.45	287	727	1 095	172	96	4.98	160	—	—	—	—	—	—	—	—
C—2	0.43	300	720	1 086	172	100	5.20	165	—	—	—	—	—	—	—	—
C—3	0.41	315	711	1 075	172	105	5.46	165	—	—	—	—	—	—	—	—
C—4	0.46	287	724	1 090	175	96	4.98	185	23.4	27.0	36.5	41.2	2.30	2.95	3.40	—
C—5	0.44	300	717	1 081	175	100	5.20	190	24.2	28.3	40.8	45.6	2.28	2.98	3.46	—
C—6	0.42	315	708	1 075	175	105	5.46	180	25.9	29.8	38.8	45.8	2.45	3.12	3.50	—

2.4.2 配合比的比选、分析与确定

根据表1、表5、表6 和表7 的试验结果,3 种水泥同龄期相比 P.O32.5 磊达水泥的水化热最大,P.O32.5 邳州大运河水泥的水化热次之,P.C32.5 巨龙水泥的水化热最小。

但P.C32.5 巨龙水泥细度偏细,蓄水量大,实际施工中坍落度损失较大,很难保证新拌混凝土的工作性。

P.O32.5 东台磊达水泥质量极不稳定,且新拌混凝土泌水严重。

P.O32.5 邳州大运河水泥质量较稳定,新拌混凝土工作性能也较好。

根据以上分析,优选 P.O32.5 邳州大运河水泥作为施工使用。从表5 试验结果看出,每种配合比的新拌混凝土坍落度较小,但可以满足泵送混凝土的

要求;从室内试配结果分析,编号为 A—1~A—3 的配合比比其他编号的配合比工作性能要好,且强度也满足设计要求,故将编号为 A—1~A—3 的配合比作为室内的配合比,其中编号为A—2 的配合比为基准配合比。

3 配合比的优化

从大体积混凝土温控角度出发,在保证结构物强度、工作性以及耐久性的前提下,尽量降低水泥用量,增加粉煤灰,可减少水化热。在选定的配合比中,每 m³ 混凝土 300 kg 的水泥用量仍偏高,应还有优化的可能,故对编号为 A—1~A—3 的配合比进行优化。水泥采用江苏邳州大运河 P.O32.5 水泥,其他材料不变,进行配合比优化设计,试验结果见表 8。

表 8 大体积混凝土配合比优化设计试验结果(江苏邳州大运河 P.O32.5 水泥)

编号	水灰比	配合比例/(kg/m ³)						坍落度 mm	强度/MPa				弹性模量/(×10 ⁴ MPa)			
		水泥	砂	石	水	粉煤灰	JM—9		3 d	7 d	28 d	60 d	3 d	7 d	28 d	60 d
D—1	0.46	274	678	1 077	180	117	5.87	180	18.3	26.7	37.1	42.6	3.31	3.36	3.7	—
D—2	0.44	286	670	1 068	180	123	6.14	200	20.1	24.5	38.4	45.7	2.97	3.23	3.51	—
D—3	0.42	300	661	1 058	180	129	6.44	180	25.6	29.5	42.8	46.0	2.97	3.35	3.54	—

根据设计强度及泵送混凝土工作性的要求,经试配优选,确定采用 P.O32.5 邳州大运河水泥时混凝土配合比编号为 D—2,水泥:砂:碎石:水:粉煤灰:外加剂=286:670:1 068:180:123:6.135(kg/m³),坍落度为 200 mm,1 h 后坍落度为 190 mm,初凝时间 750 min,终凝时间 890 min。索塔承台分块浇筑,并在承台系梁中部留一个 1.5 m 宽的后浇段,为保证分块之间有效粘结,后浇段采用微膨胀混凝土。微膨胀混凝土配合比以水泥:砂:碎石:水:粉煤灰:外加剂=286:670:1 068:180:123:6.135(kg/m³), $W/(C+F)=0.44$ 为基础,在其中加入适量微膨胀剂防止混凝土开裂,配合比计算为水泥:砂:碎石:水:粉煤灰:膨胀剂=286:670:1 068:180:123:12(kg/m³), $W/(C+F)=0.44$,膨胀剂(JM—Ⅲ)采用外掺法,掺量为 $3\% \times (C+F)=3\% \times (286+123)=12\text{ kg/m}^3$,外加剂(JM—9)掺量为 $1.5\% \times (C+F)=1.5\% \times (286+123)=6.135\text{ kg/m}^3$;室内试验坍落度为 210 mm,在标准养护条件下,7 d 抗压强度为 27.1 MPa,28 d 抗压强度为 36.8 MPa,60 d 抗压强度为 44.9 MPa。

