

第四章 桥梁工程

第一节 施工准备工作

了解：施工测量的主要内容及要求；预制场地的要求。

熟悉：施工组织设计的审批要点；桥梁工程材料及混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土等各种混合料的质量要求。

掌握：大、中桥台和基础位置的定位测量方法；施工进度安排的合理性和可行性；施工能力的适应性。

1、结构混凝土工程

01 集料

1. 一般要求

(1) 集料应清洁、坚硬、坚韧、耐久、无外包层、匀质，并不含结块、软弱或片状颗粒，无粘土、尘土、盐、碱、壤土、云母、有机物或其他有害物质。必要时，集料应予清洗和过筛，以除去有害物质。

(2) 不同来源的集料不得混合或储存在同一料堆，也不得交替使用在同类的工程中或混合料中。

(3) 用于混凝土的水泥、集料及掺加剂等，应分别进行含碱量试验，尽量避免使用可能发生碱—集料反应(AAR)集料。在非含碱环境中，如果必须采用此类集料时，应按规范要求，选用碱含量小于0.6%的低碱水泥，并限制混凝土中的总碱量。对一般桥涵不宜超过 $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ ；对特殊大桥、大桥和主要桥梁不宜大于 $1.8\text{kg}/\text{m}^3$ ；在含碱环境的混凝土中，不得使用此类集料。

2. 细集料

(1) 细集料应由颗粒坚硬、强度高、耐风化的天然砂构成，经监理工程师批准，也可由质量占50%的用硬质岩石加工的机制砂与天然砂组成。

(2) 按细度模数(Mx)将砂分组如下：

粗砂 $M_x = 3.7 \sim 3.1$ ；中砂 $M_x = 3.0 \sim 2.3$ ；细砂 $M_x = 2.2 \sim 1.6$

在混凝土配制时应同时考虑砂的细度模数和级配情况，细度模数的计算可按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—2000)第5章的规定执行。

(3) 细集料的级配范围、坚固性、杂质的最大含量应符合表410-1、表410-2及表410-3要求，试验应按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—2000)进行。

细集料配范围表

表 410-1

筛孔尺寸(mm)	级 配 区		
	I 区	II 区	III 区
	累计筛余(质量%)		
10.00	0	0	0
5.00*	10~0	10~0	10~0
2.5	35~5	25~0	15~0
1.25	65~35	50~10	25~10
0.63*	85~71	70~41	40~16
0.315	95~80	92~70	85~55
0.16*	100~90	100~90	100~90

注：①混凝土中细集料的级配范围应符合表 410-1 任一区。

②表中除带有*号筛孔外，其余各筛孔累计筛余允许超过分界线，但其总量不得大于 5%。

③ I 区砂宜提高砂率以配低流动性混凝土，II 区砂宜优先选用以配不同等级混凝土，III 区砂宜适当降低砂率以保证混凝土强度。

④对于高强泵送混凝土用砂宜选用中砂，细度模数为 2.9-2.6, 2.5mm 筛孔的累计筛余量不得大于 15%, 0.315mm 筛孔的累计余量宜在 85%-92%范围内。

砂的坚固性指标

表 410-2

混凝土所处的环境条件	循环后的质量损失 (%)	混凝土所处的环境条件	循环后的质量损失 (%)
在寒冷地区室外使用，并经常处于潮湿或干燥交替状态下的混凝土	≤ 8	在其他条件下使用的混凝土	≤ 12

注：①寒冷地区系指最寒冷月份的平均温度为 0 ~ -10℃且日平均温度 ≤ 5℃的天数不超过 145d 的地区。

②对同一产源的砂，在类似的气候条件下使用已有可靠的经验时，可不作坚固性检验；

③对于有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求的混凝土用砂，或有腐蚀介质作用或经常处于水位变化区的地下结构混凝土用砂，其循环后的质量损失率应小于 8%。

细集料杂质含量

表 410-3

混凝土级别	≥ C30	< C30
含泥量 (%)	≤ 3	≤ 5
其中泥块含量 (%)	≤ 1.0	≤ 2.0
硫化物及硫酸盐折算为 SO ₃ (%)	< 1	< 1
有机质含量(用比色法试验)	颜色不应深于标准色，如深于标准色，应以水泥砂浆进行抗压强度对比试验，加以复核	
云母含量 (%)	< 2	< 2
轻物质含量	< 1	< 1

注：①对有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土用砂，总含泥量应不大于 3%，其中泥块含量应不大于 1.0%，云母含量不应超过 1%。

②对有机质含量进行复核时，用原状砂配制的水泥砂浆抗压强度不低于用洗除有机质的砂所配制的砂浆的 95%时为合格。

③砂中如含有颗粒状的硫酸盐或硫化物，则要进行混凝土耐久性试验，满足要求时方能使用。

④杂质含量均按质量计。

3. 粗集料

(1)粗集料应由符合表 410-4 级配的坚硬卵石、砾石或碎石组成。C40 及 C40 以上的混凝土，应采用碎石。

(2)粗集料的技术要求及有害物质含量，应分别符合表 410-5、表 410-6 的规定。

(3)粗集料最大粒径应不超过结构物最小尺寸的 1/4 和钢筋最小净距的 3/4；当设置二层或多层钢筋时，不得超过钢筋最小净距的 1/2。粗集料粒径也不得超过 100mm。用混凝土泵运送混凝土时的粗集料最大粒径，除应符合上述规定外，对碎石不应超过输送管内径的 1/3；对于卵石不应超过输送管内径 1/2.5。

粗集料级配范围表

表 410-4

级配情况	公称粒级 (mm)	累计筛余 (质量%)											
		筛眼孔径 (圆) (mm)											
		2.5	5	10	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100
连续级配	5-10	95-100	80-100	0-15	0								
	5-6	95-100	90-100	30-60	0-10	0							
	5-20	95-100	90-100	40-70		0-10	0						
	5-25	95-100	90-100		30-70		0-5	0					
	5-31.5	95-100	90-100	70-90		15-45		0-5	0				
	5-40		95-100	75-90		30-60			0-5	0			
单级配	10-20		95-100	85-100		0-15	0						
	16-31.5		95-100		85-100			0-10	0				
	20-40			95-100		80-100			0-10	0			
	31.5-63				95-100			75-100	45-75		0-10	0	
	40-80					95-100			70-100		30-60	0-10	0

碎石和卵石中的有害物质含量

表 410-5

项 目	品质 指 标
硫化物及硫酸盐折算为 SO_3 (按质量计) 不大于 (%)	1
卵石中有机物含量 (用比色法试验)	颜色不应深于标准色, 如深于标准色, 则应配制成混凝土进行强度试验, 抗压强度应不低于 95%

注: 如含有颗粒硫酸盐或硫化物, 则要进行混凝土耐久性试验, 确认能满足要求时方能采用。

粗集料的技术要求表

表 410-6

指 标	混凝土强度等级			
	C55 ~ C40	≥ C30	≤ C35	< C30
石料压碎指标值 (%)	≤ 12	~	16	~
针片状颗粒含量 (%)	~	≤ 15	~	≤ 25
含泥量 (按质量计) (%)	~	≤ 1.0	~	≤ 2.0
泥块含量 (按质量计) (%)	~	≤ 0.5	~	≤ 0.7
小于 2.5mm 颗粒含量 (%)	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5

注: ①混凝土强度等级为 C60 及以上时应进行岩石抗压强度检验, 其他情况下, 如有怀疑或认为有必要时也可进行岩石的抗压强度检验。对于大于或等于 C30 的混凝土, 岩石的抗压强度与混凝土等级之比不应小于 2, 其他不应小于 1.5, 且火成岩强度不宜低于 80MPa, 变质岩强度不宜低于 60MPa, 水成岩强度不宜低于 30MPa。

②混凝土强度在 C10 及以下时, 针、片状颗粒含量可放宽到 40%。

(4) 如监理工程师要求进行耗试验, 按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—2000) 进行石料的洛杉矶磨耗试验时, 500 转的磨耗损失不应超过 40%。

(5)混凝土结构物处于表410-7所列条件下时,应按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—2000)规定对碎石和卵石地行坚固性试验,试验结果应符合表410-7的规定值。当由同一来源的粗集料曾在同样使用条件下使用满足要求时,经监理工程师同意,可不进行坚固性试验。

碎石和卵石的坚固性试验及指标

表 410-7

混凝土所处环境条件	在溶液中循环次数	试验后质量损失不宜大于(%)
寒冷地区,经常处于干湿交替状态	5	5
严寒地区,经常处于干湿交替状态	5	3
混凝土处于干燥条件,但粗集料风化或软弱颗粒过多时	5	12
混凝土处于干燥条件,但是抗疲劳、耐磨、抗冲击要求高或强度大于C40	5	5

注:有抗冻、抗渗要求的混凝土用硫酸钠法进行坚固性试验不合格时,可再进行直接冻融试验。

(6)粗集料应予以冲洗。

(7)除另有注明者外,粗集料的试验按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058-2000)进行。

02 水

1. 一般要求

水的化学分析应按《公路工程水质分析操作规程》(JTJ 056-84)进行。饮用水可以不进行试验。

2. 水的化学方面要求

(1)水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质及油脂、糖类、游离酸类、碱、盐、有机物或其他有害物质。

(2)污水、pH值小于5的酸性含硫酸盐量(按 SO_4^{2-} 计)超过水的质量2700mg/L的水不得使用于钢筋混凝土; SO_4^{2-} 含量超过600 mg/L的水不得使用于预应力混凝土。

(3)钢筋混凝土和预应力混凝土结构不得用海水拌制混凝土。

(4)水中氯化物(以 Cl^- 计)含量,对于钢筋混凝土不得大于1200mg/L;对于预应力混凝土不得大于350mg/L。

以上规定适用于拌和用水及养生用水。

03 水泥

1. 水泥标准及规范

(1)硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥(GB 175—1999);

(2)矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥(GB 1344—1999);

(3)抗硫酸盐硅酸盐水泥(GB 748—1996)

(4)快硬硅酸盐水泥(GB 199—1990)

2. 所有水泥应取自监理工程师同意的产源,在一个工程项目中所用的任一类水泥应取自同一生产厂商,但监理工程师批准者除外。

3. 钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构中, **严禁使用含氯化物的水泥。**

4. 承包人应向监理工程师提供每批水泥的清单,说明厂商名称、水泥种类及数量,以及厂商的试验证明,证实该批水泥已经试验分析,在各方面符合标准规范要求。提供清单及试验证明的费用应包括在混凝土单价内。

5. 承包人应对进场的每批水泥均按相应水泥标准中所规定的试验项目、试验方法、检验规则取样检验,检验结果报送监理工程师批准。不合格水泥不得使用。

6. 水泥运到工地后应尽快使用,水泥由于受潮或其他原因,监理工程师认为变质或不能使用时,应从工地运走。

04 外加剂及混合材料

1. 外加剂

(1)应根据外加剂的特点,结合使用目的,通过技术、经济比较来确定外加剂的使用

品种。如果使用了一种以上的外加剂，必须经过配比设计，并按要求加入到混凝土拌和物中。

(2) 外加剂掺量应根据产品质量、使用要求、施工条件，混凝土原料的变化进行调整。

(3) 所采用的外加剂，必须是经过有关部门检验并附有检验合格证明的产品，其质量应符合《混凝土外加剂》(GBJ 8076—1997)的规定，使用前应复验其效果，使用时应符合产品说明及本规范关于混凝土配合比、拌制、浇筑等各项规定以及外加剂标准中的有关规定。

(4) 有关混凝土外加剂现场复试检测项目及标准见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 F-2。不同品种的外加剂应分别存储，做好标记，在运输与存储时不得混入杂物和遭受污染。

2. 混合材料

(1) 混合材料包括粉煤灰、火山质材料、粒化高炉矿渣等，应由生产厂家专门加工，进行产品检验并出具产品合格证书，其技术条件应分别符合《用于水泥混凝土中的粉煤灰》(GB 1596—1991)、《用于水泥中的火山灰质混合材料》(GB/T 2847—1996)、《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB/T 203—1994)等标准的规定。使用单位对产品质量有怀疑时，应对其质量进行复查，混合材料技术条件见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 F-3。

(2) 混合材料在运输与存储中，应有明显标志，严禁与水泥等其他粉状材料混合。

05 混凝土配合比设计

1. 一般要求

(1) 不同级别的混凝土应由承包人进行配合比设计。

(2) 混凝土配合比设计应在混凝土浇筑前至少 35d 完成，其费用由承包人负担，在配合比未得到监理工程师批准前，不得浇筑混凝土。

(3) 混凝土中掺用外加剂的应用技术应符合《混凝土外加剂应用技术规范》(GBJ 119—88)和有关环境保护的规定。

2. 普通混凝土配合比设计

(1) 普通混凝土配合比，应按《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)通过计算、试配和调整确定。

(2) 混凝土的试配强度，应根据图纸规定混凝土强度等级，考虑施工条件的差异和变化以及材料质量可能的波动，可参考本节附录计算确定。

(3) 对于预应力混凝土，应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)表 2.1.3 关于混凝土弹性模量的规定。

(4) 混凝土的最大水灰比、最小水泥用量，应符合表 410-8 的要求。

混凝土最大水灰比、最少水泥用量

表 410-7

混凝土结构所处的环境	素 混 凝 土		钢筋混凝土/预应力混凝土	
	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m ³)	最大水灰比	最少水泥用量(kg/m ³)
温暖地区或寒冷地区，无侵蚀物质影响、与土直接接触	0.60	250	0.55	275
严寒地区或使用除冰盐的桥涵	0.55	275	0.50	300
受侵蚀性物质影响	0.45	300	0.40	325

注：①本表中的水灰比，系指水与水泥(包括外掺混合材料)用量的比值；

②本表中的最小水泥用量，包括外掺混合材料；当采用人工捣实混凝土时，水泥用量应增加 25kg/m³；当掺用外加剂且能有效地改善混凝土的和易性时，水泥用量可减少 25 kg/m³；

