

汕头礮石大桥主桥 PC 梁维修工程

施 工 图 设 计

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

二〇一五年六月

汕头礮石大桥主桥 PC 梁维修工程

施工图设计

项目负责人：

设计院院长：

分管副总工程师：

分管副总经理：

总工程师：

总 经 理：

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

二〇一五年六月

汕头礮石大桥主桥 PC 梁维修工程
施工图设计

设计说明

中铁大桥勘测设计院集团有限公司
二〇一五年六月

设计说明目录

1. 桥梁概况.....	1
1.1. 总体.....	1
1.2. 原设计主要技术标准.....	1
1.3. 结构概况.....	1
1.3.1. 结构形式.....	1
1.3.2. 主塔及下部结构.....	1
1.3.3. 主梁.....	2
1.3.4. 斜拉索.....	2
1.3.5. 支座.....	2
2. 预应力混凝土梁病害.....	3
2.1. 检测概况.....	3
2.1.1. 裂缝检测.....	3
2.1.2. 裂缝特征.....	4
2.2. 结构计算.....	5
2.2.1. 结构模型.....	5
2.2.2. 计算参数.....	5
2.2.3. 整体计算结果.....	5
2.2.4. 局部计算.....	6
2.2.5. 计算结论.....	7
2.3. 病害成因.....	8
3. 总体设计.....	9
3.1. 设计依据.....	9
3.2. 维修设计技术标准.....	9
3.3. 维修设计总体思路.....	9
4. 维修方案.....	10
4.1. 顶板裂缝处理.....	10
4.2. 横隔板、腹板裂缝处理.....	10
4.3. 混凝土缺陷处理.....	10
5. 施工工艺及技术要求.....	11
5.1. 混凝土裂缝处理.....	11
5.1.1. 处理原则.....	11
5.1.2. 灌浆处理.....	11
5.1.3. 封缝处理.....	12
5.1.4. 施工注意事项.....	12
5.2. 粘贴钢板.....	12
5.2.1. 粘钢概要.....	12
5.2.2. 粘贴钢板施工工艺.....	12
5.2.3. 施工注意事项.....	13
5.3. 钢板表面防护涂装.....	13
5.3.1. 表面除锈处理.....	13
5.3.2. 现场试验.....	14
5.3.3. 质量控制.....	14
5.3.4. 涂装工艺流程.....	14
5.4. 主要加固材料指标及要求.....	14
5.4.1. 检验要求.....	14
5.4.2. 主要加固材料性能指标.....	15

6. 施工方案.....	17
6.1. 交通管制.....	17
6.2. 主要辅助措施.....	17
6.3. 施工流程.....	17
6.4. 计划工期.....	17
7. 其他说明.....	18
8. 工程造价.....	18

设计说明图表检索

图 1-1 桥梁概貌.....	1
图 1-2 主塔立面、主梁断面图/m.....	2
图 1-3 1/2 主梁横截面构造图/cm.....	2
图 2-1 PC 梁箱内裂缝示意图.....	4
图 2-2 全桥杆系模型图.....	5
图 2-3 预应力混凝土梁模型图.....	5
图 2-4 混凝土主梁斜截面抗裂应力图（85 规范）.....	5
图 2-5 混凝土主梁正截面抗裂下翼缘应力图（85 规范）.....	5
图 2-6 混凝土主梁正截面抗裂上翼缘应力图（85 规范）.....	6
图 2-7 混凝土主梁斜截面抗裂应力图（04 规范）.....	6
图 2-8 混凝土主梁正截面抗裂下翼缘应力图（04 规范）.....	6
图 2-9 混凝土主梁正截面抗裂上翼缘应力图（04 规范）.....	6
图 2-10 局部计算“工况一”结果.....	7
图 2-11 局部计算“工况二”计算结果.....	7
图 2-12 局部计算“工况三”计算结果.....	7
图 2-13 局部计算“工况四”计算结果.....	7
图 4-1 钢板外表面涂装防护体系.....	10
图 5-1 灌浆工艺流程图.....	11
图 5-2 钢板外表面涂装施工工艺流程图.....	14
图 6-1 总体施工流程图.....	17
表 2.1 PC 梁箱内裂缝汇总表.....	3
表 2.2 PC 梁箱内裂缝统计表.....	3
表 2.3 南边跨上游侧箱室裂缝特征统计表.....	4
表 2.4 结构恒载表.....	5
表 5.1 结构胶长期使用性能鉴定表.....	15
表 5.2 结构胶耐介质侵蚀性能鉴定表.....	15
表 5.3 裂缝修补胶基本性能指标表.....	16
表 5.4 裂缝修补用注浆料基本性能指标表.....	16
表 5.5 粘钢用胶粘剂基本力学性能指标表.....	16
表 5.6 环氧厚浆漆主要技术指标.....	16
表 5.7 环氧富锌底漆主要技术指标.....	16
表 5.8 环氧云铁中间漆主要技术指标.....	16
表 6.1 主体施工计划工期表.....	17

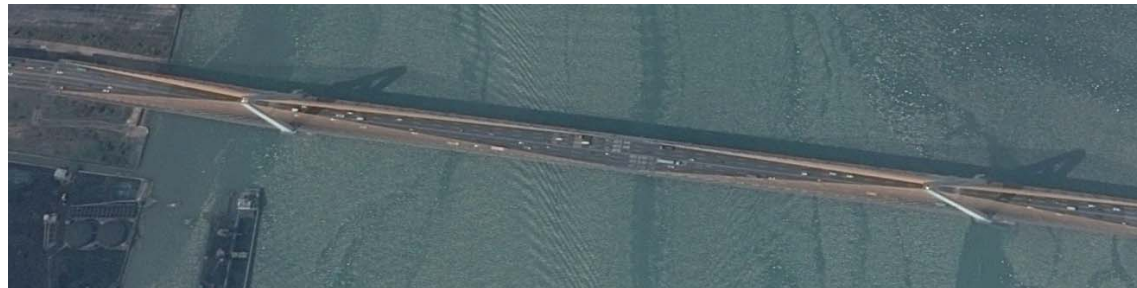
1. 桥梁概况

1.1. 总体

汕头礮石大桥于 1995 年 4 月开工建设，1999 年 2 月建成通车，其南接国道 324 广汕公路达濠区路段，跨越汕头海港，北与国道 206 线连接，总概算人民币 12.5 亿，与海湾大桥相距 9 公里遥相呼应，构成汕头海滨环状交通线。礮石大桥的建成，方便了汕头中西部的过海交通，大大提高了汕头市区出口道路的通过能力，形成汕头港东西两翼联结粤东和珠三角的主要通道。全桥包括互通立交、引桥匝道、大桥正桥全长 2865m。

大桥主跨 518m，边跨 194m，主桥长 906m，为双塔双索面斜拉桥。主梁采用钢与钢筋混凝土的“混合型”，两边跨各 100m 范围和主跨为钢箱梁，两侧锚跨采用钢筋混凝土箱梁。平行钢绞线斜拉索和钢箱梁与 PC 梁混合梁结构为我国首例，大桥技术先进，气势磅礴，属于我国早期大跨径钢箱梁桥的典型代表之一。

a) 大桥鸟瞰图



b) 大桥实景图



c) 主桥桥跨布置图/m

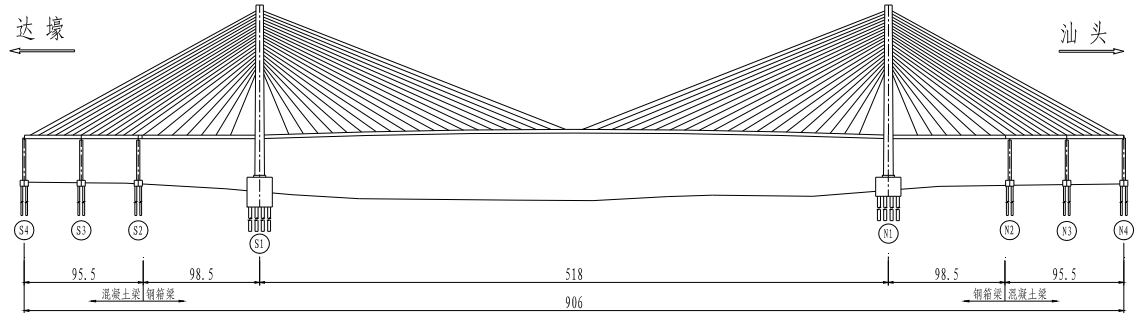


图 1-1 桥梁概貌

1.2. 原设计主要技术标准

1) 桥面布置

桥面总宽 30.35m，双向 6 车道，（半幅分布为：0.25m 护栏+2m 人行道+0.7m 索区+0.5m 防撞护栏+0.75m 路缘+10.75m 三车行道+0.225m 中央分隔带）。

2) 桥梁线型

主跨钢箱梁竖曲线半径为 7000m，主桥纵向坡度小于 3.5%，南引桥处最大纵坡为 4.5%，桥面横坡 2%。

3) 通航标准

通航净空尺寸为 200m×38m，可通航 2 万吨级航船。北岸靠主墩为副通航孔，净宽为 95m，南岸不设通航孔。

4) 设计荷载

大桥设计计算荷载为汽-超 20，验算荷载为挂-120。

5) 设计车速

大桥设计车速 60km/h，按城市桥梁标准设计。

1.3. 结构概况

1.3.1. 结构形式

大桥为半悬浮弹性体系斜拉桥，主梁为正交异性板加劲钢箱梁与 PC 箱梁混合结构，长 906m（其中钢箱梁部分长 718 米），主跨 518m，主塔塔身高 148 米，跨径组成为：2×47m（PC 箱梁）+100m（钢箱梁）+518m（钢箱梁）+100m（钢箱梁）+2×47m（PC 箱梁）。

1.3.2. 主塔及下部结构

主塔为预应力混凝土结构，桥面以上呈钻石型（A 型刚构），两座主塔在承台顶面以上的高度 148 m，塔柱为矩形空心截面，自塔顶向两侧岔开至下横梁处向内靠拢，顺桥向宽度由塔顶 6m 变至塔底的 8m。

桥塔基础为 16 根Φ2.5 m 的钻孔灌注桩组成的高桩承台结构。承台以下桩的自由长度在 26 m 上下。承台的平面呈工字形，采用由 3 个无底钢套筒加以组合的工艺，构筑成整体的钢筋混凝土结构。

边墩和辅助墩均为双柱式钢筋混凝土结构，各墩均为 4 根Φ1.8m 钻孔桩基础，其中辅助墩墩顶盖梁下移，以利施工并可增强抵抗横向风力的能力。主桥各墩基础均采用高桩承台。

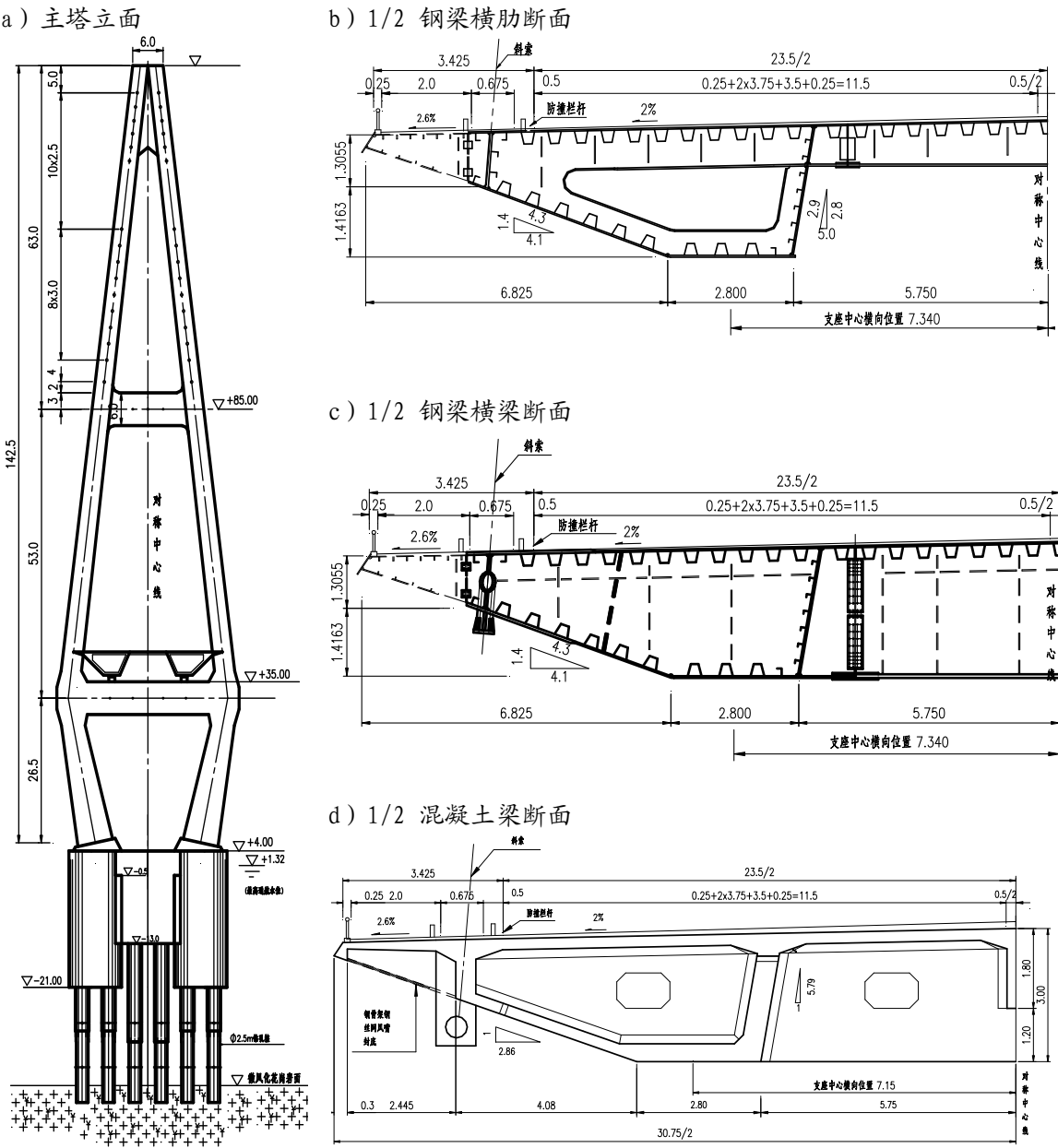


图 1-2 主塔立面、主梁断面图/m

1.3.3. 主梁

1) 钢梁

钢箱梁截面中心高度 3 m,由 2 个边箱、中间板块和单独的风嘴块共 5 件组成。钢箱梁顶板厚度 12mm, U 形加劲肋间距 600mm, 厚度 6mm, 横隔板间距 3m, 横隔梁间距 6m, 钢箱梁标准段长度每节为 12m。

除顶部桥面板采用纵向对接焊外,其余各处均用高强度螺栓连接加以组合。桥面板与边箱底板采用 U 形闭口肋加劲,腹板等各部分采用板式肋加强。在纵向每 3 m 设 1 道横肋,索点横梁与普通横梁按相距 6m 间隔排列。钢箱梁在车间进行全截面组装成长 12m 的节段出厂,1 个标准节段的重量约 150t。梁段在桥上的连接全部