4 应用效果

本桥承台大体积混凝土的施工采取了直接泵送

的方式,通过对混凝土搅拌和现场浇筑工艺的有效控制,取得了较好的效果。混凝土在浇筑过程中未出现堵管和泌水现象,保证了混凝土施工的顺利进行;配合比中采用“双掺”技术,保证了层与层混凝土的浇筑时间,同时也确保了混凝土顶面有足够的收浆时间。施工完成后仔细观察承台混凝土表面,未发现任何由于温度引起的温度裂缝以及干缩裂缝,确保了索塔承台混凝土的质量。混凝土浇筑过程中随机取样留取的混凝土试件,标养 28 d 后的混凝土抗压强度值为 36.1 MPa,达室内试配强度的 94%,为后续工程施工赢得了宝贵的时间,确保了大体积混凝土的内在质量。

5 结论

(1)大体积混凝土配合比设计时,应从有利于“温控”角度出发,防止混凝土产生温度裂缝。

(2)大体积配合比设计中材料选择是关键,尤其在 选择水泥时尽量采用低水化热的水泥,当不能满足而采用中热水泥时,宜采用“双掺”技术以降低混凝土的水化热。

(3)大体积混凝土如以 60 d 强度作为控制指标,应更合理,这样可进一步减少水泥用量,降低水化热。

文章编号: 0451-0712(2005)10-0046-04

中图分类号: U445.471

文献标识码: B

整箱室 T 梁模板在工程中的应用

宋莉莉

(路桥集团第一公路工程局三公司 北京市 101102)

摘 要: 整箱室 T 梁模板各方面性能都优于拼装式模板, 主要介绍它在设计、制作和施工中应注意的细节问题及处理方法。

关键词: 重型 T 梁; 整箱室模板; 翼板; 肋板; 拆模时间

1 整箱室 T 梁模板概况

在桥梁工程中, 由于 T 形梁截面惯性矩大、抗弯性能强, 常用于跨径为 40~60 m 的中大型桥梁。T 形梁结构主要由翼板、肋板、马蹄部位组成。为加强梁与梁之间的横向联系, 大跨径 T 梁多设有横隔板, 形成了两横隔板与梁肋板、梁翼板共同组成的一个四面箱室, 如图 1 所示。根据具体梁长, 由数个这样的箱室共同组成单个梁体。根据调查, 这种整箱室 T 梁广泛用于全国各个省份, 如陕西、河南等省。

对于这种箱室 T 梁最常用的模板形式是将模板分成 4 个小块, 将一个四面体拆成 2 个三面体和 2 个两面体进行施工, 如图 2 所示。这种方法虽然能将模板顺利地拼装和拆除, 但是缺点却很多, 如施工缝较多, 外观不容易达到规范要求, 模板错台严重影响梁体外观平整度; 再有, 由于拼接块数较多, 所以对 T 梁预拱度的施工控制较难, 测量控制点多, 测量也困难; 另外, 施工周期长, 一套模板, 装拼要 8 h, 拆除要

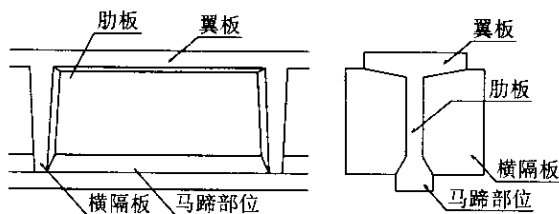


图 1 T 梁简图

6 h, 单位工期长, 影响工程进度, 提高了工程造价成本。优点是对梁体构造尺寸要求不严, 可广泛适用于各种梁体。

为克服拼装式模板的缺点, 近几年, 在工程中常采取将单个箱室作为整块模板进行施工, 并逐步受到各级工程监管人员的肯定, 见图 3 所示。

整箱室 T 梁模板的优点比较明显, (1) 采用该模板浇注的 T 梁, 混凝土表面无拼接缝, 外表美观; (2) 一套模板装拼和调整只须 3~4 h, 拆卸只需约

收稿日期: 2005-09-14

(4) 采用“双掺”技术的好处在于一方面降低水灰比, 减少水泥用量, 降低水化热; 另一方面可延长混凝土凝结时间, 延缓混凝土水化温升过程。

(5) 大体积混凝土配合比设计时, 应通过采用多种水泥以及不同掺量的外掺料进行混凝土配合比的比较试验, 多向选择适合大体积混凝土施工的指导配合比。

(6) 大体积混凝土施工采用泵送法施工时, 适宜砂率为 38%~43%, 水灰比宜为 0.41~0.45, 坍落度为 150~200 mm。

(7) 正确的混凝土配合比设计和准确的试验数

据为大体积混凝土温控计算提供了有力的数学依据。

参考文献:

- [1] JGJ55-2000, 普通混凝土配比设计规程[S].
- [2] GB/T50080-2002, 普通混凝土拌和物性能试验法标准[S].
- [3] GB/T50081-2002, 普通混凝土力学性能试验法标准[S].
- [4] 徐羽白. 新型混凝土工程施工工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.