③严寒地区系指最冷月份平均气温 ≤ -10℃，且平均气温 ≤ 5℃的天数 ≥ 145 天的地区。

(5) 混凝土的最大水泥用量(包括代替部分水泥的混合材料)，一般不超过 500kg/m³，大体积混凝土水泥用量最大不宜超过 350 kg/m³。

(6) 混凝土浇筑入模时的坍落度，应符合表 410-9 的要求。

混凝土浇筑入模时的坍落度

表 410-9

结构物类型	坍落度 (mm)	结构物类型	坍落度 (mm)
小型预制块及便于振捣的结构	0 ~ 20	配筋较密、断面较小的钢筋混凝土结构	50 ~ 70
桥涵基础、墩台等无筋或少筋结构	10 ~ 30	配筋极密、断面高而狭的钢筋混凝土结构	70 ~ 90
普通配筋率的钢筋混凝土结构	30 ~ 50		

注：①水下混凝土、泵送混凝土的坍落度，另见本规范有关章节规定；
②用人工捣实时，坍落度宜增加 20 ~ 30mm。

(7) 混凝土砂率的确定应符合下列规定：

- a. 坍落度在 10 ~ 60mm 的混凝土砂率，可根据粗集料品种、粒径及水灰比按表 410-10 选取。
- b. 坍落度大于 60mm 的混凝土砂率，可经试验确定，也可在表 410-10 的基础上，按坍落度每增大 20 mm，砂率增大 1% 的幅度予以调整。

混凝土砂率(%)

表 410-10

水 灰 比	卵石最大粒径 (mm)			碎石最大粒径 (mm)		
	10	20	40	16	20	40
0.40	26 ~ 32	25 ~ 31	24 ~ 30	30 ~ 35	29 ~ 34	27 ~ 32
0.50	30 ~ 35	29 ~ 34	28 ~ 33	33 ~ 38	32 ~ 37	30 ~ 35
0.60	33 ~ 38	32 ~ 37	31 ~ 36	36 ~ 41	35 ~ 40	33 ~ 38
0.70	36 ~ 41	35 ~ 40	34 ~ 39	39 ~ 44	38 ~ 43	36 ~ 41

注：①本表数值系中砂的选用砂率，对细砂或粗砂，可相应地减少或增大砂率。
②只用一个单级粗内料配制混凝土时，砂率应适当增大；
③对薄壁构件砂率取偏大值；
④本表中的砂率系指砂与集料总量的质量比。

c. 坍落度小于 10mm 的混凝土及掺用外加剂和掺加料的混凝土，其砂率应经试验确定。

(8) 在混凝土掺用外加剂，应符合以下要求：

- a. 在钢筋混凝土及预应力混凝土中，不得掺用氯化钙、氯化钠等氯盐。
- b. 钢筋混凝土从各种组成材料引入的氯离子(折合氯化物)含量：当结构物处于温暖或严寒地区、无侵蚀性物质影响及与土直接接触时，不宜超过水泥用量的 0.30%；结构物位于严寒和海水区域、受侵蚀环境和使用除冰盐的桥涵，不宜超过水泥用量的 0.15%。从各种组成材料引入的氯离子含量大于上述数值时，应采用有效的防锈措施(如掺入阻锈剂、增加保护层厚度、提高混凝土密实性等)。
- c. 预应力混凝土各组成材料引入的氯离子(折合氯化物)含量，不宜超过水泥用量的 0.06%，当大于 0.06% 时，宜采用防锈措施；对于干燥环境中的小型非重要构件，氯离子含量可提高一倍。
- d. 无筋混凝土的氯化钠、氯化钙掺用量，以干质量计不应超过水泥用量的 3%。
- e. 掺入加气剂混凝土的含气量为 3.5% ~ 5.5%。
- f. 预应力混凝土中不得掺入加气剂及加气型减水剂。
- g. 结构混凝土中各种材料引入的总含碱量不应超过 3.0kg/m³。
- h. 若在混凝土中掺用混合材料时，其掺量应通过试验确定，于代替部分水泥时的掺量不应大于《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》(GB 1344—1999) 的规定。

3. 特殊要求混凝土的配合比设计

(1) 泵送混凝土

a. 泵送混凝土应选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥，并不宜采用火山灰质硅酸盐水泥。

b. 泵送混凝土所用粗骨料的粒径：当泵送高度小于 50m 时，对碎石不宜大于管径的 1/3，对卵石不宜大于管径的 1/2.5；泵送高度在 50~100m 时，对碎石不宜大于管径的 1/4，对卵石不宜大于管径的 1/3；泵送高度在 100m 以上时，对碎石不宜大于管径的 1/5，对卵石不宜大于管径的 1/4；粗骨料应采用连续级配，且针片状颗粒含量不宜大于 10%。

c. 泵送混凝土宜采用中砂，其通过 0.315mm 筛孔的颗粒含量不应小于 15%，通过 0.160mm 筛孔的含量不应小于 5%。

d. 泵送混凝土应掺用泵送剂或减水剂，并可适量掺用粉煤灰或其他活性掺合料。当掺用粉煤灰时，其质量应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596—91) 中规定的 I、II 粉煤灰的要求(主要结构应掺用 I 级粉煤灰)。

e. 泵送混凝土拌和物的坍落度不应小于 80mm，泵送混凝土入泵坍落度可按表 410-11 选用。

混凝土入泵坍落度选用表

表 410-11

泵送高度 (m)	< 30	30 ~ 60	60 ~ 100	> 100
坍落度 (mm)	100 ~ 140	140 ~ 160	160 ~ 180	180 ~ 200

f. 泵送混凝土的水灰比不宜大于 0.60。

g. 泵送混凝土的水泥用量不宜小于 300kg/m³。

h. 掺用引气型外加剂时，其混凝土含气量不宜大于 4%。

(2) 抗渗混凝土

a. 抗渗等级等于 $\frac{P}{10}$ 于 P6 级的混凝土(简称抗渗混凝土)，宜选择标号不低于 42.5 级的水泥，其品种应按图 求选用；当有抗冻要求时，应优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

b. 粗集料的最大粒径不宜大于 40mm，其含泥量不得大于 1.0%，泥块含量不得大于 0.5%。

c. 细集料的含泥量不得大于 3.0%，泥块含量不得大于 1.0%。

d. 外加剂宜采用防水剂、膨胀剂、引气剂或减水剂；掺用引气剂的混凝土，其含气量宜控制在 3%~5%。

e. 水泥用量(含掺合料)不宜小于 320 kg/m³。

f. 砂率宜为 35%~40%；灰砂比宜为 1:2~1:2.5。

g. 抗渗混凝土的最大水灰比应符合表 410-12 的规定。

抗渗混凝土最大水灰比表

表 410-12

抗 渗 等 级	最 大 水 灰 比	
	C20 ~ C30 混凝土	C30 以上混凝土
P6	0.60	0.55
P8-P12	0.55	0.50
> P12	0.50	0.45

h. 抗渗混凝土的抗渗性试验，应符合如下规定：

(a) 抗渗水压值应比设计值提高 0.2MPa；

(b) 试配时，应采用水灰比最大的配合比作抗渗试验，试验结果应符合下列要求：

$$P_t \geq \frac{P}{10} + 0.2 \quad (410-1)$$

式中：P_t —— 6 个试件中 4 个未出现渗水时的最大压值 (Mpa)；

P —— 设计要求的抗渗等级。

(3) 高强度混凝土

a. 配置 C50 至 C80 级强度等级的高强度混凝土 (简称高强混凝土), 应选择强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

b. 粗集料的最大粒径宜小于 25mm; 针片状颗粒不宜大于 5%; 含泥量不应大于 0.5%; 泥块含量不应大于 0.2%。

c. 粗骨料除进行压碎指标试验外, 对碎石尚应进行岩石立方体抗压强度试验, 其结果不应小于要求配制的混凝土抗压强度标准值 R 的 1.5 倍。

d. 高强混凝土宜采用中砂, 其细度模数不宜大于 2.6, 含泥量不应大于 2.0%, 泥块含量不应大于 0.5%。

e. 高强度混凝土的配合比应符合本规范 410.06-2 条各项规定。当无可靠的强度统计数据及标准差数值时, 混凝土的施工配制强度 (平均值) 对于 C50~C60 应不低于强度等级的 1.15 倍, 对于 C70~C80 应不低于强度等级值的 1.12 倍。

f. 高强混凝土所用砂率及所采用外加剂和矿物掺合料的品种、掺量应通过试验确定。

g. 高强混凝土的水泥用量不宜大于 500kg/m³, 水泥和混合材料的总量不超过 550~600 kg/m³, 粉煤灰掺量不宜超过胶结料质量的 30%, 沸石粉不宜超过 10%, 硅粉不宜超过 8%~10%。各种混合料的掺用种类及数量, 必须通过试验并报监理工程师批准后确定。

h. 高强混凝土配合比提出后, 尚应进行 6~10 次重复试验进行验证。

(4) 大体积混凝土

a. 混凝土结构物中实体最小尺寸大于或等于 1m 的部位所用的混凝土 (简称大体积混凝土), 应选用水化热低、凝结时间长的水泥, 优先选用大坝水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥。

b. 粗集料宜采用连续级配, 细集料宜采用中砂。

c. 大体积混凝土宜掺用缓凝剂、减水剂和减少水泥水化热的掺合料。

d. 大体积混凝土在保证混凝土强度及坍落度要求的前提下, 应提高掺合料及集料的含量, 以降低单方混凝土的水泥用量。

e. 大体积混凝土配合比确定后宜进行水化热的验算或测定。

(5) 抗冻混凝土

a. 抗冻等级 F50 及以上的混凝土 (简称抗冻混凝土), 应优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 并不得使用火山灰质硅酸盐水泥。

b. 粗集料含泥量不得大于 1.0%, 泥块含量不得大于 0.5%, 细集料含量不得大于 3.0%, 泥块含量不得大于 1.0%。

c. 抗冻等级 F100 及以上的混凝土所用的粗集料和细集料均应进行坚固性试验, 其结果应符合本规范表 410-2、表 410-7 的规定。

d. 抗冻混凝土宜采用减水剂, 对抗冻等级 F100 及以上的混凝土掺引气剂, 其拌和物的含气量应在表 410-13 范围内选择。

有抗冻要求的混凝土拌和物含气量控制范围表

表 410-13

集料最大粒径 (mm)	含气量范围 (%)	骨料最大粒径 (mm)	含气量范围 (%)
10.0	5.0~8.0	40.0	3.0~6.0
20.0	4.0~7.0	63.0	3.0~5.0
31.5	3.5~6.5		

e. 抗冻混凝土最大灰比:

(a) 当抗冻等级 F50 的混凝土无引气剂时, 不应大于 0.55; 掺引气剂时, 不应大于 0.60;

(b) 当抗冻等级 F100 的混凝土掺引气剂时, 不应大于 0.55。

(c) 当抗冻等级 F150 及以上的混凝土掺引气剂时, 不应大于 0.50。

(6) 防腐蚀混凝土

a. 海水环境中混凝土在建筑物上部位的划分应符合表 410-14 的规定。

海水环境混凝土部位划分

表 410-14

大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
设计高水位加 1.5m 以上	设计高水位加 1.5m 至设计高水位减 1.0m 之间	设计高水位加 1.0m 至设计低水位减 1.0m 之间	设计低水位减 1.0m 以下

b. 海水环境钢筋混凝土结构的施工缝不宜设在浪溅区或拉应力较大部位。

c. 海水环境混凝土水灰比最大允许值应分别满足表 410-15 的规定。

海水环境混凝土的水灰比最大允许值

表 410-15

环境条件		钢筋混凝土和预应力混凝土		无筋混凝土		
		北方	南方	北方	南方	
大气区		0.55	0.50	0.65	0.65	
浪溅区		0.50	0.40	0.65	0.65	
水位变动	严重受冻	0.45	-	0.45	-	
	受冻	0.50	-	0.50	-	
	微冻	0.55	-	0.55	-	
	偶冰、不冰	-	0.50	-	0.65	
水下区	不受水头作用		0.60	0.60	0.65	0.65
	受水头作用	最大作用水头与混凝土壁厚之比 < 5	0.60			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比为 5 ~ 10	0.55			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 > 10	0.50			

注：①除全日潮型区域外，其他海水环境有抗冻性要求的细薄构件（最小边尺寸小于 300mm 者，包括沉箱工程），混凝土的水灰比最大允许值宜减小。

②对有抗冻要求的混凝土，如抗冻性要求高时，浪溅区范围内下部 1m 应随水位变动区按抗冻性要求确定其水灰比。

③位于南方海水环境浪溅区的钢筋混凝土宜掺用高效减水剂。

d. 海水环境混凝土中应按图纸要求添加防腐剂（SRA 型等），混凝土防护等级不应低于图纸要求等级。

e. 按耐久性要求，海水环境混凝土的最低水泥用量应符合表 410-16 的规定。

海水环境混凝土的最低水泥用量（kg/m³）

表 410-16

环境条件		钢筋混凝土和预应力混凝土		无筋混凝土	
		北方	南方	北方	南方
大气区		300	360	280	280
浪溅区		360	400	280	280
水位变动区	F350	395	360	395	280
	F300	360		360	
	F250	330		330	
	F200	300		300	
水下区		300	300	280	280

注：①有耐久性要求的大体积混凝土，水泥用量应按混凝土的耐久性和降低水泥水化热综合考虑。

②对有抗冻要求的混凝土，浪溅区范围内下部 1m 应随同水位变动区按抗冻性要求确定其水泥用量。

- f. 海水环境混凝土中最大水泥用量不宜大于 500 kg/m^3 ;
- g. 掺外加剂时, 可适当减少水泥用量, 但不得降低混凝土的密实性。
- h. 海水环境结构物的混凝土保护层垫块质量应符合下列规定:

(a) 垫块的强度、密实性应高于构件混凝土, 垫块宜采用水灰比不大于 0.40 的砂浆或细石混凝土制作。

(b) 垫块厚度尺寸不允许负偏差, 正偏差不得大于 5 mm。

i. 海水环境的混凝土的含碱总量及氯离子含量应符合本规范 410.02-1(3) 款及 410.06-2(8) 款的规定。

4. 混凝土的试配

(1) 承包人应向监理工程师提出混凝土配合比设计的详细内容, 以取得监理工程师的批准, 其内容包括:

- a. 水泥的品种与来源;
- b. 各种集料的来源;
- c. 用图表表示的细、粗集料标准级配细节;
- d. 用图表表示的组合集料标准级配细节, 连同细、粗集料组合的比例细节;
- e. 集料与水泥的质量比;
- f. 水与水泥的质量比;
- g. 制造与养生的方法;
- h. 与混凝土结构类型、配筋及尺寸有关系的和易性(坍落度)。