采用高强度螺栓拼接。位于竖曲线的梁段通过调整接缝间隙形成线形。

2) 混凝土梁

两端的预应力混凝土箱梁截面外轮廓尺寸与钢箱梁基本一致,总高度 3.0m。两边箱之间的桥面板中心设 1 道小纵梁予以加强。箱梁顶板全宽 30.75m,两侧各悬挑 274.5cm,厚度 25cm;外直腹板厚 45.5cm,高 97.5;外斜腹板厚度 25cm,横向宽 408cm;底板厚度 40cm,宽 280cm;中间小纵梁宽 40cm,高 180cm。

纵向每隔 7.04 m 设 1 道横隔梁,横隔梁在边腹板厚度为 50cm,在 260cm 范围内渐变至 35cm,中间设置 120×80cm 人孔。在结合段支点部位横梁厚度 300cm,其余支点横梁厚度 150cm。

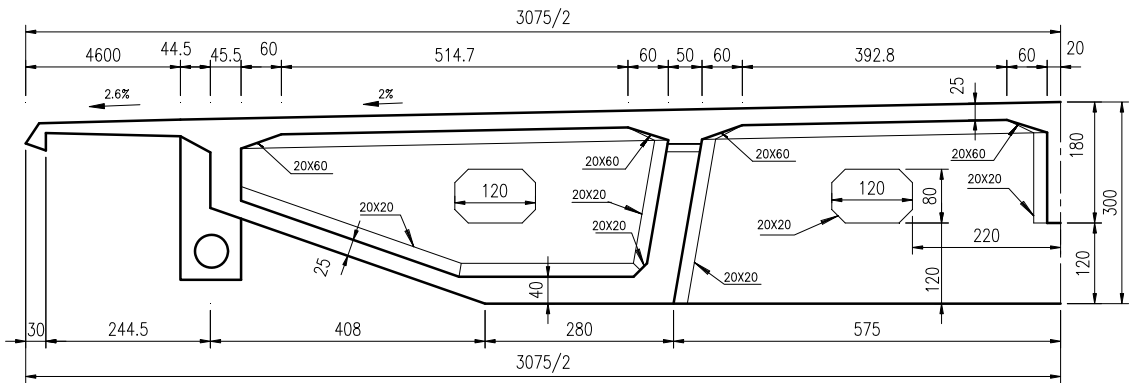


图 1-3 1/2 主梁横截面构造图/cm

纵向预应力束为 24 ϕ 5,标准强度 $R_y^b=1600\text{Mpa}$, $E=2.0 \times 10^5\text{MPa}$,锚下控制张拉应力为 1200Mpa,设计张拉力 $N_y=565.5\text{KN}$,超张拉力 $N_y=603.2\text{KN}$ 。

在支点横梁位置设置横向预应力,采用 12-7 ϕ 5 型预应力钢绞线,标准强度 $R_y^b=1600\text{Mpa}$, $E=1.9 \times 10^5\text{Mpa}$,锚下控制应力 $\sigma=1200\text{Mpa}$,超张拉锚下控制应力 $\sigma=1280\text{Mpa}$ 。

1.3.4. 斜拉索

每塔两侧各 20 对斜拉索,索面略向内倾。斜拉索采用平行钢绞线,索材为英国产带尸石套的低松弛镀锌钢绞线,标准强度为 1770Mpa,整索外面再套以 HDPE 管,全桥共有 160 根斜拉索。根据索力大小,拉索钢绞线的根数有如下 7 种规格,分别是 19、22、27、31、34、37、43 根,最短索长 59.34m,最长索长 272.55m。

1.3.5. 支座

主梁在 2 座主塔及 6 座边墩上均为竖向支承(分别为 GPZ12500、GPZ9000、GPZ5000)。水平抗风支承(GPZ6000)只在主塔和尾端墩上设置。纵向约束采取在主塔的前后设弹性水平拉索予以控制。

2. 预应力混凝土梁病害

2.1. 检测概况

2.1.1. 裂缝检测

2014 年 12 月 8 日至 12 月 25 日，中铁大桥（南京）桥隧诊治有限公司对汕头礮石大桥主桥 PC 梁箱内裂缝进行了详细勘察，裂缝共计 4147 条，其中新增裂缝 3312 条。

表 2.1 PC 梁箱内裂缝汇总表

南边跨						北边跨					
上游侧（条）			下游侧（条）			上游侧（条）			下游侧（条）		
新增裂缝	既有裂缝	合计	新增裂缝	既有裂缝	合计	新增裂缝	既有裂缝	合计	新增裂缝	既有裂缝	合计
1075	238	1313	1231	303	1534	509	136	645	497	158	655
裂缝总计：2847 条，新增裂缝 2306 条。						裂缝总计：1300 条，新增裂缝 1006 条。					

表 2.2 PC 梁箱内裂缝统计表

北边跨上游箱室裂缝统计				北边跨下游箱室裂缝统计			
位置	原裂缝	新增裂缝		位置	原裂缝	新增裂缝	
		已修补	未修补			已修补	未修补
0#横隔板	0	0	1	0#横隔板	0	0	2
1#-2#箱室	5	13	19	1#-2#箱室	12	2	23
3#-4#箱室	8	39	31	3#-4#箱室	9	6	58
5#-6#箱室	12	25	42	5#-6#箱室	10	2	35
7#-8#箱室	7	4	15	7#-8#箱室	9	3	27
9#-10#箱室	10	5	11	9#-10#箱室	11	0	25
11#-12#箱室	8	6	26	11#-12#箱室	15	2	28
13#-14#箱室	10	3	24	13#-14#箱室	6	1	17
15#-16#箱室	7	3	13	15#-16#箱室	12	0	22
17#-18#箱室	10	6	17	17#-18#箱室	11	1	15
19#-20#箱室	8	3	39	19#-20#箱室	10	4	45
21#-22#箱室	9	10	22	21#-22#箱室	9	7	31
23#-24#箱室	11	1	44	23#-24#箱室	13	2	33
25#-26#箱室	9	5	13	25#-26#箱室	10	7	33
27#-28#箱室	6	1	15	27#-28#箱室	8	2	36
29#横隔板	0	0	9	29#横隔板	6	2	9
0#-1#进入孔	0	0	2	0#-1#进入孔	0	0	0
2#-3#进入孔	0	1	0	2#-3#进入孔	0	2	0
4#-5#进入孔	0	0	0	4#-5#进入孔	0	1	0
6#-7#进入孔	0	1	0	6#-7#进入孔	0	1	0
8#-9#进入孔	0	0	1	8#-9#进入孔	0	0	0
10#-11#进入孔	0	1	0	10#-11#进入孔	0	0	0
12#-13#进入孔	0	2	0	12#-13#进入孔	0	1	0
14#-15#进入孔	0	0	12	14#-15#进入孔	0	2	2
16#-17#进入孔	0	1	0	16#-17#进入孔	0	1	0
18#-19#进入孔	0	2	0	18#-19#进入孔	0	0	0
20#-21#进入孔	0	1	0	20#-21#进入孔	0	1	0

北边跨上游箱室裂缝统计				北边跨下游箱室裂缝统计			
位置	原裂缝	新增裂缝		位置	原裂缝	新增裂缝	
		已修补	未修补			已修补	未修补
22#-23#进入孔	0	1	3	22#-23#进入孔	0	2	0
24#-25#进入孔	0	1	0	24#-25#进入孔	0	1	0
26#-27#进入孔	0	1	1	26#-27#进入孔	0	2	0
28#-29#进入孔	0	6	7	28#-29#进入孔	0	0	1
南边跨上游箱室裂缝统计				南边跨下游箱室裂缝统计			
位置	原裂缝	新增裂缝		位置	原裂缝	新增裂缝	
		已修补	未修补			已修补	未修补
0#横隔板	0	0	0	0#横隔板	0	0	0
1#-2#箱室	3	0	32	1#-2#箱室	11	0	22
3#-4#箱室	9	0	56	3#-4#箱室	22	13	41
5#-6#箱室	4	0	72	5#-6#箱室	17	4	91
7#-8#箱室	10	0	47	7#-8#箱室	14	5	71
9#-10#箱室	47	3	98	9#-10#箱室	22	6	93
11#-12#箱室	27	0	115	11#-12#箱室	23	8	125
13#-14#箱室	12	0	56	13#-14#箱室	7	0	54
15#-16#箱室	13	0	64	15#-16#箱室	13	0	55
17#-18#箱室	10	0	138	17#-18#箱室	18	3	81
19#-20#箱室	20	0	92	19#-20#箱室	15	1	120
21#-22#箱室	11	0	64	21#-22#箱室	23	0	86
23#-24#箱室	13	0	64	23#-24#箱室	37	11	81
25#-26#箱室	22	0	77	25#-26#箱室	24	7	114
27#-28#箱室	22	6	48	27#-28#箱室	35	9	77
29#横隔板	2	0	11	29#横隔板	3	0	10
0#-1#进入孔	0	0	0	0#-1#进入孔	0	0	0
2#-3#进入孔	0	2	0	2#-3#进入孔	0	1	0
4#-5#进入孔	0	1	0	4#-5#进入孔	0	1	0
6#-7#进入孔	0	1	0	6#-7#进入孔	0	1	0
8#-9#进入孔	0	1	0	8#-9#进入孔	0	1	0
10#-11#进入孔	0	2	0	10#-11#进入孔	0	1	0
12#-13#进入孔	0	1	0	12#-13#进入孔	0	1	0
14#-15#进入孔	0	0	8	14#-15#进入孔	0	1	10
16#-17#进入孔	0	0	0	16#-17#进入孔	0	2	0
18#-19#进入孔	0	1	0	18#-19#进入孔	0	1	0
20#-21#进入孔	0	0	0	20#-21#进入孔	0	1	0
22#-23#进入孔	0	0	0	22#-23#进入孔	0	3	0
24#-25#进入孔	0	1	0	24#-25#进入孔	0	1	0
26#-27#进入孔	0	1	0	26#-27#进入孔	0	1	0
28#-29#进入孔	0	0	13	28#-29#进入孔	0	6	11

新增裂缝主要分布在箱内横隔板和顶板上，横隔板的裂缝分布在斜拉索吊点和进入洞附近，斜拉索吊点处为斜向裂缝，进入洞附近为竖向裂缝；顶板裂缝分布没有较强规律，在整个顶板上均有纵向裂缝和斜向裂缝分布；倒角处的裂缝多为纵向裂缝，部分裂缝延伸至横隔板或顶板；腹板裂缝数量较少。

2.1.2. 裂缝特征

新增裂缝主要分布在箱内横隔板、顶板、倒角部位，在边节段腹板及进入孔附近也有少量的裂缝。

新增裂缝缝宽大于等于 0.2mm 的裂缝共计 330 条（南边跨上游侧 115 条，裂缝最大宽度 0.45mm；南边跨下游侧 95 条，裂缝最大宽度 0.4mm；北边跨上游侧 69 条，裂缝最大宽度 0.43mm；北边跨下游侧 51 条，裂缝最大宽度 0.4mm），占新增裂缝总数的 9.96%，该部分裂缝的深度介于 13mm 至 134mm 之间。

南边跨上游侧箱室新增裂缝统计见表 2.3。

表 2.3 南边跨上游侧箱室裂缝特征统计表

部位	顶板	倒角	横隔板	腹板
数量	510（条）	299（条）	176（条）	32（条）
总长	367.7（m）	162.3（m）	99.8（m）	20.7（m）
裂缝走向	以纵向为主，少数斜向，个别网状裂缝	以水平向与斜向为主，少数横向	以竖向与斜向为主，少数横向	以水平向与斜向为主，少数纵向
裂缝宽度	≤ 0.1mm，281 条； 0.1—0.15 mm，131 条 ≥ 0.15 mm，98 条	≤ 0.1 mm，166 条； 0.1—0.15 mm，73 条 ≥ 0.15 mm，60 条	≤ 0.1 mm，46 条； 0.1—0.15 mm，48 条 ≥ 0.15 mm，83 条	≤ 0.1 mm，12 条； 0.1—0.15 mm，6 条 ≥ 0.15 mm，14 条
裂缝深度	宽度 ≥ 0.2 裂缝平均深度 39.8mm	宽度 ≥ 0.2 裂缝平均深度 44mm	宽度 ≥ 0.2 裂缝平均深度 47mm	宽度 ≥ 0.2 裂缝平均深度 44mm

a) 顶板裂缝



b) 横隔板裂缝



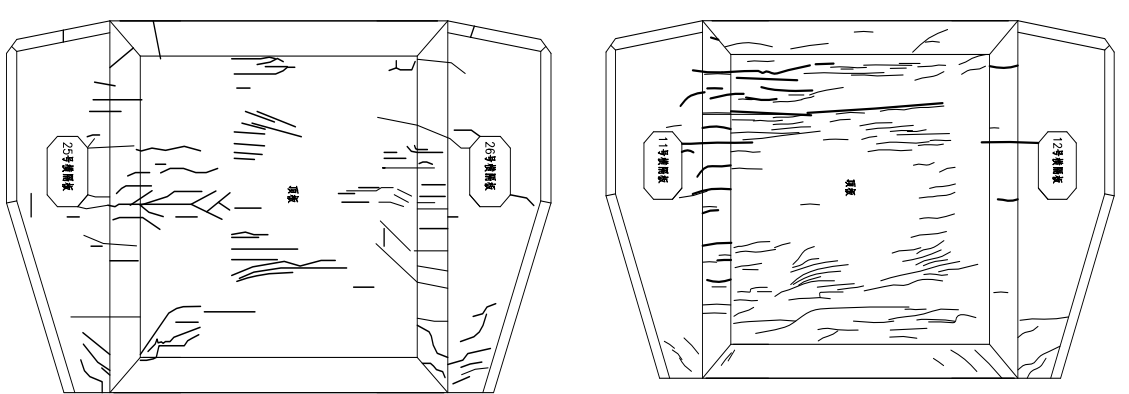
c) 倒角裂缝



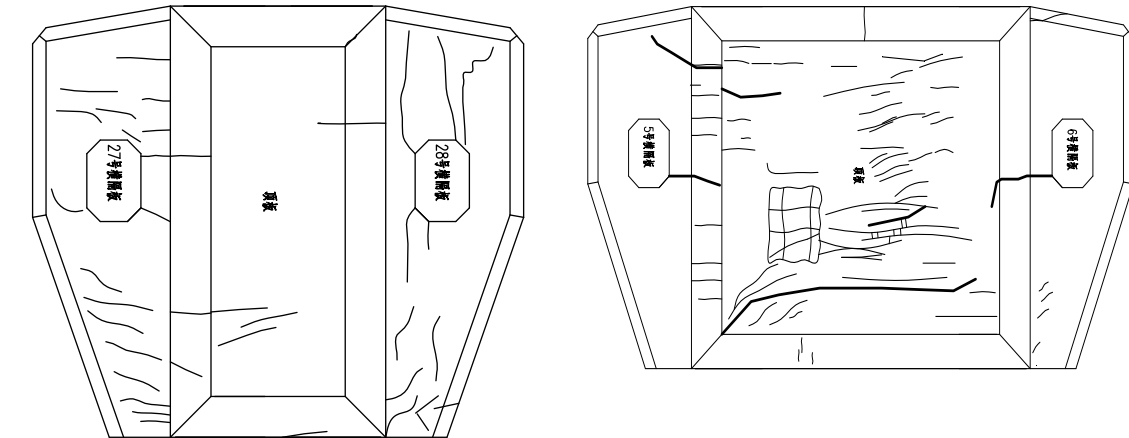
d) 腹板板裂缝



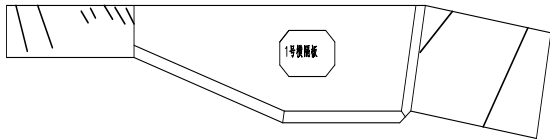
e) PC 梁箱内裂缝示意图一



f) PC 梁箱内裂缝示意图二



g) PC 梁腹板裂缝示意图



h) 端横隔板裂缝示意图

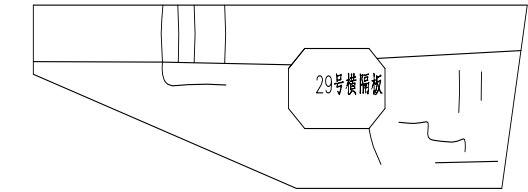


图 2-1 PC 梁箱内裂缝示意图

2.2. 结构计算

2.2.1. 结构模型

对结构进行整体计算与局部分析，整体计算我院自编程序软件 SCDS，局部分析采用通用有限元 Ansys 进行结构计算建模。

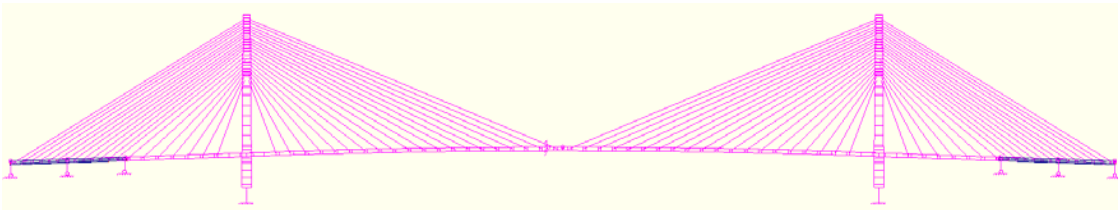


图 2-2 全桥杆系模型图

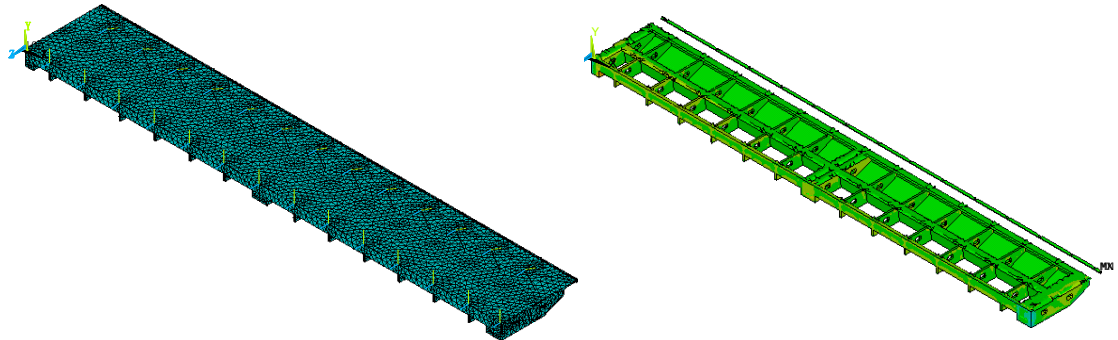


图 2-3 预应力混凝土梁模型图

2.2.2. 计算参数

1) 恒载

主要包括结构自重及二期恒载，结构恒载见表 2.4。

表 2.4 结构恒载表

结构自重		二期恒载	
钢结构主梁	9383t	桥面铺装	60.6kN/m
预应力混凝土主梁	11663 t	人行护栏及预埋件	2.6kN/m
主塔	33973 t	防撞护栏	16.8kN/m
斜拉索	1019 t	合计	80 kN/m

2) 预应力

纵向预应力束为 24Φ5 弗式锚体系，采用碳素钢丝标准强度 1600Mpa，E=2.0 × 10^5MPa, 锚下张拉力 Ny=565.5KN，超张拉力 Ny=603.2KN。

3) 活载等级

原设计荷载等级为汽 - 超 20，验算荷载为挂 - 120，人群荷载 3.5kN/m²；

现行 04 规范荷载等级为公路-I 级，人群荷载 3.5kN/m²。

2.2.3. 整体计算结果

1) 荷载组合

(1) 按照原设计 85 规范检算

组合 1: 恒载+基础不均匀沉降+汽超 20 +人群荷载+整体升温+顶板升温 5℃；

组合 2: 恒载+基础不均匀沉降+人群荷载+汽超 20 +整体降温。

(2) 按照 04 规范检算

组合 1: 恒载+基础不均匀沉降+公路 I 级+人群荷载+整体升温+正温度梯度；

组合 2: 恒载+基础变位+汽超 20 +人群荷载+整体降温+负温度梯度。

2) 按照 85 规范主要计算结果

结构在荷载组合作用下，混凝土梁段正截面验算结果为基本上全截面受压，下缘局部存在约 0.2Mpa 拉应力；斜截面抗裂验算结果表明在靠辅助墩 S2 (N2) 附近最大主拉应力 0.7Mpa。

承载能力验算混凝土梁截面抗剪与抗弯承载能力均满足规范要求，支点附近抗剪最小安全系数 1.18。

边跨拉索最大索力 9246KN，中跨拉索最大索力为 9011KN，安全系数约为 10。

在汽车活载作用下，跨中主梁最大变形 76cm，挠跨比为 1/682；主塔全截面受压，最大压应力约 12MPa，汽车作用下，主塔水平位移约 16cm。

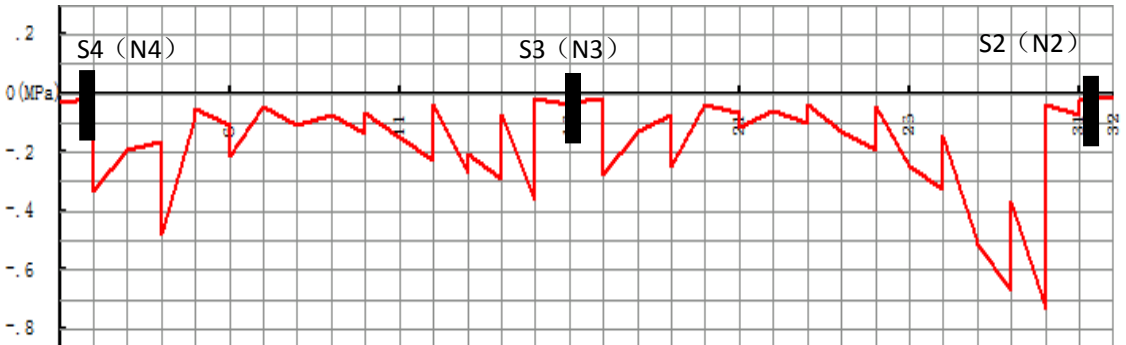


图 2-4 混凝土主梁斜截面抗裂应力图 (85 规范)

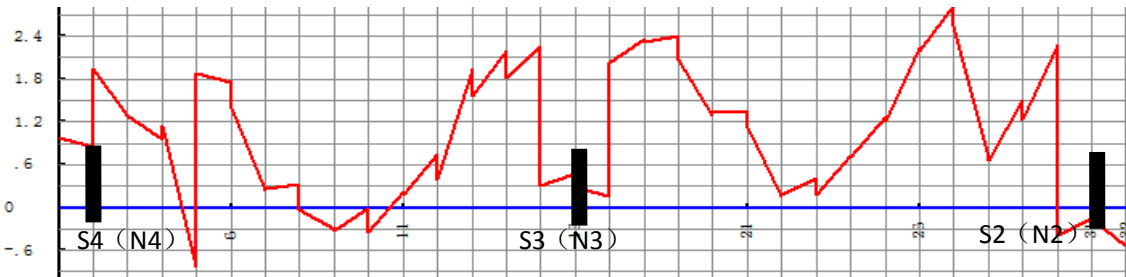


图 2-5 混凝土主梁正截面抗裂下翼缘应力图 (85 规范)

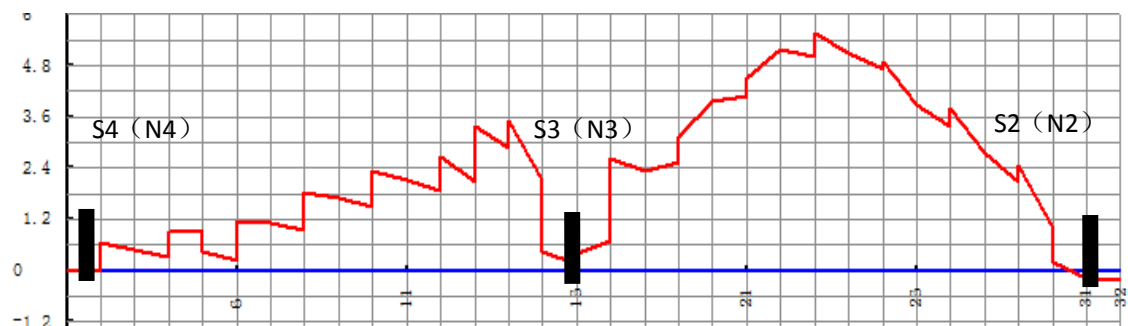


图 2-6 混凝土主梁正截面抗裂上翼缘应力图 (85 规范)

2) 按照 04 规范主要结算结果

04 规范与 85 规范在混凝土收缩徐变及温度计算规定有一定的差异，荷载等级按照公路-I 级考虑。结构在荷载组合作用下，计算结果为混凝土主梁上翼缘板受压，部分节段下翼缘板受拉，最大拉应力约 0.8Mpa；斜截面抗裂验算结果表明在靠辅助墩 S2 (N2) 附近最大主拉应力 0.9Mpa。

承载能力验算混凝土梁截面抗剪与抗弯承载能力均满足规范要求，支点附近抗剪最小安全系数为 1.04。

边跨拉索最大索力 9259KN，中跨拉索最大索力为 9021KN，安全系数约为 10。

在汽车活载作用下，跨中主梁最大变形 79cm，挠跨比为 1/656；主塔全截面受压，最大压应力约 15.1MPa，汽车作用下，主塔最大水平位移约 16cm。.

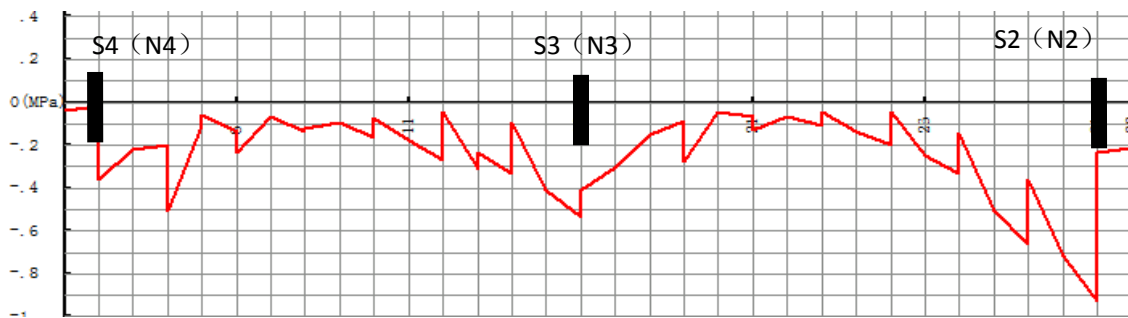


图 2-7 混凝土主梁斜截面抗裂应力图 (04 规范)

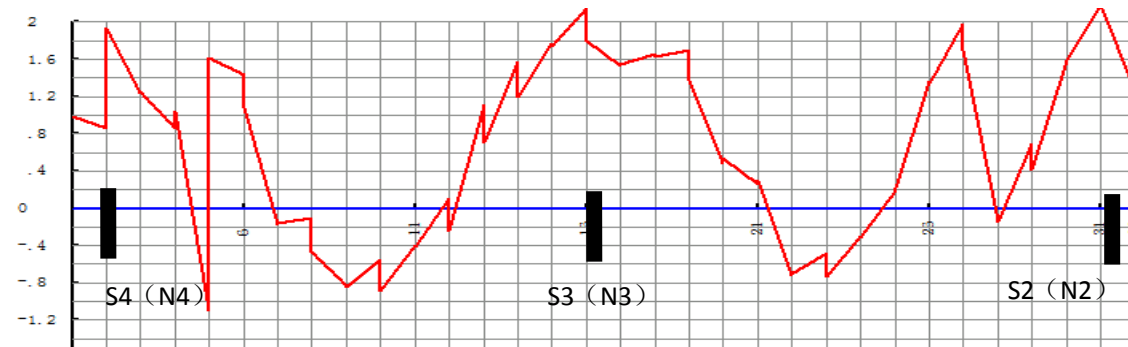


图 2-8 混凝土主梁正截面抗裂下翼缘应力图 (04 规范)

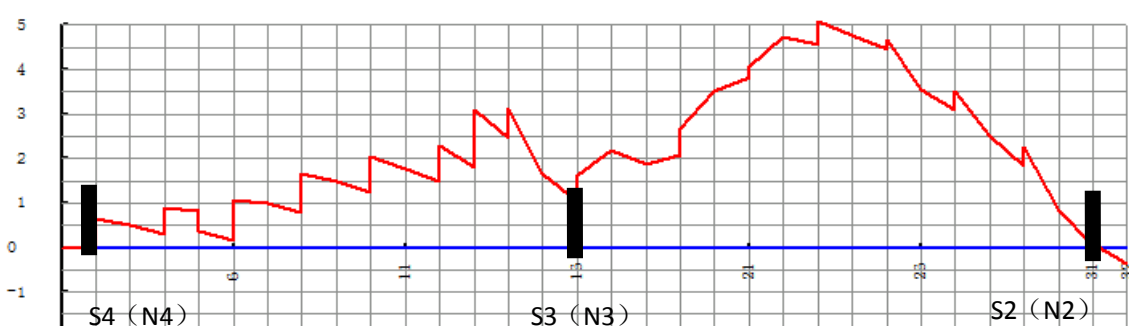


图 2-9 混凝土主梁正截面抗裂上翼缘应力图 (04 规范)