(2) 每个级别的混凝土, 应先做 3 盘或更多的试配合, 用来估定和易性、强度、经济性、含气量、坍落度、修饰及一般外观。然后将最佳的配合比做出同样配料的三盘, 每盘有 6 个尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的立方体, 3 个用于 7d 的抗压试验, 3 个用于 28d 的抗压试验。对于预应力混凝土, 每盘应另按 JTJ 053-94 制备 6 个 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的试件并进行抗压弹性模量试验。所有试验按 JTJ 053-94 进行, 且经监理工程师过目。

(3) 当做出符合本条要求的试拌和后, 承包人应提出每种配合比的详细资料, 包括强度、各集料的级配、混合级配、配合比、水灰比、集料—水泥比及坍落度, 报请监理工程师批准。承包人在随后拌制混凝土时应保持这个配合比, 除非监理工程师同意, 否则不得更改。

(4) 当水泥的来源、质量或者集料有改变, 都必须提出改变配比, 重复上述程序, 在新配合比使用前必须获得监理工程师的批准。

(5) 在每次实际拌和混凝土前, 承包人应按照监理工程师批准的方法测量集料的含水量, 并在用水量中予以扣除, 提出供实际使用的施工配合比。

(6) 当承包人打算购买工厂的预制混凝土构件时, 应向监理工程师提供工厂生产的证明, 内容应包括混合料比例、水灰比、和易性以及混凝土获得的 28d 强度等详细资料, 经监理工程师审查批准, 方可购买使用, 但承包人并不因此而免除其应承担的责任。

06 材料运输和存贮

1. 集料

(1) 混凝土用的集料, 在运输或工地存贮时, 应使其不受污染。

(2) 集料运抵工地应按不同规格尺寸分开贮存。

(3) 粗集料堆应按厚度不超过 1m 的水平层堆放, 以免集料发生离析。如果集料有离析时, 必须重新拌和, 以符合规定的级配要求。

2. 水泥

(1) 水泥在运输过程中必须用防水篷布或其他有效的防水覆盖物加以覆盖。散装水泥运输车辆的贮料斗和筒仓, 不应残留不同类型、低级别的水泥或其他任何材料。

(2) 水泥应贮存足够的数量, 以满足混凝土的浇筑需要。任何时候不能因水泥供应中断而暂停浇筑。

(3) 承包人应在适当地点建立完全干燥、通风良好、防风雨、防潮湿的足够容量的库房放置水泥, 地板应高出地面至少 0.3m, 以防止受潮。

(4) 不同种类的水泥应贮存于不同库房; 不同批交货的水泥, 其贮存方式应便于按交货的先后次序以使用。

(5) 水泥使用时就用松散流动体和没有结块, 水泥如受潮或存放时间超过 3 个月, 应重新取样检验, 并按其复验结果使用。

07 混凝土拌和

1. 称量

(1) 称量和配水机械装置，应经计量鉴定并维持在良好的状态中。各种衡器消耗至少每周自行校核一次，以保证计量准确。

(2) 所有混凝土材料，除水可按体积称量外，其余均按照质量称量。配料按配料单进行称量。施工过程中应持续监测集料含水率的变化。并依据测试结果及时调整用水量和集料用量。细、粗集料称量的允许偏差为 $\pm 2\%$ ；其他原材料的允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

2. 拌和

(1) 在每次实际拌和混凝土前，承包人应按照监理工程师批准的方法测量集料的含水量，并在用水量中予以扣除，提出实际使用的施工配合比。

08 混凝土运输

1. 混凝土拌和物运（泵）送到浇筑地点时，应不离析、不分层，且应保证施工要求的工作度。

2. 从加水拌和到入模的最长时间，应由试验室根据水泥初凝时间及施工气温确定。

09 混凝土浇筑

1. 一般要求

(1) 浇筑混凝土前，全部模板和钢筋预埋件应按图纸要求进行检查，并清理干净模板内杂物，未经监理工程师检查批准，不得在结构任何部分浇筑混凝土。

(2) 混凝土分层浇筑厚度不应超过表 410-19 规定。混凝土的浇筑应连续进行，如因故必须间断，间断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不得超过表 410-20 的规定。

混凝土分层浇筑厚度表

表 410-19

项次	振捣方法		浇筑层厚度 (mm)
1	用插入式振动器		300
2	用附着式振动器		300
3	用表面振动器	无筋或配筋稀疏时	250
		配筋较密时	150
3	人工捣实	无筋或配筋稀疏时	200
		配筋较密时	150

混凝土的运输、浇筑及间歇的全部允许时间 (min)

表 410-20

混凝土强度等级	气温不高于 25℃	气温高于 25℃
≤C30	210	180
>C30	180	150

注：当混凝土中掺有促凝剂或缓凝剂时，其允许时间应根据试验结果确定。

(4) 混凝土在浇筑前，混凝土的温度应维持在 10℃ 至 32℃ 之间。

(5) 混凝土浇筑时，对混凝土表面操作应仔细周到，以使混凝土表面光滑、无水囊、气候或蜂窝。

(6) 在浇筑过程中，应控制混凝土的均匀性和密实性，不应出现露筋、空洞、冷缝、夹渣、松顶等现象，特别对构件棱角处。应采取有效措施，使接缝严密，防止在混凝土振捣过程中出现漏浆。

(7) 混凝土的浇筑应连续进行，在浇筑及静置过程中，应采取措施防止产生裂缝。对混凝土的沉降及塑性干缩产生的表面裂缝，应及时予以处理。

(8) 浇筑混凝土期间，应设专人检查台座、模板、钢筋和预埋件等稳固情况，当发现有松动、变形、移位时，应及时处理。

(9) 混凝土初凝至达到拆模强度之前，模板不得振动，伸出的钢筋不得承受外力。

(10) 浇筑完成后应立即抹平进入养护程序。

(11) 承包人和监理工程师对工程的每一部分混凝土的浇筑日期、时间及浇筑条件都应保有详细完整的记录。

3. 大体积混凝土的浇筑

大体积混凝土的浇筑应在一天中气温较低时进行,应参照下述方法控制混凝土水化热温度。

- (1) 大体积混凝土材料要求及配合比设计应符合本规范第 410.06 节的有关规定。
- (2) 减少浇筑层厚度,加快混凝土散热速度。
- (3) 混凝土用料要遮盖,避免日光暴晒,用冷却水搅拌混凝土以降低入模温度。
- (4) 在混凝土内埋设冷却管通水冷却。
- (5) 混凝土浇筑后要注意覆盖保温,加强养生;遇气温骤降的天气应注意保温,以防裂缝。

(6) 承台大体积混凝土中掺入适量聚丙烯纤维材料,聚丙烯纤维材料的用量及材料要求应通过试验确定,并经业主和监理工程师批准后使用。

10 混凝土捣实

1. 一般要求

所有混凝土,一经浇筑,应立即进行全面的捣实,使之形成密实均匀的整体。

2. 设备

(1) 除非监理工程师书面许可可采用其他方法,混凝土的捣实,一般均应使用内部机械振捣;混凝土构件顶面部分,预应力混凝土构件或其他特殊地方可用外部机械振捣。

(2) 振捣器的类型应经监理工程师批准,振捣器应能以不小于 4500 脉冲的频率传递振动于混凝土,使在距振捣点至少 0.5m 以内的混凝土产生 25mm 坍落度的可见效应。

(3) 工地上应配有足够数量的处于良好状态的振捣器,以便可随时替补。

3. 振捣

(1) 振捣应在浇筑点和新浇筑混凝土面上进行,振捣器插入混凝土或拔出时速度要慢,以免产生空洞。

(2) 振捣器要垂直地插入混凝土内,并要插至前一层混凝土,以保证新浇混凝土与先浇混凝土结合良好,插进深度一般为 50-100mm。

(3) 插入式振捣器移动间距不得超过有效振动半径的 1.5 倍。表面振捣器移位间距,应使振捣器平板能覆盖已振实部分 100mm 左右。

(4) 当使用插入式振捣器时,应尽可能地避免与钢筋和预埋构件相接触。

(5) 模板角落以及振捣器不能达到的地方,辅以插针振捣,以保证混凝土密实及其表面平滑。

(6) 不能在模板内利用振捣器使混凝土长距离流动或运送混凝土,以致引起离析。

(7) 混凝土振捣密实的标志是混凝土停止下沉、不冒气泡、泛浆、表面平坦。

(8) 混凝土捣实后 1.5h 到 24h 之内,不得受到振动。

11 混凝土养生

1. 洒水养生

(1) 湿养护不应间断,不得成干湿循环。提供的覆盖材料应事先取得监理工程师的同意。养生用水符合本规范要求。

(2) 洒水养生应根据气温情况,掌握恰当的时间间隔,在养生期内保持表面湿润,气温低于 +5℃ 时,应覆盖保温,不得洒水养生。

(3) 混凝土养护用水必须采用淡水养护,严禁采用海水养生,养生方案、洒水次数、时间、温度、湿度及强度等应有详细的养护记录。

2、预应力混凝土工程

1. 预应力钢筋管道

(1) 预埋预应力管道宜采用冷轧薄钢带卷制的波纹管构成,对一般工程,也可采取钢管抽芯、胶管抽芯、PE 管及金属伸缩管抽芯等方法进行预留。

(2) 用于制造金属波纹管的低碳带钢,其厚度不宜小于 0.3mm。

(3) 所有管道均应设压浆孔,还应在最高点设排浆孔及需要时在最低点设排水孔。压浆管、排气管和排水管应是最小内径为 20mm 的标准管或适宜的塑性管,与管道之间的连接应采用金属或塑料结构扣件,长度应足以从管道引出结构物以外。

(4) 管道在模板内安装完毕后,应将其端部盖好,防止水或其他杂物进入。

4. 预应力设备

(1) 千斤顶的精度应在使用前校准。千斤顶一般使用超过 6 个月或 200 次，以及在使用过程中出现不正常现象时，应重新校准。测力环或测力计应至少每 2 个月进行重新校准，并使监理工程师认可。任何时候在工地测出的预应力钢筋延伸量有差异时，千斤顶应进行再校准。

(2) 用于测力的千斤顶的压力表，其精度应不低于 1.5 级。校正千斤顶用的测力环或测力计应有 $\pm 2\%$ 的读数精度。压力表读盘直径应小于 150mm。每个压力表应能直接读出 kN 或伴有一换算表可以换算为 kN。压力表应具有大致两倍于工作压力的总压力容量。被量测的压力荷载，应在压力表总容量的 $1/4 \sim 3/4$ 范围内，除非在量程范围建立了精确的标定关系。压力表应设于操作者肉眼可见的 2m 距离以内，使能无视觉差获得稳定和不扰动的读数。每台千斤顶及压力表应视为一个单元且同时校准，以确定张拉力与压力表读数之间的关系曲线。

04 预应力钢材的加工和装置

1. 钢绞线的制作

(1) 钢绞线切割时，应在每端离切口 30~50mm 处用铁丝绑扎。切割应用切断机或砂轮锯，不得使用电弧。

(2) 钢绞线编束时，应每隔 1~1.5m 绑扎一道铁丝，铁丝扣应向里，绑好的钢绞线束应编号挂牌堆放。

(3) 钢绞线应对号穿入小孔管内，同一孔道穿或用穿索机将钢绞线逐根穿入。孔道内应畅通，无水和其他杂物。

05 预应力钢筋管道的安装和成形

1. 一般要求

(1) 预应力管道的型式，应符合图纸所示。若承包人变更管道型式，必须经监理工程师批准。

(2) 管道应按图纸所示位置牢靠地固定。管道上若出现意外的孔洞应在浇筑混凝土以前修补好。

(3) 当使用金属软管时，拉缝数量应尽可能保持最少。每个接缝处都应严格加以密封，防止任何材料进入。

(4) 在穿钢丝束以前，所有管道端部均应密封并加以保护。

2. 波纹管的安装

(1) 预应力筋预留孔道的尺寸与位置应正确，孔道应平顺，端部的预埋钢垫板应垂直于孔道中心线。

(2) 塑料波纹管管道和其接头应有足够的密封性以防止水泥渗漏及抽真空时漏气；且其强度应足以保持管道的形状，经防止在搬运和浇筑混凝土的过程中损坏，同时还应具有好的柔韧性、耐磨性和绝缘性能。管道的材质不应与混凝土、预应力筋和水泥浆有不良的化不反应。

塑料波纹管在布管安装前，应按设计规定的管道坐标进行放样，设置定位钢筋，纹管应固定在定位钢筋上用铁丝扎紧。定位网应焊接和定位牢固使其在混凝土浇筑期间管道不产生位移。

(3) 波纹管的接长连接：采用专用焊接机进行焊接或应采用本身具有密封性奶具带有观察管的塑料结构连接器连接，避免浇筑混凝土时水泥浆渗入管内造成管道堵塞。

(4) 波纹管与锚垫板的连接：用同一材料同一规格接头连接，连接后用密封胶封口。

(5) 波纹管与排气管的连接：在需设排气管处，采用带有排气管的连接器和波纹管连接，确保密封性能良好。

(6) 所有管道的压浆孔、抽气孔应设在锚座上，排气孔应设在锚具的附件上。压浆管、排气管应是内径为 20mm。

(7) 管道在模板内安装完毕后，应将其端部盖好，防止水或其他杂物进入。

06 后张法预应力

1. 一般要求

(1) 承包人在张拉开始前，应向监理工程师提交详细说明、图纸、张拉应力和延伸量

的静力计算，请求审核。

(2) 承包人应选派富有经验的技术人员指导预应力张拉作业。所有操作预应力设备的人员，应通过设备使用的正式训练。

(3) 所有设备应每间隔两个月至少进行一次检查和保养。

(4) 预应力张拉中，如果发生下列任何一种情况，张拉设备应重新进行校验。

- a. 张拉过程，预应力钢丝经常出现断丝时；
- b. 千斤顶漏油严重时；
- c. 油压表指针不回零时；
- d. 调换千斤顶油压表时。

2. 施工要求

(1) 除非另有书面允许，张拉工作应在监理工程师在场时进行。

(2) 张拉预应力钢材时的温度不宜低于 -15°C 。

(3) 张拉时混凝土强度不应低于图纸规定，当图纸无规定时，混凝土强度应不低于设计强度标准的75%。张拉力应按图纸规定，边张拉边量测伸长值。

(4) 预应力筋的张拉顺序应符合图纸规定，当图纸未规定时，可采取分批、分阶段对称张拉。

(5) 预应力筋的张拉顺序应按照图纸的规定分批分阶段张拉。

(6) 预应力张拉应从两端同时进行。除非监理工程师同意另外的方式。

(7) 当仅从一端张拉时，应精确量测另一端的回缩量，并从千斤顶量测的伸长值中适当给予扣除。

(8) 应在预制梁场生产的首批梁中，进行一次孔道摩阻力和锚固的预应力损失试验，并报设计认可，必要时调整张拉力。

(9) 在张拉完成以后，测得的延伸量与计算延伸量之差应在 $\pm 6\%$ 以内，否则，监理工程师可指示采取以下的若干步骤或全部步骤：

- a. 重新校准设备。
- b. 对预应力材料作弹性模量检验。
- c. 放松预应力钢材重新张拉。
- d. 预应力钢材用滑润剂以减少摩擦损失。仅水溶性油剂可用于管道系统，且在灌浆前清洗掉。
- e. 原先如仅一台千斤顶张拉，可改为两端用两台千斤顶张拉。
- f. 监理工程师指示的其他方法。
- g. 监理工程师可以要求按照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录G.9进行摩擦损失试验。

(10) 当监理工程师对预应力张拉认可后，预应力钢材应予锚固。放松千斤顶压力时应避免振动锚具和预应力钢材。

(11) 预应力钢材在监理工程师认可后才可截割露头。梁端锚口应按图纸所示用水泥砂浆封闭。

(12) 预应力筋锚固后的外露长度，当无要求时，不宜小于15mm。锚具应用封套封端混凝土保护，如需长期外露时，应采取防止锈蚀。

07 钢筋的储存、加工与安装

1、钢筋的保护及储存

- (1) 钢筋应贮存于地面以上0.5m的平台、垫木或其他支承上，并应保护它不受机械损伤及由于暴露于大气而产生锈蚀和表面破损。
- (2) 不同级的钢材要分别储存，并设以标志，以便于检查和使用。钢筋应无灰尘、有害的锈蚀、松散锈皮、油漆、油指、油或其他杂质。

2、安设、支承及固定钢筋

- (1) 所有钢筋应准确安设，当混凝土时，用支承将钢筋牢固地固定。钢筋应可靠地系紧在一起，不允许在浇混凝土时安设或插入钢筋。
- (2) 桥面板钢筋固定于正确位置的预制垫块，要求采用混凝土砂浆垫块，其形状大

小和间距获得监理工程师批准。

- (3) 钢筋的垫块间距在纵横向均匀不得大于 1.2m。桥面板混凝土的钢筋安设按照图纸要求，在竖向不应有大于 $\pm 5\text{mm}$ 的偏差。
- (4) 任何构件内的钢筋，在浇筑混凝土以前，须经监理工程师检查认可。否则，浇筑的混凝土将不予验收。

08 钢筋接头

1、一般要法语

- (1) 受力主筋的连接仅允许按图纸或按批准的加工图规定设置。
- (2) 钢筋连接点不应设于最大应力处，接头应交错排列。

2、焊接接头

(1) 热轧钢筋应如图示或经监理工程师批准采用闪光对焊或电弧焊。所有焊工应在开始工作之前经考核和试焊，合格后持证上岗。焊接工艺、参数应经监理工程师同意。每个焊点应经合格的检查人员彻底检查。

(2) 在不利于焊接的气候条件，施焊场地应采取适当的措施。当环境湿度温度低于 5°C 时，钢筋在焊接前应预热，当湿度低于 -20°C 时，不得进行电焊。

09 钢筋骨架和钢筋网

预制成的钢筋骨架，必须具有足够的刚度和稳定性，以便在运送、吊装和浇筑混凝土时不致松散、移位、变形，必要时可在钢筋骨架的某些连接点处加以焊接或增设加强钢筋。

加工钢筋的检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	受力钢筋顺长度向加工后的全长 (mm)	± 10	按受力钢筋总数 30% 抽检
2	弯起钢筋各部分尺寸 (mm)	± 20	抽检 30%
3	箍筋、螺旋筋各部分尺寸 (mm)	± 5	每构件抽查 5—10 个间距

钢筋安装检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方式和频率	
1	纵向受力钢筋间距 (mm)	两排及以上排距	± 5	用尺量，每构件检查 2 个断面	
		同排	梁、板		± 10
			基础、墩台、柱、桩基础		± 20
2	箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距 (mm)		0, -20	用尺量，每构件检查 5—10 个间距	
3	钢筋骨架尺寸 (mm)	长	± 10	按骨架总数 30% 抽查	
		宽、高或直径	± 5		
4	弯起钢筋位置 (mm)		± 20	每骨架抽查 30%	
5	保护层厚度 (mm)	柱，梁	+5, -0	每构件沿模板周边检查，每边 8 处	
		基础、墩、台	+10, -0		
		板	+3, -0		

第二节 基础工程

了解：桥梁基础的主要形式和应用范围。

熟悉：基础埋置深度的要求；各类基础(以桩基为主)的施工工艺。

掌握：桥梁基础的施工质量控制要点；天然基础工程量计算的规定，桩基验算方法；施工质量检验评定标准和方法。

1、基础挖方及回填

1. 一般要求

(1) 承包人应根据地质水文资料，结合具体情况制定开挖方案，并在开挖前报监理工程师批准，但这种批准并不免除承包人应负的责任。

(2) 除非监理工程师另有指示，基础挖方的进度按排应使坑壁的暴露时间不超过 30d。

(3) 基础开挖与其回填作业，除应满足本节的各项要求外，尚应与结构物施工的有关要求配合。

2. 开挖

(1) 承包人应在基础开挖开始之前通知监理工程师，以便检查、测量基础平面位置和现有地面标高。在未完成检查测量及监理工程师批准之前不得开挖。为便于开挖后的检查校核，基础轴线控制桩应延长至基坑外加以固定。

(2) 开挖应进行到图纸所示或监理工程师所指定的标高。最终的开挖深度要依设计期间所进行的钻探和土工试验，并结合基础开挖的实际调查资料来确定。在开挖的基坑未经监理工程师批准之前，不得浇筑混凝土或砌筑圬工。低于批准基底标高的超挖或纵横向超过本节第 404.04-1 条规定界线的部分，应由承包人自费补填，并应使用批准的材料压实到规定的标准。

(3) 在原有建筑物附近开挖基坑时，应按《公路工程施工安全技术规程》(JTJ 076-95)的规定，采取有效防护措施，使开挖工作不致危及附近建筑物的安全，所采用的防护措施须经监理工程师同意。基坑周围不得堆放建筑材料、设备和危及基坑安全的杂物。

(4) 所有从挖方中挖出的材料，如果监理工程师认为适用，可用作回填或铺筑路堤；或按监理工程师批示的其他方法处理。

(5) 在基桩处的基坑开挖，应在打桩之前完成。

(6) 必要时，挖方的各侧面应始终予以可靠的支撑，并使监理工程师认可。

(7) 所有基础挖方都应始终保持良好地排水，在挖方的整个施工期间都不致遭受水的危害。凡地低于已知地下水位的进行开挖并构成基础时，承包人必须提交一份建议用于每个基础的排水方法以及为此而采取的各项措施的报告，并取得监理工程师的批准。

(8) 在施工期间，承包人应维护天然水道并使地面排水畅通。违反上述要求而引起的任何损失应由承包人负责。

(9) 石方基础挖方的施工，除符合本节的规定外，尚应符合本规范第 203 节的有关要求。

(10) 基坑开挖至图纸规定基底标高后，如发现基底承载力达不到图纸规定的载力要求时，承包人应根据实际钻探(或挖探)及土壤实验资料提出地基处理的方案，报告监理工程师审查，并按监理工程师的批示处理。

3. 回填

(1) 所有结构物基坑的回填必须采用经监理工程师批准的能够充分压实的材料，不得用草皮土、垃圾和有机土等回填。严禁结构物基础超挖回填虚土。

(2) 未经监理工程师许可，不得对结构物基坑回填。一般要到结构物的拆模期终了 3d 之后进行回填。如果混凝土养生条件不正常，应按监理工程师的指示延长时间。桥台和桥

墩基础等周围的回填，应同时在两侧及基本相同的标高上进行，特别要防止对结构物形成单侧施压。必要时，挖方内的边坡应修成台阶形。

(3) 回填材料应分层摊铺，并用符合要求的设备压实。每层都应压实到图纸或监理工程师要求压实度标准。回填用土的含水量应严格控制。

(4) 需回填的基坑应及时排水。若无法排除基坑积水时，则应采用砂砾材料回填，并在水中分薄层铺筑，直到回填进展到该处的水全部被回填的砂砾材料所掩盖并达到能充分压实的程度时，再进行充分夯实。

2、钻孔灌注桩

01 材料及水下混凝土

1. 水泥、细集料和粗集料、水和外加剂，以及混凝土的拌和、输送、灌注和养护等，都应符合第 410 节的要求。混凝土级别应符合图纸规定。

2. 水下灌注混凝土(导管灌注混凝土)应符合下列要求:

(1) 水泥标号应不低于 42.5 级，其初凝时间不宜早于 2.5h。

(2) 粗集料宜优先选用卵石，或采用级配良好的碎石。

(3) 粗集料的最大粒径不应大于导管内径的 $1/6 \sim 1/8$ 和钢筋最小净距的 $1/4$ ，同时不得大于 40mm;

(4) 细集料宜采用级配良好的中砂。

(5) 混凝土的含砂率宜为 40%~50%。

(6) 缓凝外加剂，只有得到监理工程师的批准，才能采用。

(7) 抗硫酸盐水泥应按图纸说明，或按监理工程师的要求采用。

(8) 坍落度宜为 180~220mm。

(9) 水下混凝土的水泥用量不宜小于 350 kg/m^3 ，当监理工程师同意掺入适宜数量的减水缓凝剂或粉煤灰时，水泥用量可不少于 300 kg/m^3 。

(10) 水灰比宜为 0.5~0.6。

3. 钢筋应符合图纸及本规范第 403 节要求。

02 钻孔

1. 承包人可选择任何一种钻孔方法，但完成的钻孔，应符合图纸规定的允许偏差。

2. 钻孔时采用长度适应钻孔地基作件的护筒，保证孔口不坍塌及不使地表水进入钻孔，并保持钻孔内泥浆表面高程。护筒应符合以下要求:

(1) 护筒可用钢板或钢筋混凝土制作。

(2) 护筒内径一般应比桩径稍大，一般大 200~400mm，可根据钻孔情况选用。

(3) 护筒顶端高程，应高出地面 0.3m 或水面 1.0~2.0m。

(4) 当钻孔内有承压水时，应高于稳定后的承压水位 2.0m 以上。若承压水位不稳定或稳定后承压水位高出地下水位很多，应先做试桩，鉴定在此类地区采用钻孔灌注桩基的可行性。试桩结果，报监理工程师批准后，方可采用钻孔灌注桩基。

(5) 当处于潮水影响地区时，护筒高度应高于最高施工水位 1.5~2.0m，并应采用稳定护筒内水头的措施。

(6) 护筒中心竖直线应与桩中心线重合，除设计另有规定外，一般平面允许误差为 50mm，竖直线倾斜不大于 1%；干处可实测定位，水域可依靠导向架定位。

(7) 护筒埋置深度应根据图纸要求或桩位的水文地质情况确定，一般情况埋置深度宜为 2~4m，特殊情况应加深以保证钻孔和灌注混凝土的顺利进行。有冲刷影响的河床，应沉入局部冲刷线以下不小于 1.0~1.5m。

(8) 在钻孔排渣、提钻头除土或因故停钻时，应保持孔内具有规定的水位和要求的泥

浆相对密度和粘度。

(9) 当设计为斜桩理, 为保证开孔斜度准确, 埋设的护筒应准确, 长度不宜小于 3m, 护筒直径只宜比钻锥直径大 20~30 mm。护筒埋设的斜度宜稍大于设计斜度, 应埋筑紧密。

(10) 斜孔孔壁较易坍塌, 故孔内水头、护壁泥浆相对密度、粘度等指标应比钻竖孔时稍大。可掺用适量添加剂以改善泥浆性能。

3. 地质情况较为复杂的大、中桥, 在钻孔灌注桩施工前, 应按设计要求或监理工程师指示, 在桥位现场试桩, 以验证桩的设计参数及承载力, 并根据地层情况、施工条件选择合理的施工方法。在试桩中发现地质情况(如有地下水、地层对混凝土有腐蚀作用、有较大承压水等)与原设计不符时, 承包人应提出相应的技术措施或变更设计, 报监理工程师批准。

03 固孔

1. 承包人应采用钻孔泥浆护壁, 以保持孔壁在钻进过程不坍塌, 但采用全长护筒者除外。

2. 承包人可用膨润土悬浮泥浆或合格的粘土悬浮泥浆作为钻孔泥浆。钻孔泥浆不得污染地下水。根据钻孔方法的适用性的论证, 不加掺加物的清水钻仅在监理工程师书面同意情况下才可采用。

3. 钻孔泥浆应始终高出孔外水位或地下水位 1.0~1.5m。

4. 胶泥应用清水彻底拌和成悬浮体, 使在灌注混凝土时及至施工完成钻孔孔壁保持稳定。施工时除相对密度和粘度应进行试验外, 如果监理工程师要求, 其他指标也应予以抽检。

5. 除图纸另有规定外, 地面或最低冲刷线以下部分, 护筒应在灌注混凝土后拔除。

04 钻孔工序

1. 当采用冲击法钻孔时, 为防止冲击震动使邻孔孔壁坍塌或影响邻孔已灌混凝土的凝固, 以免影响邻桩混凝土质量, 应待邻孔混凝土灌筑完毕, 并达到 2.5MPa 抗压强度后, 才能开钻。在满足此条件下, 为加快完成钻孔工作, 可以多机同时作业。