2.2.4. 局部计算

1) 荷载工况

工况 1: 恒载+预应力+拉索索力（局部计算时以恒载计入）。

工况 2: 温度梯度。

工况 3: 55ton 汽车荷载（计入冲击系数 1.3）。

工况 4: 恒载+温度梯度+55ton 汽车荷载。

局部计算时不考虑拉索对梁段的弹性支撑，应力数值拉为正，压为负。

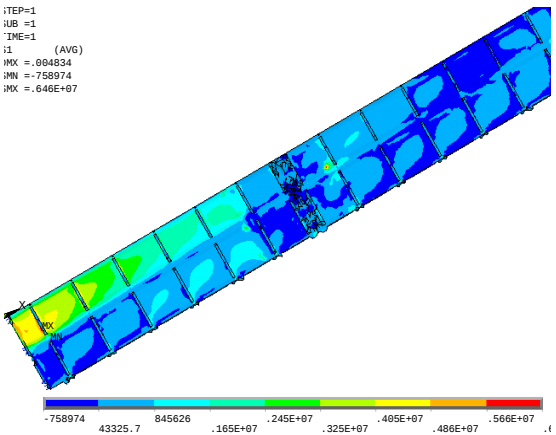
2) 计算结果

(1) 工况 1

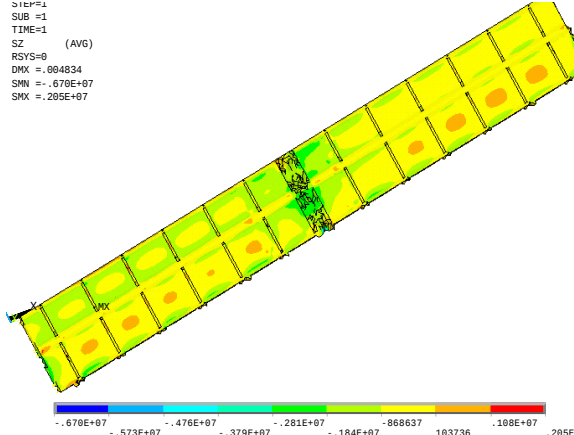
主梁在索梁锚固区混凝土锚头区域局部上拱。顶板主拉应力和横向正应力峰值出现在 4#墩-3#墩跨开口箱侧横隔板顶缘区域，其中主拉应力为 4.05MPa，闭口箱局部横向正应力为 1.08MPa。

此外，开口侧横隔板人洞周边主拉应力值较大，腹板主拉应力峰值发生在底板预应力束锚固区域。

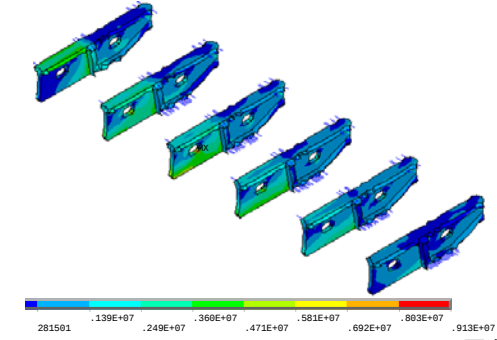
a) 顶板主拉应力分布/MPa



b) 顶板横向正应力分布/MPa



c) 横隔板主拉应力分布/MPa



d) 腹板主拉应力分布/MPa

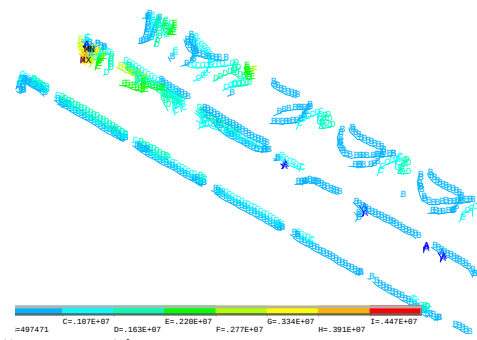
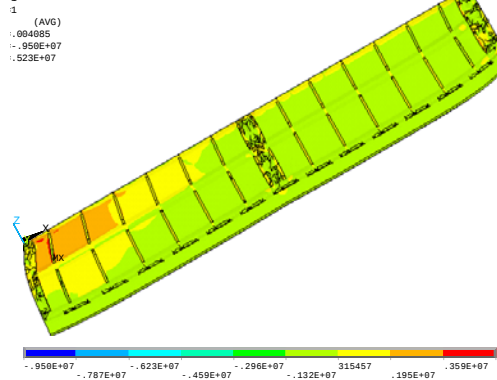


图 2-10 局部计算“工况一”结果

(2) 工况 2

温度梯度作用下，PC 梁顶板主拉应力和横向正应力在 4#墩-3#墩跨开口侧达到峰值，主拉应力最大值为 4.66MPa，横向正应力最大值为 2.22MPa。

a) 顶板主拉应力分布/MPa



b) 顶板横向正应力分布/MPa

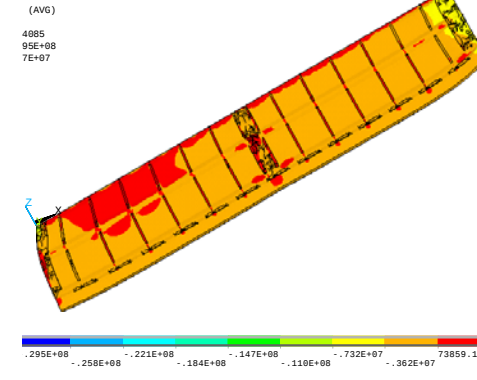
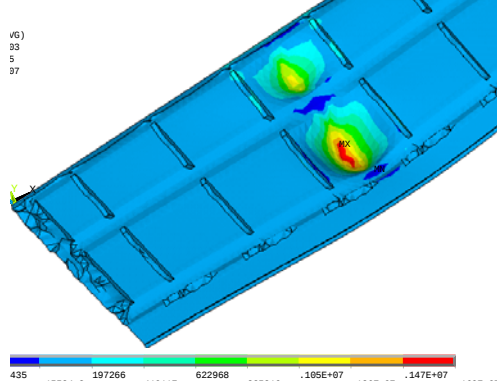


图 2-11 局部计算“工况二”计算结果

(3) 工况 3

在仅作用 55ton 标准车后轴（已计入冲击系数）的情况下，顶板的主拉应力及横向正应力表现出显著的轮载效应。其中最大主拉应力发生在外侧箱内顶板下缘，数值为 1.69MPa；横向最大正应力出现在边腹板处顶板上缘，数值为 1.33MPa。

a) 顶板主拉应力分布/MPa



b) 顶板横向正应力分布/MPa

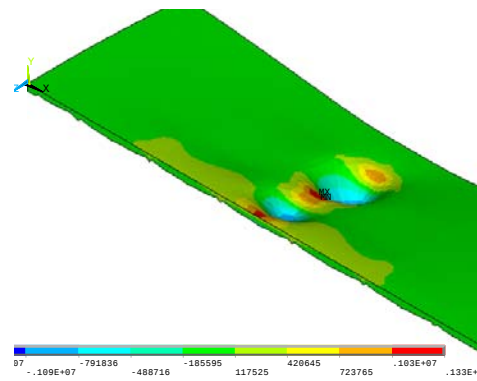
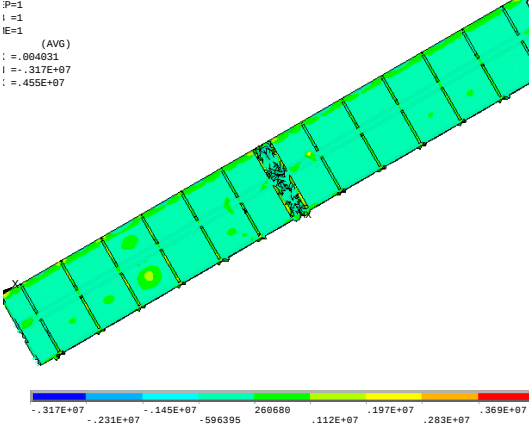


图 2-12 局部计算“工况三”计算结果

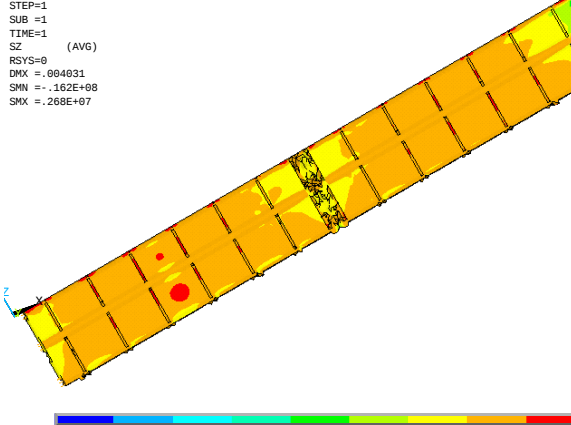
(4) 工况 4

几种荷载组合作用下，顶板的主拉应力和横向正应力分布规律同“工况一”基本相同，最大值分别为 2.83MPa 和 1.84MPa；开口侧横隔板人洞周边主拉应力值较大，约 4.71MPa。

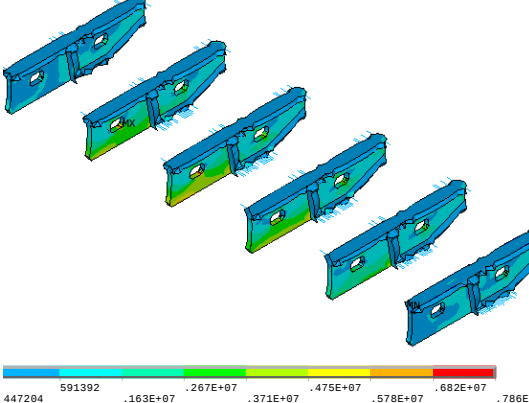
a) 顶板主拉应力分布/MPa



b) 顶板横向正应力分布/MPa



c) 横隔板主拉应力分布/MPa



d) 腹板主拉应力分布/MPa

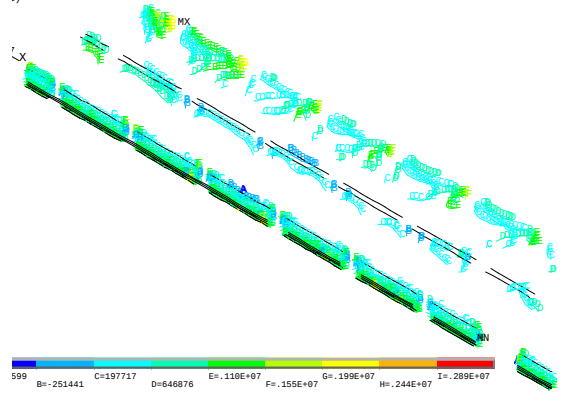


图 2-13 局部计算“工况四”计算结果

2.2.5. 计算结论

1) 整体计算

按照原设计标准进行复核算，在荷载作用下混凝土梁基本全截面受压，混凝土斜截面抗剪与正截面抗弯以及斜拉索承载能力与安全系数均满足原设计规范要求，其中斜截面抗裂验算结果表明腹板最大主拉应力约 0.7MPa。

按照现行规范进行检算，荷载按照公路一级考虑，由于混凝土收缩徐变及温度计算与原规范有一定的差异，在荷载作用下正截面抗裂验算结果表明在跨中一定范围内主梁底板受拉，最大拉应力约 0.8Mpa；混凝土斜截面抗剪与正截面抗弯以及斜拉索承载能力与安全系数均满足现行规范技术要求；斜截面抗裂验算结果表明腹板最大主拉应力约 0.9Mpa。

2) 局部计算

根据 PC 梁在运营过程中可能承受的外部荷载对其进行局部分析,不同工况下箱梁顶板的主拉应力峰值,均出现在开口侧靠近横隔板区域,其中“工况四”作用时最大值为 3.03MPa,相应的横向正应力峰值为 1.84MPa,55ton 车辆局部轮压作用对顶板横向正应力约 1.33MPa。

按照现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004)4.3.10 条文中的规定对箱梁施加温度梯度后(“工况二”),顶板局部主拉应力值和横向正应力值较大。此外,多种荷载同时作用下,横隔板人洞及腹板靠近底板预应力束锚固区域应力集中。

2.3. 病害成因

1) 汽车超载

目前实际存在通行车辆载重已超过大桥的设计荷载等级(如:超限、超载、密集等)的现象,在超重车局部轮压作用下,底板存在纵向开裂的可能。特别需要说明的是,一次特殊超重车辆即可引发结构开裂,结构一旦开裂即不可恢复。结构开裂处会发生应力重分布,导致局部应力过大,引起新的裂缝的产生,经常性的超载又导致裂缝的不断扩展。

2) 原设计规范局限

近几年相关规范均在不断更新,完善了原规范的诸多不足。另外基于当时整个行业的认识局限,桥梁不可避免存在先天性缺陷,是同年代桥梁存在的通病。混凝土收缩与徐变计算、温度力的计算等与原设计规范差异较大,也是顶板纵向开裂原因之一。

3) 结构构造

由于构造方面因素,如横梁位置(特别是结合段附近),人孔附近,在构造上容易出现短小裂缝。

4) 其他原因

大桥建成至今已近 16 年,历经风吹、日晒、雨淋及极端恶劣气候的侵蚀,不可避免会产生结构构件的劣化现象;如果施工期间存在先天缺陷,在后期运营过程中该部位病害最先显现出来。

3. 总体设计

3.1. 设计依据

《汕头市礮石大桥（47+47+100+518+100+47+47）米斜拉桥施工图设计》，铁道部大桥工程局勘测设计院（现为大桥勘测设计院集团有限公司）·1996.

《汕头礮石大桥主桥 PC 梁箱内裂缝勘察技术报告》，中铁大桥（南京）桥隧诊治有限公司·2014.

中华人民共和国交通运输部. 公路斜拉桥设计细则（中华人民共和国行业推荐性标准，JTG/T D65-2007）[S]. 2007.

中华人民共和国交通运输部. 公路桥梁技术状况评定标准（中华人民共和国行业推荐性标准，JTG/T H21-2011）[S]. 2011.

中华人民共和国交通部. 公路桥涵设计通用规范（中华人民共和国行业标准，JTGD60-2004）[S]. 北京：人民交通出版社，2004.

中华人民共和国交通部. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范（中华人民共和国行业标准，JTG D62-2004）[S]. 北京：人民交通出版社，2004.

中华人民共和国交通部. 公路工程技术标准（中华人民共和国行业标准，JTG B01-2003）[S]. 北京：人民交通出版社，2003.

中华人民共和国建设部. 混凝土结构加固设计规范（中华人民共和国国家标准，GB50367—2013）[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2013.

中华人民共和国交通部. 公路桥梁加固设计规范（中华人民共和国行业推荐性标准，JTG/T J02-2008）[S]. 北京：人民交通出版社，2008.

中华人民共和国交通部. 公路桥梁加固施工技术规范（中华人民共和国行业推荐性标准，JTG/T J23-2008）[S]. 北京：人民交通出版社，2008.

中华人民共和国交通部. 公路桥涵养护规范（中华人民共和国行业标准，JTG H11-2004）[S]. 北京：人民交通出版社，2004.

中华人民共和国建设部. 混凝土结构后锚固技术规程（中华人民共和国行业标准，JGJ145-2013）[S]. 北京：2013.