2. 钻孔应连续进行, 不得中断, 如用抓斗开挖, 应注意提升抓斗时, 下面不致产生真空。

3. 软土地段的钻孔, 首先应进行地基加固, 保证钻孔设备的稳定和钻孔孔位准确, 再行钻孔。

4. 钻孔时须及时填写钻孔记录, 在土层变化处捞取渣样, 判明土层, 以便与地质剖面图相核对。当与地质剖面图严重不符时, 应及时向监理工程师汇报, 并按监理工程师的指示处理。

05 清孔

1. 钻孔达到图纸规定深度后, 且成孔质量符合图纸要求并经监理工程师批准, 应立即进行清孔。清孔时, 孔内水位应保持在地下水位或河流水位以上 1.5~2m, 以防止钻孔的任何塌陷。

2. 清孔时, 应将附着于护筒壁的泥浆清洗干净, 并将孔底钻渣及泥砂等沉淀物清除。清孔次数按图纸要求和清孔后孔底钻渣沉淀厚度符合图纸规定值为前提进行, 大桥基础钻孔后一般需进行两次清孔。

3. 清孔后孔底沉淀物厚度应按图纸规定值进行检查, 如图纸无规定时, 对于直径等于或小于 1.5m 的摩擦桩的沉淀厚度应等于或小于 300mm; 当桩径大于 1.5m 或桩长大于 40m 或土质较差的摩擦桩的沉淀厚度应等于或小于 500mm。支承桩的沉淀厚度应符合图纸规定。

嵌岩桩的沉淀厚度应满足图纸要求, 并不得大于 50 mm, 不得加深孔底深度代替清孔。

06 钢筋骨架

1. 桩的钢筋骨架，应紧接在混凝土灌注前，整体放入孔内。如果混凝土不能紧接在钢筋骨架放入之后灌注，则钢筋骨架应从孔内移去。在钢筋骨架重放前，应对钻孔的完整性，包括孔底松散物的出现，重新进行检查。

2. 钢筋骨架应有强劲的内撑架，防止钢筋骨架在运输和就位时变形，在顶面应采取有效方法进行固定，防止混凝土灌注过程中钢筋骨架上升。支承系统应对准中线防止钢筋骨架倾斜和移动。

3. 钢筋骨架上应事先安设控制钢筋骨架与孔壁净距的混凝土垫块，这些垫块应可靠地以等距离绑在钢筋骨架周径上，其沿桩长的间距不超过 2m，横向圆周不得少于 4 处。但图示者除外。或者采用其他有效方法以保证图纸要求的保护层得到满足。钢筋骨架底面高程允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

4. 钢筋骨架制作和吊放的允许偏差：

主筋间距 $\pm 10\text{mm}$ ；箍筋间距 $\pm 20\text{mm}$ ；骨架外径 $\pm 10\text{mm}$ ；骨架倾斜度 $\pm 0.5\%$ ；骨架保护层厚度 $\pm 20\text{mm}$ ；骨架中心平面位置 20mm ；骨架顶端高程 $\pm 20\text{mm}$ 。

07 灌注水下混凝土

1. 灌注水下混凝土前，应检测孔底泥浆沉淀厚度，如大于第 405.07 小节的清孔要求，应再次清孔。

2. 混凝土拌和物运至灌注地点时，应检查其均匀性和坍落度，如不符合 405.03-2(8) 的要求，应进行第二次拌和，二次拌和仍达不到要求，不得使用。

3. 灌注水下混凝土的搅拌机能力，应能满足桩孔在规定时间内灌注完毕。灌注时间不得长于首批混凝土初凝时间。若估计灌注时间长于首批混凝土初凝时间，则应掺入缓凝剂。

4. 孔身及孔底检查值得到监理工程师认可和钢筋骨架安放后，应立即开始灌注混凝土，并应连续进行，不得中断。当气温低于 0°C 时，灌注混凝土应采取保温措施。强度未达到设计等级 50% 的桩顶混凝土不得受冻。

5. 混凝土一般用钢导管灌注。导管管径视桩径大小而定，由内径 200~350mm 的管子组成，用装用垫圈的法兰盘连接管节。导管应进行水密、承压和接头抗拉试验。在灌注混凝土开始时，导管底部至孔底应有 250~400mm 的空间。首批灌注混凝土的数量应能满足导管初次埋置深度 $\geq 1.0\text{m}$ 和填充导管底部间隙的需要。在整个灌注时间内，出料口应伸入先前灌注的混凝土内至少 2m，以防止泥浆及水冲入管内，且不得大于 6m。应经常量测孔内混凝土面层的高程，及时调整导管出料口与混凝土表面的相应位置，并始终予以严密监视，导管应在无水进入的状态下填充。如为泵送混凝土，泵管应设底阀或其他装置，以防水和管中混凝土混合。泵管应在桩内混凝土升高时，慢慢提起。管底在任何时候，应在混凝土顶面以下 2m。输送到桩中的混凝土，应一次连续操作。初凝前，任何受污染的混凝土应从桩顶清除。

6. 灌注混凝土时，溢出的泥浆应引流至适当地点处理，以防止污染环境或堵塞河道和交通。

7. 处于地面或桩顶以下的井口整体或刚性护筒，应在灌注混凝土后立即拔出；处于地面以上能拆除的护筒部分，须待混凝土抗压强度达到 5MPa 后拆除。当使用合护筒灌注混凝土时，应逐步提升护筒，护筒底面应保持在混凝土顶面以下 1~2m。

8. 混凝土应连续灌注，直至灌注的混凝土顶面高出图纸规定或监理工程师确定的截断高度才可停止浇筑，以保证截断面以下的全部混凝土均达到强度标准。

9. 灌注的桩顶标高应比设计高出一定高度，一般为 0.5~1.0m，以保证混凝土强度，多余部分应在接桩前必须凿除，桩头应无松散层。

10. 混凝土灌注过程中，如发生故障应及时查明原因，并提出补救措施，报请监理工程师经研究后，进行处理。补救费用由承包人负担。

3、挖孔灌注桩

1. 一般要求

(1) 承包人应将准备采用的施工方法的全部细节，报请监理工程师批准，其中包括材料和全部设备的说明，任一挖孔工作开始前，都应得到监理工程师的书面批准。

(2) 挖孔灌注桩适用于无地下水或少量地下水，且较密实的土层。当挖孔内的空气污染物超过《环境空气质量标准》(GB 3095-1996)规定的各污染物的浓度限值三级标准时，如没有安全可靠的通风措施，不得采用人工挖孔作业。人工挖孔深度超过10m时，应采用机械通风。人工挖孔孔深不宜大于15m。挖孔斜桩仅适用于地下水位低于孔底标高的粘性土。(3) 挖孔的平面尺寸，不得小于桩的设计断面。在浇筑混凝土时不能拆除的临时支撑及壁所占的面积，不应计入有效断面。

(4) 承包人应保存每根桩的全部施工记录，当需要时，记录应报送监理工程师作为检查之用。承包人应拟定记录格式，并报监理工程师批准。

2. 支撑及护壁

(1) 挖孔施工应选择适合的孔壁支护类型，一般可采用木框架、竹篱、柳条、荆笆、预制混凝土或钢板井圈支护，也可以采用现浇或喷射混凝土护壁。

(2) 摩擦桩的临进性支撑及护壁，应在灌注混凝土时逐步拆除。无法拆除的临时性支护不得用于摩擦桩。

(3) 如以现浇筑或喷射混凝土护壁护壁作为桩身的一部分时，须根据图纸规定或经监理工程师书面批准，且仅适用于桩身截面不出现拉力的情况。护壁混凝土的级别不得低于桩身混凝土的级别。

3. 挖孔

(1) 挖孔时，应注意施工安全，挖孔工人必须配有安全帽、安全绳、必要时应搭设掩体。提取土渣的吊桶、吊钩、钢丝绳、卷扬机等机具，应经常检查。井口围护应高出地面200mm-300mm，防止土、石、杂物落入孔内伤人。挖孔工作暂停时，孔口必须罩盖。挖孔时，如孔内的二氧化碳含量超过0.3%，或孔深度超过10m时，应采用机械通风。

挖孔斜桩挖掘进容易坍塌，宜采用预制钢筋混凝土护筒分节下沉护壁。

(2) 孔内岩石须爆破时，应采用浅眼爆破法，严格控制炸药用量，并在炮眼附近加强支撑和护壁，防止震塌孔壁。当桩底进入倾斜岩层时，桩底应凿成水平状或台阶形。孔内经爆破后，应先通风排烟，经检查无毒气后，施工人员方可下井继续作业。

(3) 挖孔达到设计深度以后，应清除孔底松土、沉渣、杂物；如地质复杂，应用钢钎探明孔底以下地质情况，并报经监理工程师复查认可后方可灌注混凝土。

4. 灌注混凝土

(1) 混凝土及钢筋骨架的施工参照第405节并应符合第410节及第403节的要求。

(2) 当自孔底及孔壁渗入的地下水上升速度较小(参考值： $\leq 6\text{mm}/\text{min}$)时，可不采用水下灌注混凝土桩的方法。混凝土的施工要求除应符合第410节有关要求外，还应注意以下事项。

a. 混凝土坍落度，当孔内无钢筋骨架时，宜小于65mm；当孔内设置钢筋骨架时，宜为70~90mm。当用导管灌注混凝土时，导管应对准孔中心，混凝土在导管中自由坠落。开始灌注混凝土时，孔底积水不应超过50mm，灌注速度应尽可能加快，使混凝土对孔壁的侧压力尽快大于渗水压力，以防渗入孔内。当用导管法灌注时，桩顶2m以下的混凝土可利用其自由坠落捣实，在此线以下的混凝土必须用振捣器捣实。

b. 孔内混凝土应尽可能一次连续灌注完毕，若施工缝不可避免时，应按照第410节有关的施工缝的要求处理，并应在施工缝上设置上下连接钢筋。连接钢筋的截面积可按桩截面

的1%设置。若在施工缝上设有钢筋骨架，则钢筋骨架的截面积可作为上述1%的配筋的一部分；若钢筋骨架的总截面积超过桩截面的1%，则可不设置连接钢筋。

(3) 当自孔底及孔壁渗入的地下水，其上升速度较大(参考值： $>6\text{mm}/\text{min}$)时，则应采用水下灌注混凝土桩的方法，参照第405.03-2及第405.10-4条要求用导行之有效水不灌注混凝土。灌注混凝土之前，孔内水位至少应与孔外地下水水位同高；若孔壁土质易坍塌，应使孔内水位高于地下水水位1~1.5m。水下混凝土应连续灌注，直到灌筑的混凝土顶面，高出图纸规定的截断高度，才可停止浇注，以保证截面以下的全部混凝土具有满意的质量。

4、沉桩

01 试桩

1. 为了确定沉桩的施工工艺和检验桩的承载能力，以及验证地质条件是否与图纸相符，在桩正式沉入前，应先行进行沉桩试验。

2. 承包人应在经监理工程师同意的位置上沉入试桩，试桩的结构及材料以及所采用的施工方法、机具设备应与永久桩相同。在沉入试桩的过程中，如发现地质条件与图纸不符或沉入困难，承包人应及时提出处理方案报请监理工程师审查批准。

3. 承包人通过试桩，应提出试桩数据并报监理工程师，发校核图纸和确定基桩的入土深度、休息期限、贯入度(包括沉桩贯入度及检验贯入度)、射水沉桩最后停止射水需要以锤击沉入的深度，以及保证基桩具有图纸要求的承载力，并选择最合理的施工方法和机具设备。

02 桩的制作

1. 钢筋混凝土桩或预应力混凝土桩的预制，其材料、工艺要求应符合第410节、第411节和第403节的有关规定或者监理工程师的指示。混凝土等级应符合图纸规定。桩内纵向钢筋宜采用整根钢筋，如需接长时，应按第403节规定采用对接焊或机械接头连接。

2. 箍筋或螺旋筋必须箍紧纵筋，与纵筋交接处用点焊焊接或铁丝扎结牢固。

3. 预应力混凝土桩的预应力筋采用冷拉钢筋，如需焊接时，应在冷拉前采用对接焊接。

4. 使用法兰盘连接的混凝土桩，法兰盘应对准位置连接在钢筋或预应力筋上。先张法预应力混凝土桩采用法兰盘连接时，应先将法兰盘连接在预应力筋上，然后进行张拉。

5. 浇混凝土桩时，应按第410节的要求制作混凝土试件，并进行抗压强度试验。

6. 每根桩的混凝土浇筑应连续进行，不得中断，不得留施工缝。浇筑时，宜自桩的顶端向桩尖进行，桩身外露部分应在混凝土初凝前整平。

7. 现场采用重叠法浇筑混凝土桩时，下层桩顶面应设临时隔离层，上层桩须待下层桩混凝土强度达到设计强度的30%以上方可浇筑。

8. 混凝土桩浇筑完毕后，应在桩上标明编号、浇注日期和吊点位置，并填定制桩记录。桩的移运及堆放遵守《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)第15.6.3条的有关规定。

9. 桩的钢筋骨架允许偏差应符合表406-1的规定。

桩的钢筋骨架检查项目

表406-1

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	纵钢筋间距(mm)	± 5	用尺量3个断面
2	箍筋、螺旋筋间距(mm)	$+0, -20$	用尺量5个断面
3	纵钢筋保护层(mm)	± 5	用尺量3个断面,每断面4处
4	桩顶钢筋网片位置(mm)	± 5	用尺量
5	纵钢筋底尖端位置(mm)	± 5	用尺量

10. 预制桩的质量要求，除必须符合规范的规定外，还应符合下列要求。

(1) 桩表面的蜂窝深度不得超过5mm，每面蜂窝面积不得超过该面总面积的0.5%；

(2)有棱角的桩，棱角碰损深度应在5mm以内，且每10m长的边棱角上只有一处破损，在一根桩上边棱碰损总长度不得大于500mm；

(3)桩顶及桩尖均不得有蜂窝和碰损，桩身不得露筋；

(4)钢筋混凝土桩身收缩裂缝宽度不得大于0.2mm，深度不得超过20mm；裂缝长度不得超过1/2桩宽；

(5)预制桩出场前应经监理工程师检验认可，出场时应具备合格检验证。

03 桩的储存、搬运和装卸

1. 装卸和搬运预制桩必须小心。当提升和搬运桩时，承包人应防止桩发生任何明显的弯曲和开裂。在装卸中任何时候都必须避免桩受损或角缘破碎。

2. 在装卸或打桩时，被监理工程师确定已损坏的桩，必须由承包人自费更换。

3. 钢筋混凝土桩在起吊时的吊点应符合图纸规定。图纸无规定时，可按以下规定：用一个吊点吊桩时，吊点设于距桩上端0.3倍桩长处；用两个吊点吊桩时，吊点设于距两端各0.21倍桩长处；用三个吊点吊桩时，吊点设在桩长中点及距两端各0.15倍桩长处。