中华人民共和国交通部. 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件（JT/T 722-2008）[S]. 北京：人民交通出版社，2008.

中华人民共和国建设部. 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范（中华人民共和国国家标准，GB 50728-2011）[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2011.

其他相关技术标准

3.2. 维修设计技术标准

维修后设计技术标准不变，同原设计技术标准。

3.3. 维修设计总体思路

在充分掌握结构的外部条件（气候、地质状况、交通状况）和现状（各维修结构构造状况、受力状况及已发现各类病害）的基础上，正确分析病害产生的根本原因，充分比选国内外现有的、经实际验证处理效果较好、经济合理、施工方便的维修改造方法，综合考虑社会效益和经济效益，设计应尽可能减少维修对大桥交通的影响程度和影响时间。

本次维修工程主要包括以下内容：

- （1）预应力混凝土箱梁箱内顶板裂缝处理；
- （2）预应力混凝土箱梁横隔板箱内裂缝处理；
- （3）预应力混凝土箱梁腹板箱内裂缝处理；
- （4）预应力混凝土箱梁箱内混凝土缺陷处理。

设计针对上述每一项内容，进行维修设计。

鉴于大桥的重要性和巨大的社会影响，本次维修主要考虑安全性与耐久性，以避免不久的将来进行二次维修，造成不良的社会影响。维修设计考虑兼顾强度和耐久性两方面，在解决主要病害的同时兼顾次要病害，尽可能对施工时遗留的缺陷进行修复，对后期可能影响结构耐久性的构造不足进行补充，同时切实考虑施工的可行性以保证施工质量。

4. 维修方案

4.1. 顶板裂缝处理

顶板主要为纵向裂缝，宽度大于 0.2mm 的裂缝深度已超过横向钢筋位置（平均深度 39mm，横向钢筋净保护层 20mm），开裂主要原因为超载车辆轮压、温度共同作用，维修主要按照结构性与耐久性两个方面考虑。

（1）裂缝处理

先采用压力灌注的方法对顶板位置处宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 的裂缝进行处理。裂缝灌浆目的是靠粘结剂的粘结力将结构内部组织重新结合为整体，恢复应有的强度。同时阻断空气和水分进入梁体，避免腐蚀钢筋和混凝土，提高结构耐久性和抗渗性。

（2）顶板粘贴钢板

对裂缝灌浆处理后，箱内顶板下表面粘贴横桥向通长，钢板尺寸规格为宽 20cm，厚 6mm，钢板与钢板之间预留 5cm 后期观察缝，在两侧倒角位置处，分别纵桥向各粘贴并用螺栓锚固一块钢板压条。粘贴完毕后对钢板外表面进行涂装防护。涂装防护体系见图 4-1。

通过粘贴钢板，钢板与混凝土结构共同承担温度梯度与活载轮压作用，防止在超载情况下底板继续出现裂缝，同时一定程度可补强顶板（开裂引起的抗力下降）；箱梁底板存在较多细小裂缝、局部空洞、钢筋外露锈蚀等缺陷，通过粘贴钢板可提高桥梁耐久性。

图 4-1 钢板外表面涂装防护体系

涂层体系	每道干膜 最小厚度 (μm)	涂装道数	总干膜 最小厚度 (μm)
环氧富锌底漆	60	1	60
环氧（云铁）中间漆	60	2	120
环氧（厚浆）漆（浅色）	80	1	80
总干膜厚度		260	

4.2. 横隔板、腹板裂缝处理

（1）裂缝封闭：裂缝宽度 $< 0.15\text{mm}$ 者，做封闭处理。。

（2）裂缝灌浆：裂缝宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 者，做灌浆处理。

4.3. 混凝土缺陷处理

（1）混凝土表层外观缺陷处理：对桥梁表面风化、剥落、露筋、及小面积的破损等缺陷修补采用聚合物砂浆进行修补。

（2）混凝土深层缺陷处理：混凝土表面蜂窝、空洞及较大范围破损等缺陷修补采用环氧砂浆（混凝土）进行修补。

（3）外露钢筋锈蚀处理：对混凝土剥落后外露钢筋进行表面除锈，并涂刷阻锈剂，最后用聚合物砂浆或环氧砂浆进行封闭。

5. 施工工艺及技术要求

5.1. 混凝土裂缝处理

5.1.1. 处理原则

本方案按下述原则进行裂缝处理：

凡裂缝宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 者，做灌浆处理。

凡裂缝宽度 $< 0.15\text{mm}$ 者，做封闭处理（在粘贴钢板范围内不做处理）。

裂缝位置及宽度深度资料，详见相关检测报告。具体的裂缝处理尚需由现场设计工程师及监理工程师协商解决。

施工时应首先对裂缝进行检查和标注。对照检测报告，现场核实裂缝的数量、长度和宽度，并根据实际情况予以增减。

5.1.2. 灌浆处理

采用化学灌浆修补裂缝，一方面是靠粘结剂的粘结力将结构内部组织重新结合为整体，恢复应有的强度。另一方面，阻断空气和水分进入梁体，避免腐蚀钢筋和混凝土，提高结构耐久性和抗渗性。

灌缝材料应符合下列要求：

浆液的粘度小，可灌性好；

浆液固化后的收缩性小，抗渗性好；

浆液固化后的抗压、抗拉强度高，有较高的粘结强度；

浆液固化时间可以调节，灌浆工艺简便；

浆液应为无毒或低毒材料。

灌缝材料可选用环氧树脂或甲基丙烯酸酯类材料，施工前应进行试配，以使其可灌性和固化时间满足设计、施工的要求。要求灌浆树脂抗压强度不低于 50.0MPa ，抗拉强度不低于 20.0MPa 。

施工工艺如下：

- （1）裂缝的检查和标注。对照检测报告现场核实需灌浆处理的裂缝数量、长度和宽度，并根据实际情况予以增减。
- （2）裂缝化学灌浆采用灌浆法施工。将裂缝构成一个密闭空腔，有控制地预留进出口，借助专用灌浆泵（灌缝器）将浆液压入缝隙并使之填满。
- （3）灌浆施工工艺流程按图所示进行。

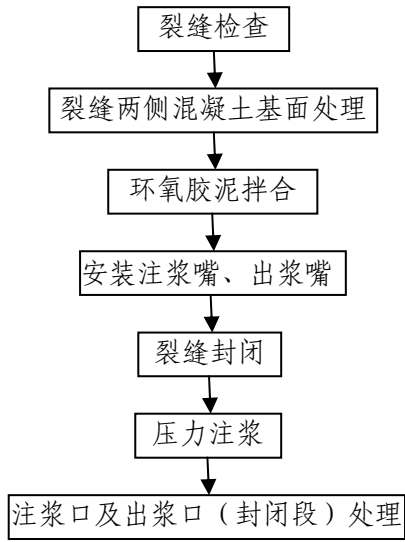


图 5-1 灌浆工艺流程图

- （4）灌浆前先对裂缝周边进行处理，其处理方法为：

用磨光机或钢丝刷等工具，清理结构裂缝处混凝土表面的灰尘、白灰、浮渣及松散层等污物；然后再用毛刷蘸丙酮、酒精等有机溶液，把裂缝两侧各 $20\sim 30\text{mm}$ 范围擦洗干净并保持干燥。
- （5）粘贴注浆口及封闭裂缝表面

以专用粘结剂将注浆口与裂缝对齐粘贴。注浆口的间距根据裂缝长度及宽窄以 $30\sim 40\text{cm}$ 为宜，一般宽缝可稀布，窄缝宜密布，每一道裂缝至少须各有一个进浆口和一个排气孔。注浆口应粘贴牢靠，且必须对中，以保证导流畅通。

裂缝表面封闭。为使混凝土裂缝缝隙内完全充满浆液，并保持压力，同时又保持浆液不大量外渗，必须对已处理过的裂缝（除孔眼及注浆口外）表面用环氧浆液沿裂缝走向均匀涂刷两遍进行封闭，形成封闭带，宽度约 6cm 。
- （6）压气试验

环氧封闭带硬化后，需进行压气试验，以检查封闭带是否封严。将压缩气体通过灌浆嘴充入裂缝内，气压控制在 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$ ，此时，在封闭带上及注浆口周围涂上肥皂水，如发现封闭带上有气泡出现，说明该部位漏气，对漏气部位需再次封闭。

试气时沿裂缝由低端向高端进行。
- （7）灌浆操作

灌浆应由低端向高端进行。从低端开始压浆后，高端的灌浆嘴在排出裂缝内的气体后喷出浆液，待喷出的浆液与压入的浆液浓度相同时，即可停止压浆，将灌浆嘴封堵。贯通缝须在一侧表面裂缝处进行封缝处理，从另一表面进行灌缝。

对于已灌浆的裂缝，待浆液固化后将灌浆嘴拆除，并将灌浆嘴处用环氧胶泥抹平。

（8）质量检查

灌浆结束后，应检查补强效果和质量，发现缺陷应及时补救，确保工程质量。

5.1.3. 封缝处理

对小于 0.15mm 的裂缝进行封闭处理。根据不同裂缝情况，封缝前先对裂缝部位进行处理或在裂缝处开 V 型槽，然后用封缝材料将裂缝表面或 V 型槽封闭。封缝材料固化后必须能有效地裂缝封闭，防止水汽侵入，锈蚀钢筋。

封缝方法：采用环氧树脂胶泥封缝。具体措施如下：

先在裂缝处理面（宽 20～30mm）涂一层环氧树脂基液，后抹一层厚 1mm 左右、宽 20～30mm 的环氧树脂胶泥。抹胶泥时防止产生小孔和气泡，刮平整，保证封闭可靠。

5.1.4. 施工注意事项

（1）施工宜在 5℃ 以上环境温度条件下进行，并应符合配套树脂的施工使用温度；

（2）化学注浆材料为易燃品，应密闭储存，远离火源；

（3）在配置及使用现场，必须通风良好，操作人员应做好防护，严禁在现场进餐；

（4）工作场地严禁烟火，并必须配备消防设施。

5.2. 粘贴钢板

5.2.1. 粘钢概要

采用环氧树脂系列粘结剂将钢板粘贴在混凝土结构的薄弱部位，使其与原结构形成整体，共同受力，增强结构承载能力，限制裂缝发展，是粘贴钢板的目的。

钢板为一级钢（即：Q235b），厚度为 6mm。

粘贴钢板材料采用专用粘钢胶，厂家须提供原料的抗剪报告，现场检测 7 天抗剪强度须 ≥18MPa。

5.2.2. 粘贴钢板施工工艺

1）钻孔植钢螺杆

在粘贴区域按图纸要求并结合实际测量情况钻孔植入直径为 12mm 的螺杆，钢板两端必须有螺杆埋置，其距钢板端部的距离应控制在 5～10cm 之间。埋植螺杆前，应用钢筋探测仪查明钢筋分布，避免钻孔时碰到钢绞线，并尽量避免碰到钢

筋。钻孔直径为 16mm。对形成的孔先用压缩空气清理孔内浮尘，再用甲苯或工业丙酮清洗，晾干后涂抹一薄层 E44 环氧树脂基液，向孔内注入环氧胶泥，然后将清洗晾干并涂有一层环氧树脂基液薄浆的螺杆慢慢转动插入，最后补填环氧胶泥直至填满饱满。

2）混凝土表面处理

粘贴钢板表面处理包括混凝土粘结面处理及钢板贴合面处理，这是最关键的工序，应认真进行。对于混凝土构件粘结面，应根据构件表面的新旧程度、坚实程度、干湿程度，分别按以下四种情况处理：

（1）对很旧很脏的混凝土构件的粘结面，应先用硬毛刷沾高效洗涤剂，刷除表面油垢污物，接着，再进行打磨，除去 2～3mm 厚表层，直至完全露出新面，并用无油压缩空气吹除粉粒。处理后，若表面严重凹凸不平，可用高强树脂砂浆修补；

（2）如果混凝土表面不是很脏很旧，则可直接对粘结面进行打磨，去掉 1～2mm 厚表层，完全露出新面，用压缩空气除去粉尘或用清水冲洗干净，待完全干燥后用丙酮喷洗表面即可；

（3）对于新混凝土粘结面，先用钢丝刷将表面松散浮渣刷去，露出新面，再用硬毛刷沾洗涤剂洗刷表面，或用清水冲洗，待完全干燥后即可；

（4）对于湿度较大的混凝土构件，除满足上述要求外，尚须进行人工干燥处理。

（5）为更好地确保粘贴效果，还应进行表面凿毛处理，使混凝土表面粗糙。

施工时应按图纸要求并结合实际测量情况，确保坚硬的混凝土外露，并形成平整的粗糙面，再用钢丝轮清除表面浮渣，剔除表层疏松物。对于混凝土缺陷部位应用环氧结构胶进行修补，固化后再磨平。最后用压缩空气吹净表面尘粒，并用甲苯或工业丙酮擦拭表面数遍后凉干。

3）钢板粘贴面处理与配套打孔

依据图纸及实际情况放样下料，并进行配套打孔（孔径为 14mm），钢板的具

体弯曲形状，应根据现场情况确定。

对于钢板贴合面，应根据钢板锈蚀程度，分别按以下两种方法处理：

（1）钢板未生锈或轻微锈蚀，可用喷砂、砂布或平砂轮打磨，直至出现金属光泽，其后用脱脂棉沾丙酮将钢板粘贴面擦拭干净。打磨粗糙度越大越好，打磨纹路尽量与钢板受力方向垂直。

（2）如钢板锈蚀较严重，必须先用适度盐酸浸泡 20 分钟，使锈层脱落，再

用石灰水冲洗，最后用平砂轮打磨出纹道。

4) 配胶

粘钢结构胶一般为甲乙双组分，须在现场临时配置。配置时：

- (1) 严格按使用说明配胶；
- (2) 现场配置称量设备，严格计量，保证配比正确；
- (3) 将甲、乙组分倒入干净容器，采用机械法按同一方向定向搅拌至色泽均匀为止；
- (4) 配胶比例根据当时当地气候条件及有效时间长短作适当调整。

5) 粘贴

胶粘剂配制好后，用抹刀同时涂抹在已处理好的混凝土表面和钢板贴合面。先用少量胶于结合面来回刮抹数遍，再添抹至所需厚度（1~3mm），中间厚边缘薄，然后将钢板贴于预定位置。若是立面粘贴，为防止流淌，可加一层脱蜡碳丝布。钢板粘贴后，用手锤沿粘贴面轻轻敲击钢板，如无空洞声，表示已粘贴密实，否则应剥下钢板，补胶，重新粘贴。

6) 固定与加压

钢板粘贴好后，立即用植入螺栓固定，加垫片、紧固螺母，交替拧紧各加压螺杆，使多余的胶粘剂沿板缝及螺栓孔挤出，加压固定的压力以不小于 0.5MPa 为宜。同时要不断轻轻敲打钢板及时检查钢板下胶粘剂饱满度，若发现某些部位胶粘剂不足，有空鼓，应及时松开螺杆，从钢板侧面把胶粘剂填塞到空隙处，使钢板平整密贴。螺栓拧紧次序应按由内向外、由中间向两边进行。