4. 堆放桩的场地必须平整、坚实，不得产生过大的或不均匀沉降。堆放层数不宜超过三层，垫木数量与支垫位置应与上述吊点相一致，但不得少于2个，且保持在同一平面上，各层垫木应上下对齐处于同一垂线上。

04 一般施工要求

(1)沉桩施工前，应根据试桩试验数据，确定桩沉入的施工方案和控制原则，并报请监理工程师审查批准。在沉桩开始前24h通知监理工程师，未经监理工程师书面批准，不得进行沉桩施工。

(2)一般情况下，可采用锤击沉桩或射水沉桩，或者射水配合锤击沉桩的方法。

(3)每一根桩在沉入前，应再次进行检查，经监理工程师确认后合格，方可沉桩。沉桩一经开始，就必须连续操作完成，不得中断。

(4)沉桩前应在每根桩的一侧用油漆画上长度标记，以便于沉桩时显示桩的入土深度。沉桩顺序，应由一端向另一端进行。当桩基平面尺寸较大时，宜由中间向两端或四周进行。如埋置有深浅，宜先深后浅；在斜坡地带，宜先坡后坡脚。

(5)对沉桩的施工工艺要求应遵照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)第5章5.4节有关规定。

05 沉桩

(1)在松散的砂类土地区沉桩时，如在桩长的范围内有建筑物，应注意防止建筑物因地面下沉而受损。

(2)锤击沉桩的控制贯入度，除有可靠的经验依据外，应按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录B的方法确定其符合图纸要求承压力时的相应贯入度，作为控制贯入度。

(3)沉桩开始时，必须控制桩锤冲击能，坠锤或单动汽锤的落距一般应大于0.5m，当桩入土到一定深度，位置正常后，再按要求的落距或锤击频率进行。坠锤最大落距不得大于2.0m；采用单动汽锤时，落距不宜大于1.0m。

(4)锤击沉桩应选用适当桩帽，使锤的冲击力均匀分布到桩的整个顶面上。桩垫如因承受高压而碳化或破碎时，应及时更换。

(5)锤击沉桩当有迹象进入软土层时，应改用较低落距锤击，避免桩身产生超过允许的拉应力。以射水配合锤击沉桩时，亦宜用较低落距锤击，避免射水后，桩尖承载力不足，桩身产生超过允许的拉应力。

(6)射水沉桩在施工前，应对射水设备如水泵、水源、输水管道、水压等及其与桩身的连接进行设计、组装和检验，符合要求后，方可进行射水沉桩。

(7) 空心桩宜采用中心射水法，为防止射水从桩尖返入桩内，使水压剧增，造成桩壁破裂。应将桩顶的桩帽、桩垫等或桩壁适当位置处开孔，以消除水压。

(8) 射水沉桩桩尖接近设计标高时，应停止射水，进行锤击下沉，使桩的下端沉入未射水的土中。停止射水的桩尖标高，一般不宜小于图示桩尖标高以上 2.0m。

06 桩的连接

(1) 用送桩法沉桩时，桩与送桩的纵轴线应保持在同一直线上；送桩紧接桩顶部分，应有保护桩顶的装置，安放送桩前，应先将桩顶修垫平整。

(2) 在同一墩台桩基中，同一水平面内的桩接头数，不得超过桩基总数的 1/4；但采用法兰盘按等强度设计的接头，可不受此限制。

(3) 桩的每一接头必须严格按照图纸要求，确保接头质量，使能低抗在沉桩过程中各种荷载产生的应力和变形。

(4) 桩的接头采用法兰盘以螺栓连接时，接头螺栓在沉桩前应拧紧，并用电焊或凿毛丝扣的方法固定螺帽，然后在接头处用涂漆等方法作防腐处理。

(5) 桩接应采用法兰盘或预埋钢圈电焊连接时，其焊缝允许偏差应符合表 406-3 的要求。

(6) 接桩时，桩的纵向弯曲矢高不得大于每节桩长的 0.2%。

07 纠偏和桩基处理

(1) 在沉桩开始时，应严格控制桩位及竖桩的竖直度或斜桩的倾斜度；在沉桩过程中，应随时注意防止桩的偏移。并不得采用顶、拉桩头或桩身的办法来纠偏，以防止桩身开裂并增加桩身附加力矩。

(2) 沉桩时，遇有下列情况之一，应立即暂停，并报告监理工程师，查明原因后，采取适当措施报经监理工程师同意后，方可继续沉桩。

- a. 贯入度发生急剧变化；
- b. 桩身突然倾斜、移位或锤击时有严重回弹；
- c. 桩头破碎或桩身开裂；
- d. 桩周地面有严重隆起或下沉；
- e. 桩架发偏移或晃动；
- f. 锤击过程中桩有上浮。

(3) 沉桩时，如发生断桩、裂桩或位置不准确的桩，应进行更换或处理，费用由承包人承担。

(4) 对发生“假极限”、“吸入”现象的桩和射水下沉的桩及上浮现象的桩，都应进行复打。复打应经“休止”后进行，复打的要求按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 B.2 有关规定处理。

5. 损坏的桩

(1) 桩如有长度超过第 406.04-10(4) 款规定的明显裂纹，或任何缺点影响其强度、抗弯能力或寿命时，都将被认为有缺陷的桩，不得使用于工程中。

(2) 由于桩本身原因，或由于不正确施工操作而使桩损坏、位置偏移、没沉入到图纸规定的标高，都必须加以纠正和补救。由此而发生的费用，由承包人承担。纠正可采用以下方法：

- a. 将桩拔出，换用新桩，必要时换用较长的桩；
- b. 在有缺陷桩的旁边再补一桩。

08 沉桩记录

(1) 承包人必须对所有沉桩的施工过程如实进行记录，描述施工过程中发生的意外情况及处理结果，并将每天沉桩记录的复印件在 24h 内报送监理工程师。

(2) 沉桩记录应按监理工程师规定的统一格式填写。

5、沉井

01 施工准备

沉井施工前，应对沉井将要通过的地层及沉井底面的地质资料进行分析，制订切实可行的下沉及奠基方案。对河流的洪汛、凌汛、河床冲刷、通航、漂流物等进行调查研究，以便制订施工的计划、方案及防护措施。承包人应将准备的施工计划、方案的全部细节，送请监理工程师批准。每一施工阶段开始，均应先得到监理工程师书面批准。沉井工程施工记录格式由承包人自行拟订，并报监理工程师批准。

02 就地制作沉井

(1) 不被水淹没的崖滩或位于浅水区域的崖滩，可以就地整平夯实制作沉井或水中填土筑岛制作沉井。就地制作沉井，其制作的地面或岛面，应高出施工最高水位至少 0.5m。

(2) 水中填土筑岛应符合以下要求：

a. 筑岛尺寸应满足沉井制作的要求，在沉井周围应设置不小于 2m 宽的护道，当采用围堰筑岛时，护道宽度 b 尚应符合下式：

$$b \geq H \tan(45^\circ - \phi/2) \quad (409-1)$$

式中： H ——筑岛高度；

ϕ ——筑岛土饱和时的内摩擦角。

围堰不得作为护道一部分。

b. 筑岛材料应用透水好、易于压实的砂土或碎石土，筑岛的临水面坡度，一般采用 1:1.75-1:3.0。

c. 为使岛体的坡面、坡脚不被冲刷，应采取防护措施，在淤泥等软土上筑岛时，应采取将软土挖除，换填砂土或碎石土或其他措施。

(3) 在沉井刃脚底面下的支垫木的下面，应用砂垫层填实，砂垫层厚度一般为 0.3~0.5m。在支垫木之间应用砂填平。支垫木顶面应与沉井的钢刃脚底面紧贴。支垫木的抽出应在沉井混凝土强度满足抽垫受力的要求时才能进行。支垫木的抽出应分区、依次、对称、同步地进行，同时应随抽随用砂土回填捣实。抽出支垫木时，应防止沉井偏斜，定位支点处垫木，应按图纸要求的顺序尽快地抽出。

03 沉井浮运到位

(1) 浮运前应进行以下准备工作

a. 各类浮式沉井均须灌水下沉，各节均应在下水以前进行水密性检查；底节还应根据其工作压力，进行水压试验，合格后方可下水。

b. 浮运沉井前，应对所经水域和沉井位置处河床进行探查，所经水域应无妨碍浮运的水下障碍物，沉井位置处河床应基本平整。

c. 检查拖运、定位、导向、锚碇、潜水、起吊及排、灌水设施。

d. 掌握水文、气象和航运情况，并与有关部门取得联系、配合，必要时宜在浮运沉井过程中中断航运。

e. 浮运沉井的实际重力与设计重力不符时，应重新验算沉入水中的深度是否安全可靠。

(2) 浮运沉井的下水方法及注意事项

a. 浮式沉井的底节可采用滑道、起重机具、涨水自浮、浮船等方法下水，应保证沉井的稳定与安全。

b. 浮式沉井底节入水后，悬浮接高时的初步定位位置，应根据下水方法，底节沉井的高度、大小、形状与水深、流速、河床土质及沉井接高和下沉过程中墩位处河床受冲淤的影响，综合分析确定初步定位位置。

c. 浮式沉井在悬浮状态下接高时，应注意下列事项：

(a) 沉井底节下水后接高前，应向沉井内灌水或从气筒内排气，使沉井入水深度增加到沉井接高所要求的深度，在灌筑接高混凝土过程中，同时向井外排水或气筒内补气，以维持沉井入水深度不变。

- (b) 在灌水或排气过程中，应检查并调整固定沉井位置的锚碇系统。
 - (c) 在灌水、排气或排水、补气及灌注接高混凝土过程中，应均匀、对称地进行；
 - (d) 带临时性井底的浮式沉井和空腔井壁沉井，应严格控制各灌水隔舱间的水头差，不超过设计规定。
 - (e) 带气筒的浮式沉井，应筒应加防护。
- (3) 沉井浮运就位注意事项
- a. 浮式沉井必须对浮运、就位和灌水着床时的稳定性进行验算。
 - b. 浮运和灌水着床应在沉井混凝土达到设计要求的强度后，并尽可能安排在能保证浮运工作顺利进行的低水位或水流平稳时进行。
 - c. 沉井浮运宜在白昼无风或小风时，以拖轮拖运或绞车牵引进行；对水深和流速大的河流，为增加沉井稳定，可在沉井两侧设置导向船，沉井下沉前初步锚碇于墩位的上游处，在沉井浮运、下沉的任何时间内，露出水面的高度均不应小于 1m。
 - d. 落床前应对所有缆绳、锚链、锚碇和导向设备进行检查调整，使沉井落床工作进行；并注意水位涨落时对锚碇的影响。
- 布置锚碇体系时，尽可能使锚绳受力均匀，锚绳规格和长度应相差不大，边锚预拉力要适当，避免导向船和沉井产生过大摆动或折断锚绳。
- e. 准确定位后，应向井孔内或在井壁腔格内迅速、对称、均衡地灌水，使沉井落至河床；在沉井下沉过程中，应注意防止沉井偏斜；薄壁空腔沉井落床后，可对称、均衡地排水，灌注混凝土和加压下沉。
 - f. 沉井着床后，应随时观测由于沉井下沉的阻力和压缩流水断面引起流速增大造成的河床局部冲刷，必要进可在沉里位置处用卵、碎石垫填整平，改变河床上的粒径，减小冲刷深度，增加沉井着床后的稳定。
 - g. 沉井着床后，应采取措施使其尽快下沉，并加强对沉井上游侧冲刷情况的观测和沉井平面位置及偏斜的检查，发现问题时立即采取措施并予调整。

04 沉井的入土下沉

- (1) 沉井在井壁混凝土强度达到图纸的规定要求之后，始可入土下沉。
- (2) 沉井应采用不排水下沉，如采用排水下沉，应有安全措施，防止发生人身安全事故，并经监理工程师同意，但监理工程师的同意并减轻承包人对发生安全事故的责任。沉井采用不排水下沉时，下沉前同时应备好潜水人员和潜水设备，以备急用。
- (3) 下沉沉井时，不宜使用爆破方法，在特殊情况下，必须采用爆破时，应严格控制药量，并须报监理工程师同意。
- (4) 沉井下沉的过程中，应随时了解土层情况，做好下沉时的观测记录，并抄报监理工程师。下沉时应随时注意正位，至少每下沉 1m 检查一次，当下沉至设计标高以上 2.0m 时，应适当放慢下沉速度，使沉井平稳下沉，正确就位。
- (5) 对少筋混凝土沉井，下沉时应采取严格的均衡下沉措施，防止沉井开裂。
- (6) 沉井下沉遇到倾斜岩层时，应将表面松软的岩层或风化岩层凿去，并丈量整平，使沉井刃脚的 2/3 以上长度搁在岩层上，其嵌入深度最小处应不小于 0.25m，其余未过到岩层的刃脚部分，可由袋装混凝土填塞缺口。刃脚以内井底岩层的倾斜面，应凿成台阶，并清除碎渣。
- (7) 采用空气幕(自井壁向外减少井壁摩阻力)下沉沉井时，喷气压力应大于最深喷气处的水压力加送气管路损耗，一般为最深喷气孔处理论水压的 1.4~1.6 倍，喷气量按喷气孔总数及每个喷气孔单位时间内所耗风量计算。为稳定喷气孔压力，在喷气孔与送气管之间，应设置必要的储气风包。喷气孔设于井壁外侧的气斗中。喷气孔直径为 1mm，平均每 1.0~1.6m² 的井壁面积设置 1 个(沉井上部取低限，下部取高限)。刃脚以上 3m 内不设气孔，以防压气时沉井外泥沙自刃脚翻入井内。
- 喷气前应先清除沉井刃脚下的土，一般清除至低于刃脚底面 0.5~1.0m，然后再喷气下沉沉井，喷气时间一般每 5min 一次，喷气顺序为先沉井上部，再依次到沉井下部；停气顺序为先沉井下部，再依次到沉井上部；停气时应缓慢减压，以免出现瞬间负压，使喷气孔吸入泥沙而被堵塞。