7) 固化

- (1) 固化期间不得对钢板有任何扰动；
- (2) 若气温偏低，可采取人工加温，一般用红外线灯加热；
- (3) 固化时间不小于 24 小时。

8) 检验

本工程维修构件的粘钢质量采用非破损检验。主要检验内容有：

- (1) 钢板边缘溢胶色泽，硬化程度；
- (2) 以小锤敲击钢板检验钢板的有效粘结面积，从声音判断粘贴固化效果，锚固区有效粘结面积不应小于 90%，否则粘贴无效，应剥下重新粘贴。

5.2.3. 施工注意事项

- (1) 施工宜在 5℃ 以上环境温度条件下进行，并应符合配套树脂的使用温度；
- (2) 化学注浆材料为易燃品，应密闭储存，远离火源；
- (3) 在配置及使用现场，必须通风良好，操作人员应做好防护，严禁在现场进餐；
- (4) 工作场地严禁烟火，并必须配备消防设施；
- (5) 粘贴钢板的工作时间应选在交通车辆间隔较长时进行，间隔时间越长越好。钢板粘贴就位后，其干硬时间至少保证 8 小时。
- (6) 对钢板外表面进行防护时，构件外观需进行相应处理。

5.3. 钢板表面防护涂装

5.3.1. 表面除锈处理

涂装前基体表面预处理质量越高，越能获得保护性能好的涂膜。各类涂料对底材处理的要求不同，高性能的涂料比一般性能的涂料对底材处理的要求高，如果底材处理不当，涂层附着力不佳，易产生起泡、脱落等弊病。

除锈的目的是去除钢铁表面的所有氧化皮和锈蚀物，为进一步涂装工作提供良好的基底，确保涂层质量，延长钢铁使用寿命。通常在除锈的同时也可去除旧涂层的污物，所以除锈中也包括同时除漆、除污物。常用的除锈方法有手工、小型机械（风动、电动）、喷（抛）丸（砂）、高压水（磨料）、酸洗以及电化学和火焰等除锈方法。

对较大面积钢结构可采用喷砂除锈，但要加强防护措施，做好环境保护。

对小面积和困难部位可采用手工操作除锈，采用钢丝刷、粗砂纸或小型电动钢丝刷，除去旧漆膜和底材锈蚀，直至露出干净的钢材，结构或构件表面不得存有旧漆膜、锈、油污及杂质。

除锈处理和相应的等级标准：

- (1) 处理后的表面除锈等级应达到 Sa2.5 级；
- (2) 表面粗糙度为 40~100um（不应超过 100um）；
- (3) 表面清洁度为 Class2 级以上。

根据所采用的涂装方法和施工工艺，将除锈达到一定的等级。采用刷涂、辊涂、擦涂、刮涂方法时，由于手工加入的作用力大，可采用小型机械除锈，需达到 St2 级。有气喷涂要求除锈等级达到 St3 级。而采用喷涂、浸涂、淋涂、电泳、粉末涂装时，就不宜采用小型机械工具除锈的方法，而需采用喷砂或酸洗除锈等

手段，达到 Sa2.5 级的除锈等级。

5.3.2. 现场试验

涂料匹配性关系到涂装体系的成败，涂装前进行涂料的一些匹配性实验至关重要。涂料的品种多样，采用的化学组成各不相同，性能也就各不相同。涂料产品种类多，每类中因所用基料、溶剂、助剂、填料等的不同而性能各异，即使是组分基本相同的涂料也会因为生产厂家的不同，现场用溶剂、助剂、填料的比例等不同，而大大影响涂层的使用效能。

在众多的匹配性能中附着力显得特别重要，在现场实验中一定要检验测试采用涂料之间的粘结力，涂料在现场特定温度、湿度环境下以及特定的表面处理后与涂装基体的粘结力。

维修涂料及所用溶剂等化学产品在正式涂装前应进一步测试其闪点、毒性、干燥方式和性能。

5.3.3. 质量控制

涂装行业有句俗话说涂装是“三分涂料，七分施工”。根据大量的涂装失效例子可看出，涂装施工质量直接关系到涂层的使用寿命。涂装体系是一套复杂的体系，其中任一个环节的失败都可导致涂层的失效，所以必须做好以下几方面质量控制。

（1）涂料供应：涂料必须是正规厂家生产，有相应的产品合格证书、有国家认可的质检机构出具的检验报告、有供应产品的技术手册、所用涂料必须有丰富的实践应用以及在我国同类气候条件中的应用经历，所用涂料应该有悠久的历史已经经过一定时间的实际应用考验。

（2）涂料的存放运输：涂料的存放和运输应按照涂料生产厂家的有关规定说明执行。在存放和运输中要特别注意防火、暴晒，以防止引起涂料爆炸老化。

（3）涂装工艺：涂层的实际使用性能很大程度受涂装工艺的影响，只有合理的科学的涂装工艺才能保证涂装的质量，一般比较好的涂料生产厂家都会在产品说明中有全面的涂装工艺说明，工艺说明中一般会根据自己的涂料性能选择合适的工艺方法，现场使用人员应仔细阅读生产厂商的工艺说明，并结合自己的施工设备和经验编制详细的施工工艺，并由专职质检人员检查每道工序。涂刷要做到不流挂，注意手法均匀，先难后易，自上而下，自左及右，勤蘸多刷。

（4）涂装现场的质量管理：涂装的质量很大程度上由涂装施工质量控制，所以施工中管理人应认真负责，对每一道工序都详细检查，达到设计的要求后方可进行下一道工序的施工。现场人员必须仔细研究涂料的产品说明书和设计文件要求，掌握涂装施工的关键所在，坚决制止涂装时赶时间前一道涂层还没有达到要

求的干燥程度即进行下一道涂层的施工，给涂装质量造成隐患。

（5）每喷涂一层必须进行喷涂厚度检测，测量点距离间隔大约 1m，未达到防腐设计厚度的应该及时补喷

（6）外观检验：所有部位必须达到漆膜均匀、平整、光洁、无起泡、无流挂、无漏涂、无露底、无龟裂、无干喷和无杂物等。

（7）漆膜检验：用干膜测厚仪检查，所有测量点必须达到两个 80%（即所测点的 80%的点必须达到和超过规定的设计膜厚，任何一个点厚度必须达到设计厚度的 80%）。

5.3.4. 涂装工艺流程

各种涂装施工方法的选择：随着科学技术的发展，涂料的施工已形成既有刷涂、擦涂、辊涂、淋涂、喷涂、浸涂、刮涂、等传统工艺，又有流化床、静点喷涂、电泳涂装等现代技术。涂料的施工方法虽然较多，但各有优缺点，应根据产品的具体情况来正确的使用施工方法，以达到最佳的涂装效果。

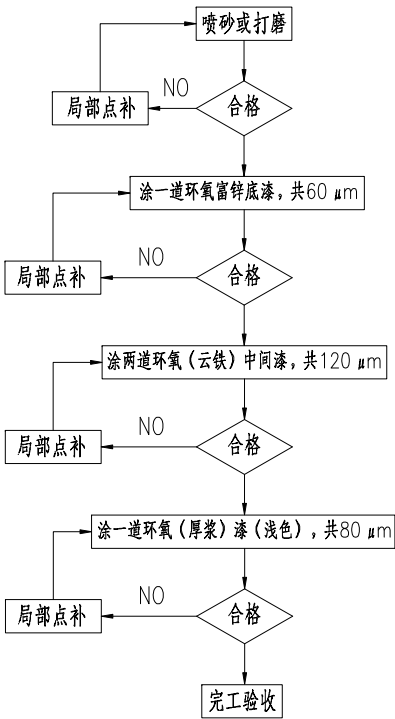


图 5-2 钢板外表面涂装施工工艺流程图

5.4. 主要加固材料指标及要求

5.4.1. 检验要求

对本结构加固用的胶粘剂、裂缝注浆料、聚合物砂浆、纤维复合材，均应满足《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》（GB 50728-2011）要求。特别是加固用的胶粘剂长期性能以满足要下要求：

（1）耐环境作用检验

- (2) 耐应力长期作用检验
- (3) 耐介质侵蚀性能检验
- (4) 对加固用的胶粘剂，应进行毒性检验，要求固化后胶粘剂应达到实际无毒的卫生等级；
- (5) 混凝土维修材料抗拉及粘结强度应至少大于被维修混凝土相应强度的 1.2 倍。
- 结构胶长期试验性能要求见表 5.1，结构胶耐介质侵蚀性能要求见表 5.2。

表 5.1 结构胶长期使用性能鉴定表

检验项目		检验条件	鉴定合格指标
耐环境作用	耐湿热老化能力	在 50℃、95%RH 环境中老化 90d 后，冷却至室温进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比，其抗剪强度降低率（%）
			≤12
	耐热老化能力	在 80±2℃ 温度环境中老化 30d 后，以同温度进行钢对钢拉伸抗剪试验	与同温度 10min 短期试验结果相比，其抗剪强度降低率（%）
			≤5
	耐冻融能力	在-25℃↔35℃冻融循环温度下，每次循环 8h, 经 50 次循环后，在室温下进行钢对钢拉伸抗剪试验	与室温下短期试验结果相比，其抗剪强度降低率（%）
			≤5
耐应力作用能力	耐长期应力作用	在 23±2℃、50±5%RH 环境中承受 4.0Mpa 剪应力持续作用 210d	钢对钢拉伸剪试件不破坏、且蠕变的变形值小于 0.4mm
	耐疲劳应力作用	在室温下，以频率 5HZ、应力比为 5:1.5、最大应力为 4.0Mpa 的疲劳荷载下进行钢对钢拉伸抗剪试验	经 2×10 ⁶ 次等幅正弦波疲劳荷载作用后，试件不破坏

注: 若在申请安全性鉴定前已委托有关科研机构完成该品牌结构胶长期应力作用能力的验证性试验与合格评定工作，且该评定报告已通过安全性鉴定机构审查，则允许免此项检验，而改作楔子快速测定，详见《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范（GB 50728-2011）附录 C。

表 5.2 结构胶耐介质侵蚀性能鉴定表

检验项目	介质环境及处理要求	鉴定合格指标	
		与对照组相比强度下降率（%）	处理后的外观质量要求
耐盐雾作用	5% Nacl 溶液；喷雾压力 0.08Mpa；试验温度（35±2℃）；每 0.5h 喷雾一次，每次 0.5h; 盐雾应自由沉降在试件上；作用持续时间 90d; 到期进行钢对钢拉伸抗剪强度试验	≤5	不得有裂纹或脱胶

检验项目	介质环境及处理要求	鉴定合格指标	
		与对照组相比强度下降率（%）	处理后的外观质量要求
耐碱性介质作用	Ca (OH) ₂ 饱和溶液；试验温度（35±2℃）；浸泡时间 60d; 到期进行钢对混凝土正拉粘结强度试验	不下降，且为混凝土破坏	不得有裂纹、剥离或起泡
耐酸性介质试验	5%H ₂ SO ₄ 溶液；试验温度（35±2℃）；浸泡时间 30d; 到期进行钢对混凝土正拉粘结强度试验	混凝土破坏	不得有裂纹或脱胶

5.4.2. 主要加固材料性能指标

1) 钢材

所有钢材（含粘贴钢板、锚栓等）采用 Q235 与 Q345，板厚误差≤±5 % 板厚。钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强结构钢》GB/T 1591 的规定；钢材的基本性能指标符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定；严禁使用无出厂合格证、无标志或未经进场检验的钢材。

2) 裂缝修补用材料

- (1) 裂缝封闭材料基本性能指标见表 5.3。
- (2) 裂缝灌浆材料基本性能指标见表 5.4。

3) 粘贴钢板用胶

粘钢用胶基本性能指标见\表 5.5。

4) 防护涂装材料

防护涂装材料主要包括：环氧富锌底漆、环氧（云铁）漆、环氧厚浆漆。以上材料应满足《中华人民共和国化工行业标准 富锌底漆》（HG/T 3668-2000）、《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JTT 722-2008）、《混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件》（JTT 695-2007）等相关技术规范规定要求。

- (2) 环氧厚浆漆主要指标见表 5.6。
- (3) 环氧富锌底漆主要指标见表 5.7。
- (4) 环氧云铁中间漆主要指标见表 5.8。

表 5.3 裂缝修补胶基本性能指标表

检验项目		性能或质量指标
密度（g·cm－3）		1.1～1.3
不挥发物含量（固体含量）		≥99%
钢－钢拉伸抗剪强度（MPa）		≥12
胶体性能	抗拉强度（MPa）	≥20
	受拉弹性模量（MPa）	≥1500
	抗压强度（MPa）	≥50
	抗弯强度（MPa）	≥30 且不得呈脆性（碎裂状）破坏
工艺要求	混和后初粘度（MPa·s）	100～500（取决于裂缝粗细）
	可操作时间（min）	≥60
	施工环境温度（℃）	>5℃

表 5.4 裂缝修补用注浆料基本性能指标表

检验项目		性能或质量指标
钢－钢拉伸抗剪强度标准值（MPa）		≥10
浆体性能	抗拉强度（MPa）	≥30
	受拉弹性模量	≥1500
	抗压强度（MPa）	≥60
	抗弯强度（MPa）	≥40 且不得脆性破坏
不挥发物含量（固体含量）		≥99%，
注浆材料与混凝土的正拉粘接强度（MPa）		≥2.5，且为混凝土破坏
初始粘度（MPa·s）		20～150（25℃时）
25℃测定可操作时间		≥60
施工环境温度（℃）		>5℃
可灌性		在产品说明书规定压力下能注入 0.1mm 宽裂缝

表 5.5 粘钢用胶粘剂基本力学性能指标表

性能项目			性能要求
胶体性能	抗拉强度（MPa）		≥ 30
	受拉弹性模量（MPa）		≥ 4000（≥ 3500）
	伸长率（%）		≥ 1.3
	抗弯强度（MPa）		≥ 45
			且不得呈脆性（碎裂状）破坏
抗压强度（MPa）		≥ 65	
粘接能力	钢-钢拉伸抗剪强度（MPa）	平均值	≥ 20
		标准值	≥ 17
	钢-钢不均匀扯离强度（kN/m）		≥ 16
	钢-钢抗拉强度（MPa）		≥ 35
	钢-混凝土粘接正拉强度（MPa）	试验室	≥ 2.5 并 ≥ 1.2ftk, 且为内聚破坏
现 场		≥ 1.2ftk, 且为混凝土内聚破坏	
工艺要求	混和后初粘度（25℃时）（MPa.s）	刷 胶	4000 ~ 10000
		注 胶	200 ~ 1000
	施工环境温度（℃）		5 ~ 35
	可操作时间（min）		≥ 60
	不挥发（固体含量）（%）		≥ 99

表 5.6 环氧厚浆漆主要技术指标

序号	项目		技术指标	试验方法
1	在容器中的状态		搅拌后无硬块，呈均匀状态	目测
2	不挥发物含量，%		≥75	GB/T 1725
3	干燥时间	表干，h	≤4	GB/T 1728
		实干，h	≤24	
4	弯曲性，mm		≤2	GB/T 6742
5	耐冲击性（cm）		50	GB/T 1732
6	附着力，MPa		≥5	GB/T 5210

表 5.7 环氧富锌底漆主要技术指标

项目	指标	测试方法
容器中状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态	目测
不挥发物中的金属锌含量	不小于 75%	HG/T 3668
耐热性，℃	250℃，1h 漆膜完整，允许变色	
不挥发物含量	不小于 75%	GB/T 1725
表干时间，h	≤2	GB/T 1728
实干时间，h	≤24	GB/T 1728
附着力（拉开法），MPa	≥5	GB/T 5210
耐冲击性，cm	50	GB/T 1732

表 5.8 环氧云铁中间漆主要技术指标

项目	指标	测试方法
容器中状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态	目测
不挥发分含量，%	>75	GB/T 1725
表干时间，h	≤4	GB/T 1728
实干时间，h	≤24	GB/T 1728
弯曲性，mm	≤2	GB/T 6742
耐冲击性，cm	50	GB/T 1732
附着力（拉开法），MPa	>5	GB/T 5210

6. 施工方案

6.1. 交通管制

在腹板粘贴钢板及其他胶黏剂固化施工期间需进行交通管制，禁止大于 30t 货车通行，以保证钢板粘结质量。

交通管制约 60 天。

6.2. 主要辅助措施

（1）粘贴钢板加压支架

在进行粘贴钢板施工时，箱内应设置反力加压支架，以保证施工质量，建议采用钢管支架构造形式。

（2）箱内照明

施工前，应对箱内设置箱内照明系统，方便原结构检查及施工。

（3）箱内通风

箱内设置通风设施，施工单位可利用进入孔、横梁人孔、以及主梁底板与腹板孔进行箱内通风。

（4）材料运输

结构设置了检修人孔，设计中构件已经考虑材料的尺寸能满足运输要求，施工期间材料运输应充分考虑材料运输要求

6.3. 施工流程

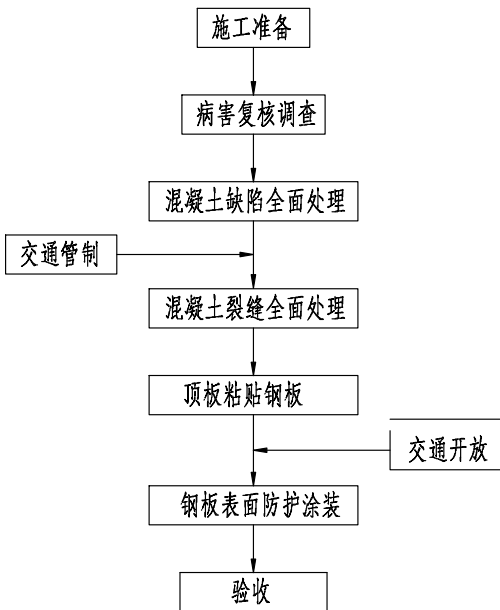


图 6-1 总体施工流程图

6.4. 计划工期

主体施工工期初步安排为 100 天，具体安排见表 6.1。

表 6.1 主体施工计划工期表

内容 \ 时间/天	10	17	24	31	38	45	52	59	66	73	80	87	94	100
前期准备														
病害复核调查														
混凝土缺陷修补														
混凝土裂缝修补														
混凝土植筋，基面处理														
顶板粘贴钢板														
防护涂装														
检查、验收														

7. 其他说明

- （1）维修施工前应对桥梁病害进一步复核检查，并对桥梁部分结构尺寸以及现场实际情况进行深入调查，发现与设计不一致时应及时与设计院联系。
- （2）维修工程是一项较为复杂的工程，施工过程中可能会发现或发生新的问题，因此应选择具有丰富相关维修经验的专业队伍进行施工，并与设计单位保持密切联络。
- （3）由于维修工程的特殊性，维修工程的部分工程量会有所调整，对所有调整工程量应由施工、监理、甲方共同确认。
- （4）本桥部分维修工程属高空作业，施工单位必须采取充分的安全措施，确保桥梁结构、桥梁设施、施工人员、往来船只的安全。施工单位必须进行专门的安全措施及环境保护的施工组织设计，在取得相关部门认可后，方可进行施工。
- （5）本设计维修施工工期安排为设计建议，施工方应进行严密的施工组织设计，且需合理配备相应的人员、设备，合理安排施工工序。同时参建各方应密切配合，争取在最短的时间内完成维修工作。
- （6）维修工程的质量及效果与施工质量具有很大关系，施工过程中应加强隐蔽工程及各工序的检验、检查，监理及业主方应加强管理，确保施工质量。
- （7）本工程施工应遵照设计文件与相关技术规范的要求进行施工，设计文件中未对施工技术要求及材料指标进行明确部分按照相关技术规范执行。
- （8）本工程涉及较多的胶黏剂材料，应在适宜温度进行施工，桥面应交通管制，禁止大型货车通行，以保证工程质量。
- （9）高空施工时，施工现场必须有可靠安全设施保证施工人员的安全，必要时需进行施工安全论证。
- （10）施工设计胶粘剂以及涂装施工，其中部分物质对人体有一定的伤害，施工单位必须做好施工人员个人防护工作。
- （11）施工过程中，各种包装保持完整，严禁运输装卸过程中抛漏。施工过程中滴落的胶应在固化前及时清理，擦洗干净，以免造成对环境与设施的破坏。建立健全文明施工管理措施，实现文明施工。
- （12）本次维修主要针对预应力混凝土梁内部裂缝处理，建议桥梁管养单位对梁体外部进行一次全面检测。

8. 工程造价

详见施工图预算文件。

汕头礮石大桥主桥 PC 梁维修工程
施工图设计

设计图纸

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

二〇一五年六月

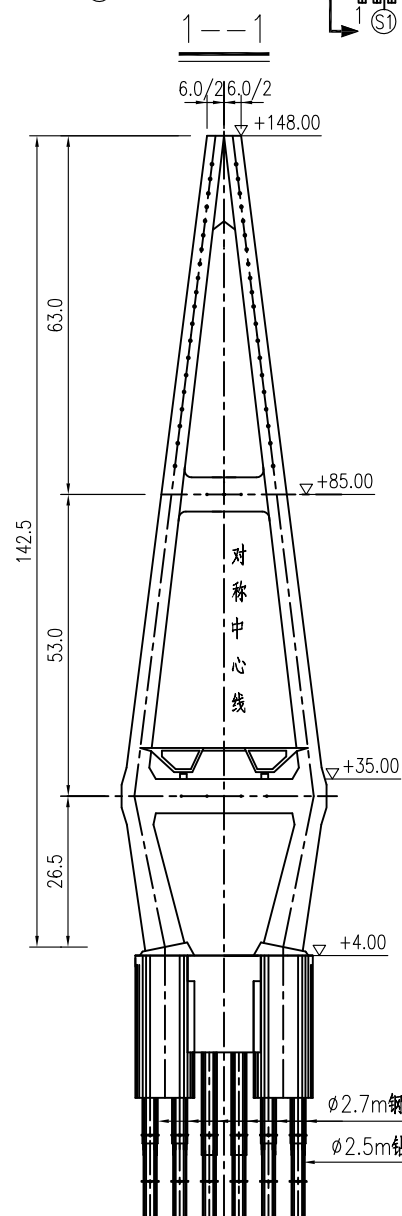
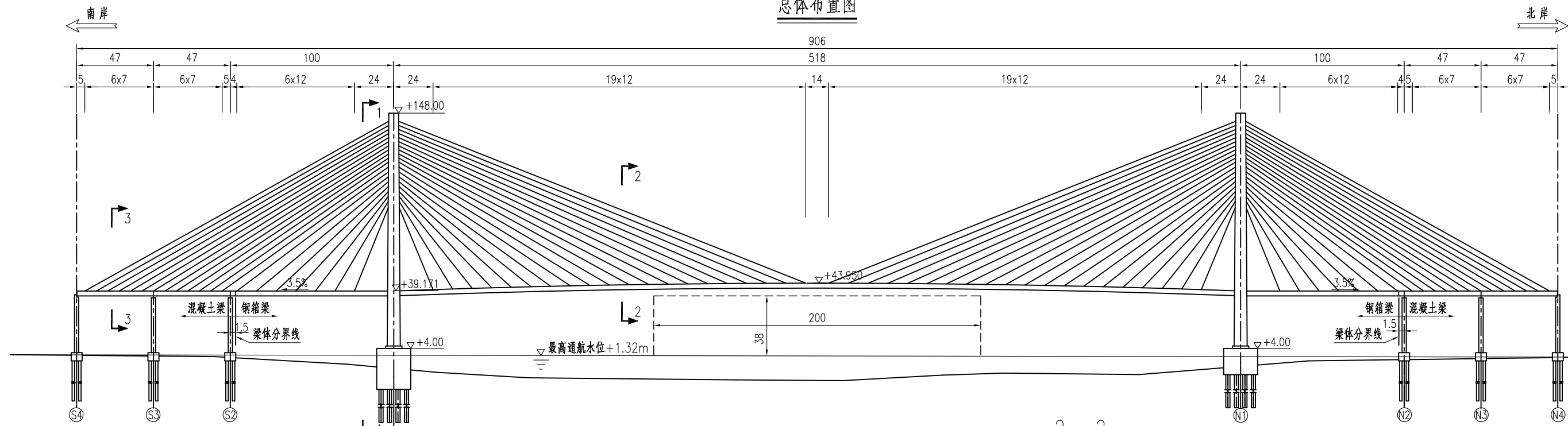
图纸目录

序号	图纸名称	图纸编号	页数
1	图纸目录	BC406-04-001	共 1 页
2	工程数量表	BC406-04-002	共 1 页
3	原设计 主桥总体布置图	BC406-04-003	共 1 页
4	原设计 2×47米预应力混凝土梁结构图	BC406-04-004	共 1 页
5	原设计 2×47米预应力混凝土梁纵向预应力束结构图	BC406-04-005	共 1 页
6	原设计 2×47米预应力混凝土梁N2#,S2#墩横梁预应力束结构图	BC406-04-006	共 2 页
7	原设计 2×47米预应力混凝土梁N3#,S3#墩横梁预应力束结构图	BC406-04-007	共 2 页
8	原设计 2×47米预应力混凝土梁N4#,S4#墩横梁预应力束结构图	BC406-04-008	共 2 页
9	2×47米预应力混凝土梁横梁及顶板典型裂缝分布示意图	BC406-04-009	共 1 页
10	2×47米预应力混凝土梁维修布置图	BC406-04-010	共 1 页
11	2×47米预应力混凝土梁顶板粘贴钢板结构图	BC406-04-011	共 2 页
12	2×47米预应力混凝土梁裂缝处理示意图	BC406-04-012	共 1 页
13	2×47米预应力混凝土梁缺陷处理示意图	BC406-04-013	共 1 页

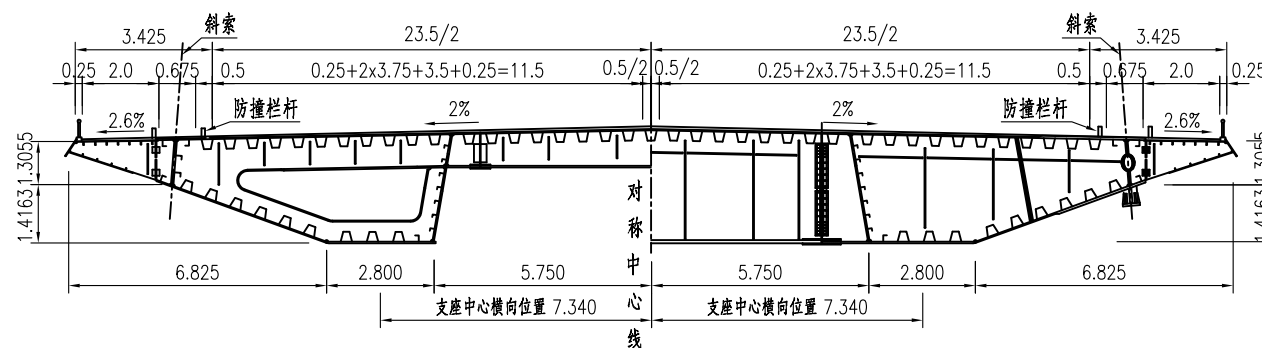
工程数量表

序号	维修内容		规格 (mm)	材质	数量	单件重 (kg)	总重 (t)	小计 (t)	备注
1	顶板粘贴钢板	横向加固钢板	□200×6×6313	Q235B	1024 块	59.5	61.0	66.0	
2		纵向压条钢板	□200×6×1900	Q235B	16 块	17.9	0.3		
3			□200×6×5295	Q235B	80 块	49.9	4.0		
4			□200×6×4050	Q235B	16 块	38.2	0.7		
5		粘贴钢板			1397 m²				
6		植入锚固螺杆	ø12×170	Q235B	4096 套				
7		钢板外表面涂装防护			1717 m²				
8		钢管支架			730 m³				倒用3次
9	裂缝处理	封闭处理	W<0.15		800 m				估列
10		压力灌注	W>0.15		1000 m				
11	混凝土缺陷处理	表层缺陷处理 (聚合物砂浆修补)			100 m²				
12		深层缺陷处理 (改性环氧砂浆修补)			100 m²				
13	箱内照明				1 项				
14	箱内通风				1 项				
15	交通管制				1 项				