- (8) 沉井下沉过程的接高作业，应尽量纠正倾斜，接高节的中轴应与前一节的轴线相重合。水上的沉井接高时，井顶露出水面高度不应小于 1.5m；地面上的沉井接高时，井顶

露出地面高度不应小于 0.5m，接高沉井用的模板，不直接支承于地面上，沉井接高前，不得将刃脚掏空。沉井接高应对称、均匀地进行。沉井井壁混凝土的施工接缝，按本规范第 410 节处理。

(9) 沉井下沉中不得出现开裂。

(10) 沉井在下沉中发生倾斜移位，应摸清情况，采取措施予以纠正，并使监理工程师认可；若下沉时发现障碍物，应立即停止下沉，进行详察，排除障碍物后方可继续下沉。

(11) 在沉井全过程施工中，承包人应作出详尽的施工记录、质检记录，以及实际穿过土层的地质剖面图备查。

(12) 在沉井施工过程中，如果由于地质情况与图纸所示或与施工钻探有出入，因而需要变更图纸或施工方案、计划时，须报告监理工程师后按指示执行。

(13) 对于沉井下沉的施工细节，可按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000) 第 7 章第 7.4 节有关规定执行。

05 沉井的基底检验及处理

沉井沉至设计标高后，应检验基底标高及地质情况是否与图纸相符。基底检验内容包括：基底平面位置及标高；基底地质构造及承载力。

基底检验完毕后进行基底处理，基底处理包括：基底面整平，以保证刃脚及内隔墙下面的水下混凝土质量并满足图纸要求的最小厚度；清除浮泥；当基底为岩层时，清除残留物（碎岩块、卵石、砂）；清除沉井内井壁、隔墙、刃脚与封底混凝土接触的泥污。

沉井基底处理按上述要求完成以后，应由承包人先自行检查，填好隐蔽工程记录，报监理工程师验收并经书面认可。隐蔽工程记录格式由承包人根据本小节要求自行拟定报监理工程师认可。

沉井基底未经监理工程师验收并书面批准，不得进行混凝土封底。

06 沉井混凝土封底

1. 刚性导管法水下混凝土封底

(1) 混凝土材料，可参照第 405 节水下混凝土及第 410 节混凝土的有关规定，混凝土坍落度宜为 150~200mm，在开始灌注混凝土时，宜用较小的坍落度。

(2) 灌注封底水下混凝土时，需要的导管间隔及根数，应根据导管作用半径及封底面积确定。用数根导管灌注水下混凝土时，应依先低处、后高处，先周围、后中部的顺序进行。

(3) 在灌注混凝土过程中，导管随混凝土面升高而徐徐竖向提升，导管埋入混凝土的深度，应与导管内混凝土下落高度相适应，不宜小于表 409-1 的规定；多根导管灌注时，导管埋入混凝土的深度，不宜小于表 409-2 的规定。不宜小于表 409-2 的规定。

导管内混凝土不同下落高度时，导管的最小埋深

表 409-1

导管内混凝土下落高度 (m)	≤10	>10~15	>15~20	>20
导管最小埋入混凝土深度 (m)	0.6~0.8	1.1	1.3	1.5

不同间距的导管最小埋深

表 409-2

导管间距 (m)	≤5	6	7	8
导管最小埋入混凝土深度 (m)	0.6~0.9	0.9~1.2	1.2~1.4	1.3~1.6

(4) 用混凝土泵通过漏斗及导管灌注水下混凝土时，导管直径应与混凝土泵的输送能力相适应并符合表 409-3 的规定。混凝土的灌注应尽可能快地进行，导管拆除的间隔时间不宜超过 30min。混凝土灌注将近结束时，应加大混凝土的坍落度和导管埋深。

泵送混凝土与导管直径的关系

表 409-3

混凝土泵输送能力 (m ³ /h)	8	10	15	20	30	40
导管直径 (mm)	180	200	240	240	300	350

2. 水下压浆混凝土封底 (水下压注水泥砂浆于预填的粗骨料内)

(1) 粗骨料粒径应大于 15mm。细骨料宜用圆颗粒的细砂。

(2) 压注的水泥砂浆，在进入压注管前，其稠度为 15-20s，压注度不小于 5。水泥浆调度试验方法见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G.11。水泥砂浆的极限切应力应为 44~50Pa，粘度应为 0.46~0.68 Pa·s。水泥砂浆静放 3h 后的泌水率不应大于 1.1% (泌水率的测试方法见《公路桥涵施工技术规范》JTJ 041-2000 附录 G.10)。在一个大气压 (0.1MPa) 下的水泥砂浆膨胀率一般为 5%~10%。水泥砂浆的初凝时间不应早于每一压注区段的压注完成时间。

(3) 压浆混凝土的配制强度 (以 MPa 计)，一般不小于设计等级的 1.2 倍。水泥砂浆中的水泥中可掺入减水剂、铝粉膨胀剂 (水泥用量的 0.01%~0.02%)、粉煤灰等掺加剂，其用量通过试验确定。水泥砂浆的灰砂比、水灰比和水泥中混合料掺量的关系，可以参考表 409-4。

灰砂比与水灰比的关系表 表 409-4

水灰比	0.45	0.50	0.55	0.40	0.65
混合料掺量 (%)	灰砂比				
0	1.5	1.1	0.8	0.67	0.56
10	1.4	1.03	0.76	0.63	
20	1.3	0.98	0.72	0.59	
30	1.25	0.91	0.68		
40	1.2	0.85	0.64		

注：本表适用于砂浆稠度为 $19 \pm 2s$ ，砂的细度模数为 1.55；条件不同时，灰砂比应酌予调整。

3. 压浆混凝土的水泥砂浆压注施工要求太注意事项应符合图纸规定，如图纸未规定时，可参照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041-2000)第 7.6.3 条有关规定执行。

07 井孔填充和顶板浇筑(或安装)

1. 井孔填充与否及填充物的材料，应按图纸规定办理。不排水封底的沉井，如需要抽水后填充，应在封底混凝土强度满足抽水后受力要求时方可进行抽水。

2. 沉井顶部在浇筑顶板或安装预制顶板前，应对沉井内部作一次检查，进行必要的处理，并报监理工程师认可后方可浇筑顶板或安装预制顶板封顶。

3. 井孔填充如采用片石混凝土，应符合如下规定。

(1) 片石一般为用爆破或楔劈法开采的石块，厚度不小于 150mm (卵形和薄片者不得使用)，其抗压强度不小于 30MPa，并不得低于混凝土级别。

(2) 填充片石的数量不宜超过混凝土体积的 25%。

(3) 片石在使用前应清扫、冲洗干净。

(4) 片石应均匀放置于刚浇筑的混凝土上，其净距不小于 100mm，片石表面离开井壁及封底的表面距离不得小于 150mm，片石不得接触钢筋或预埋件。

第三节 上部上部构造

1、模板、拱架和支架

01 材料

1. 木材

木材应符合《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025—86)中的承重结构选材标准,其树种可按本地区实际情况采用,材质不宜低于Ⅲ等材。

2. 钢材

一般可采用符合《碳素结构钢》(GB/T 700—1988)中的牌号 Q235 钢标准的钢材。

3. 内拉杆或隔块

模板中使用钢制内拉杆、钢制或塑料隔块应经监理工程师批准。金属拉杆所有配件的设计应保证在其拆除时留下的孔穴尺寸最小,并符合强度和美观的要求。

02 模板、拱架和支架的设计

1. 承包人应在制作模板、拱架和支架前 14d,向监理工程师提交模板、拱架和支架的施工工艺图,应力、稳定及预计挠度计算书,经监理工程师批准后才能制作和架设。

4. 验算模板及其支架在荷载作用下的抗倾覆稳定时,倾覆稳定系数不得小于 1.3。

5. 拱架各截面的应力验算,不论板拱架或桁拱架均作为整体截面考虑,验算倾覆稳定系数不得小于 1.3。

03 模板、拱架和支架的制作与安装

1. 在模板内的金属连接件或锚固件,应按图纸规定及监理工程师的要求将其拆卸或截断,且不损伤混凝土。

2. 模板内应无污物、砂浆及其他杂物。以后要拆除的模板,应在使用前彻底涂以脱模剂或其他相当的代用品,应使能易于脱模,并使混凝土不变色。

3. 当所有和模板有关的工作做完,待浇筑混凝土构件中所有预埋件亦安装完毕,应经监理工程师检查认可后,才能浇筑混凝土。

04 模板和支架的拆卸

1. 承包人应在拟定拆模时间的 24h 以前,向监理工程师报告拆模建议,并应取得监理工程师同意。

2. 由于拆模不当而引起混凝土损坏,其修补费用应由承包人承担。

3. 不承重的侧模,应在混凝土强度能保证混凝土表面及棱角不损坏的情况下方可拆除,一般在混凝土抗压强度达到 2.5MPa 时方可拆除侧模。

02 梁、板的安装

1. 安装前应对墩、台支座垫层表面及梁底面清理干净,支座垫石应用水灰比不大于 0.5 的 1:3 水泥砂浆抹平,使其顶面标高符合图纸规定,抹平后的水泥砂浆在预制构件安装前,必须进行养护,并保持清洁。

2. 板式橡胶支座上的构件安装温度,应符合图纸规定。对于非桥面连续简支梁,当图纸未规定安装温度时,一般在 5℃~20℃ 的温度范围内安装。

3. 预制梁就位后应妥善支承和支撑,直到就地浇筑或焊接的横隔梁强度足以承受荷载。支撑系统图纸应在架梁开始之前报请监理工程师批准。

4. 简支梁、板的桥面连续设置,应符合图纸要求。桥面连续钢筋的焊接,应符合第 403 节的要求。

5. 预制板的安装直至形成结构整体各个阶段,都不允许板式支座出现脱空现象,并应逐个进行检查。

03 先简支后连续(结构)预应力混凝土 T 梁安装

1. 承包人按图纸要求和根据现场情况、梁段的重力及所用设备等,制定安装方案及说

明, 在开始安装前至少 14d 报请监理工程师审查批准。

2. 在经监理工程师验收合格的墩台顶面, 按图纸要求及本规范第 416 节有关规定安装支座。在桥台及非联墩上设置永久支座, 在联墩上设置硫磺砂浆临时支座(硫磺砂内埋入电热丝)并安装永久支座。

3. 预制梁段安装于支座上成为简支状态, 并及时设保险垛或支撑, 将梁固定并与先安装好的大梁进行横向连接。

4. 连接梁端处预留钢筋, 设置连续梁端接头波纹管并穿索。在日气温最低时从桥梁每联的两端孔向中孔依次筑连续接头及横隔板接缝混凝土(桥面板以下)

5. 当浇筑混凝土达到设计强度后, 按批准的方案所规定顺序张拉负弯矩区预应力钢束(预应力刚束均采用两端张拉, 且横桥向对称于桥轴线均匀张拉), 并压注水泥浆。

6. 按图纸要求顺序浇筑桥梁湿接缝混凝土, 待湿接缝混凝土达到设计强度后, 采用电热法解除每联梁下全部临时支座, 完成体系转换。

04 拱肋及拱上建筑的安装

1. 拱肋的移运应按图纸要求或监理工程师指示, 同时应遵守下列各点:

(1) 拱肋采用两点吊运, 吊点位置应使吊点高于构件重心, 可设在距拱肋端头 $0.22L \sim 0.24L$ 处(L 为吊运的拱肋长度)。

(2) 当拱肋较长或曲率较大, 可采用 3 点或 4 点吊运, 各吊点受力应均匀, 吊点位置应按图纸规定。若图纸无规定, 当采用 3 点吊时, 除跨中一点外, 其余两点可设在距端头 $0.1L$ 处。当采用 4 点吊时, 第一吊点可设在距拱肋端头 $0.17L$ 处, 第二吊点设在距端头 $0.37L$ 处, 4 个吊点左右对称。

2. 拱肋的安装, 可采用少支架或无支架施工方法。

(1) 少支架施工: 支架的架设和拆卸的技术要求, 除应符合 402 节有关规定外, 还应符合下列规定。

a. 当拱肋接头混凝土、拱板混凝土及拱肋横向联结构件混凝土的强度达到设计等级的 75% 或满足图纸规定后, 方可开始卸架; 为避免一次卸架突然发生较大变形, 可在主拱安装完成(包括拱板浇筑完成)时, 分两次或多次卸架, 使拱圈及台、墩逐次成拱受力。

b. 卸架前, 承包人应对主拱圈混凝土质量, 拱轴线的坐标尺寸, 卸架设备, 气温引起拱圈变化, 台后填土等, 进行全面检查。卸架时应观测拱圈挠度和墩台变位情况。

c. 承包人须取得监理工程师的书面批准后, 方可进行卸架。

(2) 无支架施工:

a. 拱肋吊装时, 除拱顶段外, 每段拱肋应各采取一组扣索悬挂。扣索固定在扣架上, 扣架设在墩台顶上。扣架底部应固定, 其顶部应设置风缆。

b. 各段拱肋应设置风缆, 其布置与安装应符合下列要求:

(a) 每对风缆与拱肋轴线水平投影的夹角, 一般不宜小于 50° 。

(b) 拱肋分 3 段或 5 段拼装时, 至少应保持 2 根基肋设置固定风缆, 拱肋接头处应加横向联结。

(c) 固定风缆应待全孔合龙、横向联结构件混凝土强度满足图纸要求后经监理工程师同意后, 才可撤除。

(d) 在河流中设置风缆时, 必须采取可靠的防护措施, 防止风缆受到碰撞。

3. 多孔拱桥施工时, 应按图纸所示的程序自桥台或制动墩起逐孔吊装。施工时桥墩承受的单向推力, 应尽量减少到图纸规定的允许范围内。

4. 拱肋及拱板的合龙温度应符合图纸规定, 如图纸无规定, 宜在气温接近平均温度(一般在 $5^\circ\text{C} \sim 15^\circ\text{C}$) 时进行。

5. 拱上建筑的施工: 拱上构造的立柱或横墙的基座, 承包人在施工前应对其位置和标高进行复测检查。基座与拱联结应牢固。大跨径拱桥拱上构造的吊装安砌应根据施工验算并结合施工观测进行, 使施工过程中的拱轴线与设计拱轴线尽量接近。中、小跨径拱桥拱上构造, 一般可由拱脚至拱顶对称吊装、安砌。

6. 拱上腹拱圈施工时, 应注意腹拱圈所产生的推力对立柱或横墙的影响; 相邻腹拱的施工进度应大致平衡。

03 采用梁式支架方案设计应注意哪些问题?

1、一般的梁式支架可采用型钢、万能杆件、贝雷片等材料和设备, 选用时应优先考虑

利用本单位现有的材料和设备。

2、施工前对梁式支架、构件、支座、地基基础均应进行设计计算，确保在施工过程中支架、基础、地基有足够的强度、刚度和稳定性，且变形值应在允许范围内。

3、设计时要满足：

①施工期间周围环境对临时承重结构的要求，如，通航高度、冰凌汛、风载、流水压力、施工水位、净高等。

②上部永久性结构物和设计单位对临时承重结构的要求，如挠度、温度变形等。

③现场施工对临时结构物的要求，如浇筑顺序、支架拆除方案等。

④梁式支架的挠度根据跨径的大小可取 $(1/400-1/600)L$ 。

⑤如采用万能杆件或贝雷桁架做纵梁，要按支墩处的支反力验算该处竖杆的强度和稳定性。据经验得知，支点处的竖杆常常需要加固。

04、现浇混凝土支架在什么情况下应进行预压？

为保证结构的完整和良好性，支架必须满足强度、变形和稳定性要求，同时要求支架必须设立在有足够承载力和沉降量小于规定值的地基上。

一般地说，可通过对设计方案的比较、材料的选用使支架的强度、变形和稳定得到满足。如对地基进行充分的处理(如混凝土桩基)或让支架基础处在很好的地基上，也可保证地基的变形小于10mm或两点之差小于 $1/400$ ，满足施工要求。

对于一般的软弱地基有时经简单的处理后，虽然强度可得到满足，但仍可能出现以下情况：

- (1) 很难正确地估计其沉降量；
- (2) 经过计算产生的沉降量偏大；
- (3) 施工中不采用分段浇筑；

(4) 每次浇筑时间太长，超过初凝时间。在以上情况下，必须对支架进行预压以消除非弹性变形和基础受力后的绝大部分沉降，同时可以得出试验的基本数据及大致规律，用来估计预拱度值。

05、预应力筋的实际伸长值与理论伸长值的差值超过规定时应如何处理？

在张拉操作中，预应力筋的实际伸长值与理论伸长值之间必然会有一些的误差，但当该误差超过施工规范规定值的6%时，则应查明原因，并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

造成误差过大的原因主要有：

- (1) 预应力筋的实际弹性模量与计算时的取值不一致；
- (2) 千斤顶的拉力不准确；
- (3) 孔道的摩阻损失计算与实际不符(如发生管道堵塞等现象)；
- (4) 量测误差；
- (5) 管道的位置不准确等。

在上述几条原因中，弹性模量的取值是否正确，对伸长值的计算影响较大，对重要的预应力混凝土结构，预应力筋的弹性模量应通过试验测定。

06、斜拉桥、吊桥的拉索、吊缆的制作、加工、运输、安装的方法；拱桥主拱圈施工要求、悬索吊装施工工艺。

见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-2000)的有关规定

07、盖板涵、箱涵

1. 涵洞施工

(1) 现浇混凝土涵洞的台帽、台身、一字墙如为整体式时，台身和基础可以连续浇筑，也可不连续浇筑。八字式洞口或锥坡式洞口与涵台之间应是分离式。

(2) 混凝土的涵台及基础分别浇筑时，基础顶面与涵台相接部分应拉成毛面。基础、

涵台及洞口建筑（帽石除外）采用石砌时，应符合本规范第 413 节规定的要求。

(3) 涵台或盖板，可按图纸设置的沉降缝处分段修筑。

(4) 图纸有要求将钢筋混凝土盖板用锚栓与涵台锚固在一起时，应按图纸规定或监理工程师批准的其它方法固定锚栓。

(5) 当设计有支撑梁时，应在安装或浇筑盖板之前完成。

(6) 安装预制混凝土盖板，应注意下列事项：

a. 涵台帽强度达到设计强度的 70% 以上。

b. 安装后，盖板上的吊装装置应用砂浆或监理工程师批准的其它材料填满，相邻板块之间采用高等级（1: 2）水泥砂浆填塞密实。

c. 盖板安装前，应检查成品及涵台尺寸。

(7) 箱形涵洞现场浇筑时应满足以下要求：

a. 在浇筑底板以前，应清除基座上的杂物，然后按图纸立模板、绑孔钢筋、浇筑混凝土。

b. 底板混凝土强度达到设计强度的 70% 后，方可在底板上立模浇筑侧板及顶板。

c. 在浇筑侧板上的牛腿时，应按图纸所示和监理工程师的指示预埋搭板连结锚固筋。

d. 严格按图纸所示的标高、纵坡和预拱度，设置垫层和基座以及浇筑涵洞混凝土。

(8) 台背填土必须在支撑梁（或涵底铺砌）及盖板安装且砂浆强度及箱涵混凝土强度达到设计强度的 75% 以后，方可进行填土，填土应两个涵台同时对称填筑，并按本规范第 404 节的有关规定进行回填。在涵洞上填土时，第一层的最小摊铺厚度不得小于 300mm，并防止剧烈的冲击。

2. 沉降缝

(1) 设置沉降缝的道数、缝宽和位置应符合图纸所示或监理工程师指示进行施工，并按图纸规定填塞嵌缝料或采用监理工程师批准的加氟化钠等防腐掺料的沥青浸过的麻絮或纤维板紧密填塞，用有纤维掺料的沥青嵌缝膏或其他材料封缝。

(2) 在缝处应加铺抗拉强度较高的卷材，如沥青玻璃纤维布或油毡，加铺的层数及宽度按图纸所示，具体的施工方法应经监理工程师批准。

3. 防水层

(1) 混凝土盖板或顶板、侧板外表面上在填土前应涂刷沥青胶结材料和其它材料，以形成防水层。

(2) 涂刷的层数或厚度应按图纸所示和监理工程师的指示进行。

08 拱涵

1、拱架、支架、模板等由承包人负责设计，经监理工程师批准后进行施工。各种石料的砌筑工艺按本规范第 413 节的要求进行。

2、拱圈砌筑应由两侧向中间同时对称进行，以防拱架失稳；进出水口的拱上端墙应待拱圈合龙砂浆强度达到设计强度的 30% 以上后方可进行施工。

3、拱架拆除和拱顶填土，应符合下列条件之一时方可进行。

a. 拱圈砂浆强度达到设计强度的 70% 时方可拆除拱架；砂浆强度必须达到设计强度后方可进行拱上填土。

b. 当拱架未拆除，拱圈砂浆强度达到设计强度的 70% 时，可进行拱顶填土，但应在拱圈砂浆强度达到设计强度后方可卸架。

09 圆管涵及倒虹吸管

一、预制混凝土构件

1. 预制

预制混凝土构件除应符合本规范第 410 节的有关要求外，还应符合下列规定：

(1) 构件应按图纸所示尺寸制模，外型轮廓线条应顺直，其端面必须垂直于底面。预制圆管的质量要求见表 419-1。

混凝土预制管成品的质量要求 表 419-1

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	JTJ 071—98 附录 D 检查
2	管节长度 (mm)	0~10	用尺量
3	内(外)径 (mm)	不小于设计值	用尺量
4	壁厚 (mm)	-3, 正值不限	用尺量
5	顺直度	失度不大于 0.2%	管节拉线量, 取最大矢高

(2) 当构件外露表面宽度小于 200 mm 时，应用整块模板或在内侧（与混凝土接触部分）铺衬适当材料，使外露表面上不得出现搓板及接缝痕迹。

(3) 所预制构件成品，表面应清洁平整，没有蜂窝、麻面、离析、坑洞、破角或其他缺陷，且无外部涂刷的痕迹。外形轮廓清晰，线条顺直，无翘曲现象。

(4) 预制构件的混凝土强度必须达到设计强度的 70% 以后，才允许脱底模。

2. 检验和废弃

(1) 所有预制构件的材料质量、制造工艺及制成的构件，都应在预制场地接受检查和试验，具体的检验或试验项目、标准及抽样数量均应经监理工程师批准；承包人应将待检查的成品，另外安放在特定的场地。

(2) 用于试验的预制件，由承包人免费提供，并由监理工程师任意选择。

(3) 除监理工程师批准可修复外，具有下列任一缺陷的成品应予废弃。

- a. 由于配合比、拌和、浇筑和养生不当而显示出成型不良。
- b. 钢筋外露或严重放错位置（用一种补认可的混凝土钢筋覆盖层测定仪检查）。
- c. 端部开裂或损坏，致使连接处连接不良。
- d. 成品尺寸超过允许偏差。

(4) 废弃的构件应立即搬走，并由承包人自费处理。

3. 运输与装卸

涵管在运输、装卸过程中，应采取防碰撞措施，避免管节损坏或产生裂纹。涵管装卸和堆放工作应用吊车或经监理工程师批准的吊具进行，禁止采用滚板或斜板卸管，并不得在地上滚动。存放场地的位置和装卸的操作立法必须经监理工程师认可。

二、 施工要求

1. 挖基

(1) 基础开挖应符合图纸要求及本规范第 404 节的有关规定。当在原有灌溉水流的沟渠修筑时，承包人应开挖临时通道保护好灌溉水流。

(2) 基槽开挖后，应紧接着进行垫层铺设、涵管敷设及基槽回填等作业。如果出现不可避免的耽误，无论是何原因，承包人均应采取一切必要措施，保护基槽的暴露面不致破坏。

2. 垫层和基座

(1) 砂砾垫层应为压实的连续材料层，其压实度应在 95% 以上，按重型击实法试验测定；砂砾垫层应分层摊铺压实不得有离析现象，否则要重新拌和铺筑。

(2) 石灰土作垫层时，承包人应在施工前将混合料的配合比设计报监理工程师批准。施工中要拌和均匀，分层摊铺，分层压实，其压实度应在 90% 以上，按重型击实法试验测定。

(3) 混凝土基座应按本规范第 400 章规定施工，基座尺寸及沉降缝应符合图纸所示，沉降缝位置应与管节的接缝位置相一致。

(4) 管涵基础应按图纸所示或监理工程师的指示，结合土质及路基填土高度设置预留

拱度。

3. 钢筋混凝土圆管涵成品质量

(1) 管节端面应平整并与其轴线垂直；斜交管涵进出水口管节的外端面，应按斜交角度进行处理。

(2) 管壁内外侧表面应平直圆滑，如果缺陷小于下列规定时，应修补完善后方可使用；如果缺陷大于下列规定时，不予验收，并报监理工程师处理。

- a. 每处蜂窝面积不得大于 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ ；
- b. 其蜂窝深度不得超过 10mm ；
- c. 蜂窝总面积不得超过全面积的 1% ，并不得露筋。

(3) 管节混凝土强度应符合图纸要求，混凝土配合比、拌和均应符合本规范第 410 节有关规定。

(4) 管节各部尺寸，不得超过表 419-1 规定值。

4. 敷设

(1) 管节安装从下游开始，使接头面向上游；每节涵管应紧贴于垫层或基座上，使涵管受力均匀；所有管节应按正确的轴线和图纸所示坡度敷设。如管壁厚度不同，应使内壁齐平。

(2) 在敷设过程中，应保持管内清洁无脏物、无多余的砂浆及其他杂物。

(3) 任何管节如位置设置不准确，承包人应自费取出重新设置。

(4) 在软基上修筑涵管时，应按图纸和监理工程师指示对地基进行处理，当软基处理达到图纸要求后，方可在上面修筑涵管。

5. 接缝

(1) 涵管接缝宽度不应大于 10mm ，禁止加大接缝宽度来满足涵长的要求，并应用沥青麻絮或其它具有弹性的不透水材料填塞接缝的内、外侧，以形成一柔性密封层。如图纸所示或监理工程师要求，应再用两层 150mm 宽的浸透沥青的油毛毡包缠并用铅丝绑扎接缝部位。

(2) 如果图纸规定，在管节接缝填塞好后，应在其外部设置 C20 级混凝土箍圈。箍圈环绕接缝浇筑好后，应给予充分养生，以获得满意的强度而不产生裂缝、脱落。

(3) 当管节采用承插式接缝时，在承口端应先坐以干硬性水泥砂浆，在管节套接以后再在承口端的环形空隙内塞以砂浆，以使接头部位紧密吻合，并将内壁表面抹平。

(4) 当管节采用套环接缝时，应按接缝形式分别采用沥青麻絮、水泥砂浆或沥青砂浆紧密填塞所有接缝，使其稳固、耐久和不漏水。在填塞沥青砂之前，应在圆管的外表面和套环内表面涂刷沥青涂层，以增强其粘性，并按图纸所示部位固定捆扎绳，以免沥青砂外漏。

(5) 倒虹吸管宜采用圆管，进出水口必须设置竖井。管节接头及进出水口应按图纸要求进行防水处理，不得漏水和渗水。按图纸要求或监理工程师指示在填土覆盖前应进行灌水试验。

6. 进出水口

(1) 进出水口应按图纸所示，采用混凝土或圬工结构修筑；施工工艺应分别符合本规范第 410 节和第 413 节的规定。

(2) 进出水口的沟床应整理顺直，使上下游水流稳定畅通。当设有跌水井和急流槽时，应按图纸所示或监理工程师的指示进行施工。

7. 回填

(1) 经检验证实圆管涵和倒虹吸管安装及接缝符合要求，并且其砌体砂浆或混凝土强度达到设计强度的 75% ，方可进行回填作业。回填土按本规范第 404 节的规定进行。

(2) 涵洞处路堤缺口填土应从涵洞洞身两侧不小于两倍孔径范围内，同时按水平分层、对称地按照图纸要求的压实度填筑、夯（压）实。填土方法应按照本规范第 204 节有关规定

办理。

(3)用机械填土时,除应按照上述规定办理外,涵洞顶上填土厚度必须大于 0.5~1.0m 时,才允许机械通过。