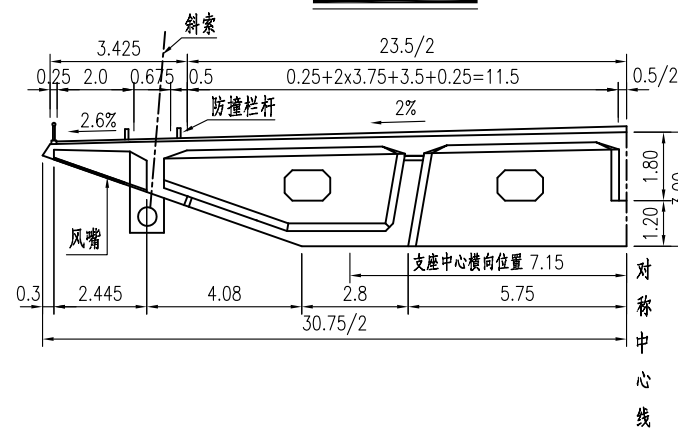
总体布置图



1/2 横肋处断面

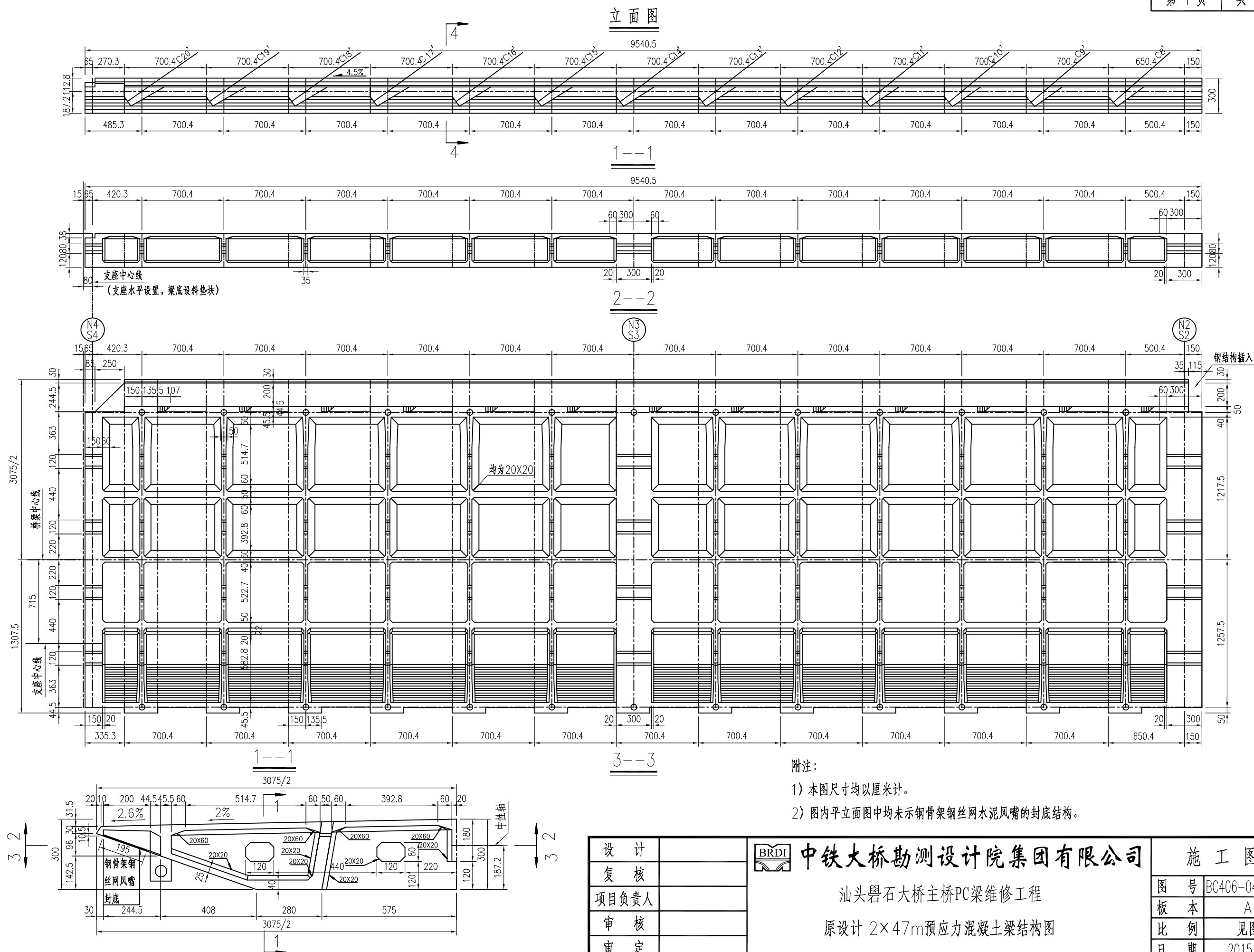


1/2 3-3

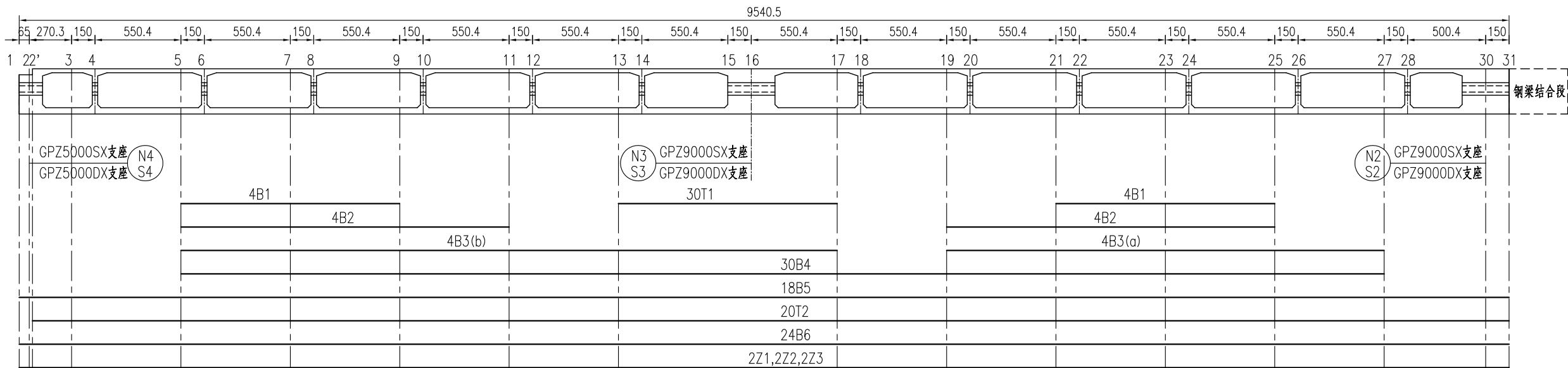


附注：
1) 本图尺寸均以米计。
2) 本图高程为珠基高程系统。

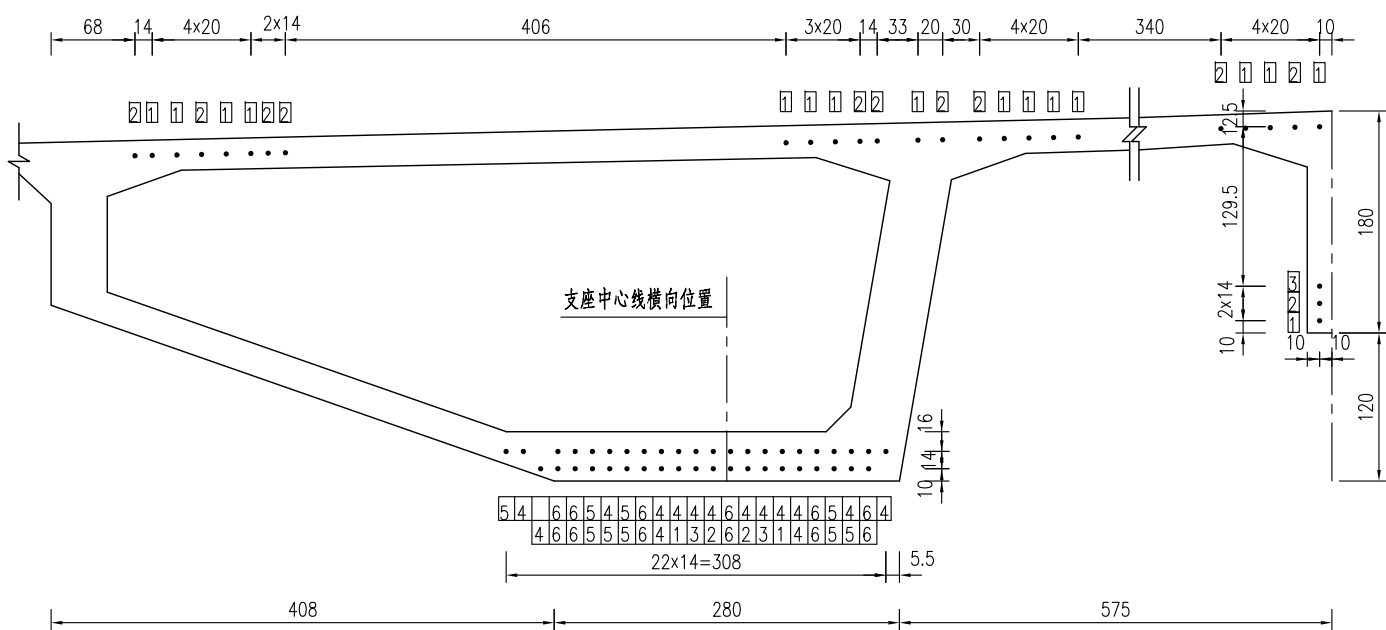
设计		 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 原设计 主桥总体布置图	施 工 图	
复核			图 号	BC406-04-003
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06



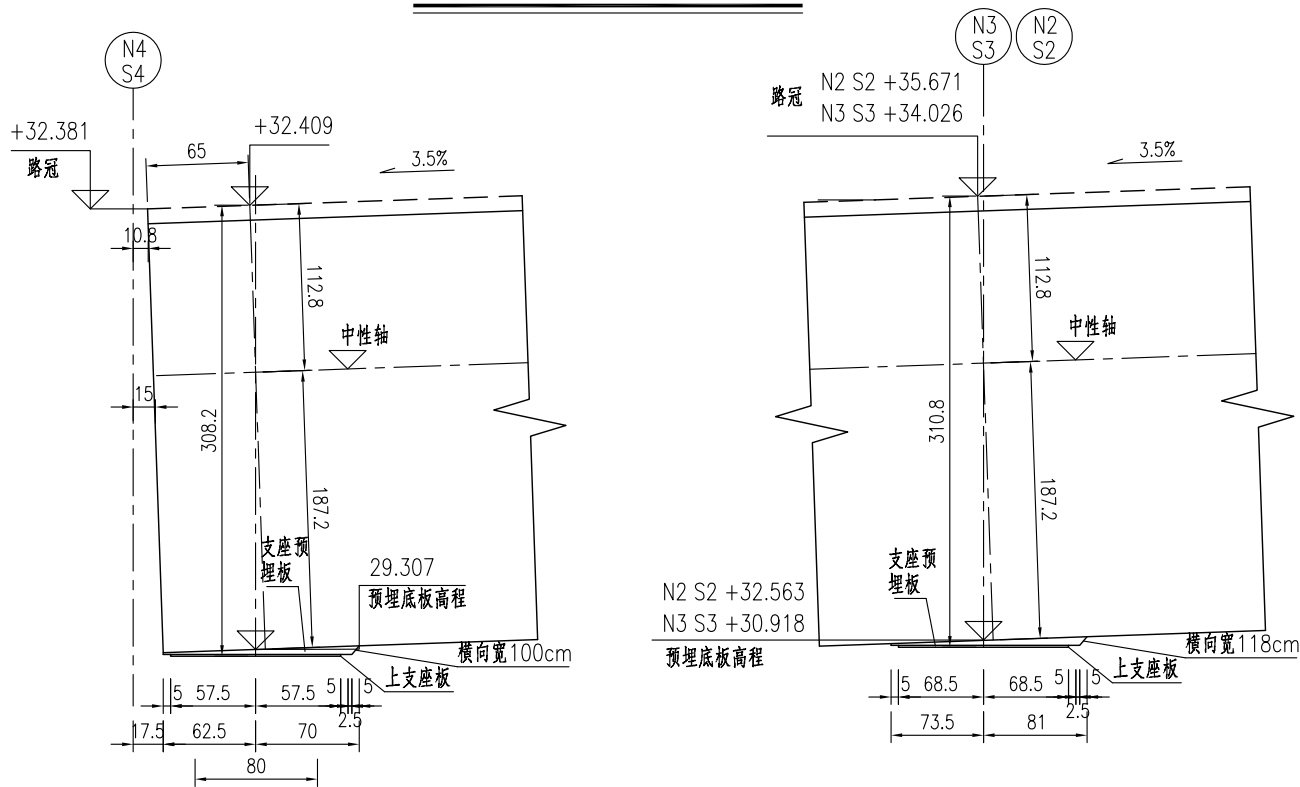
预应力束纵向布置图



1/2 预应力束横向布置图



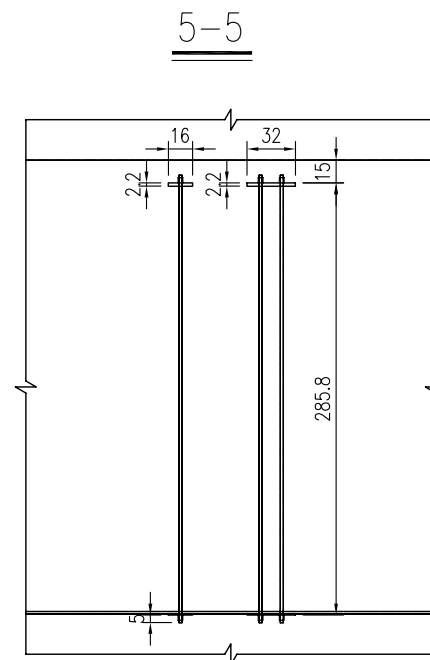
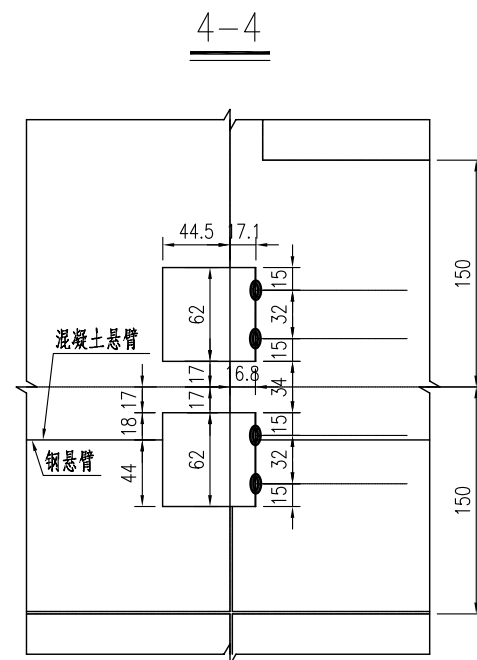
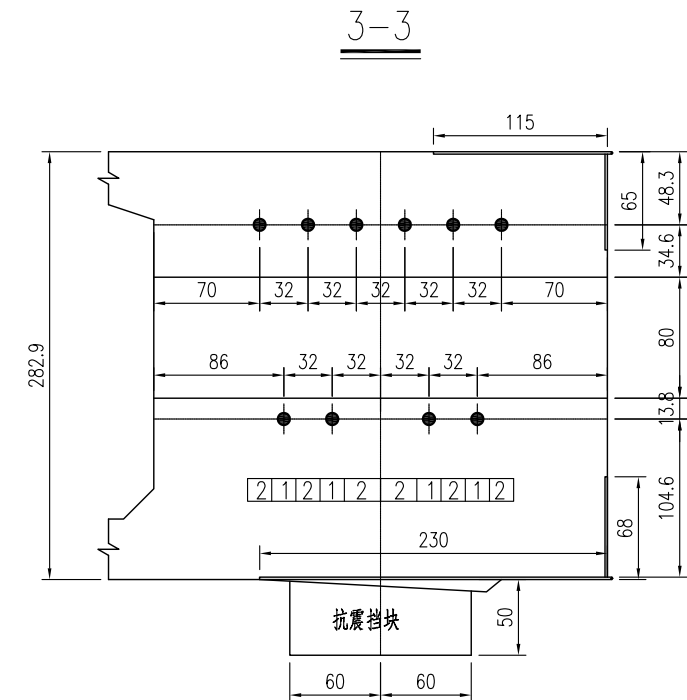
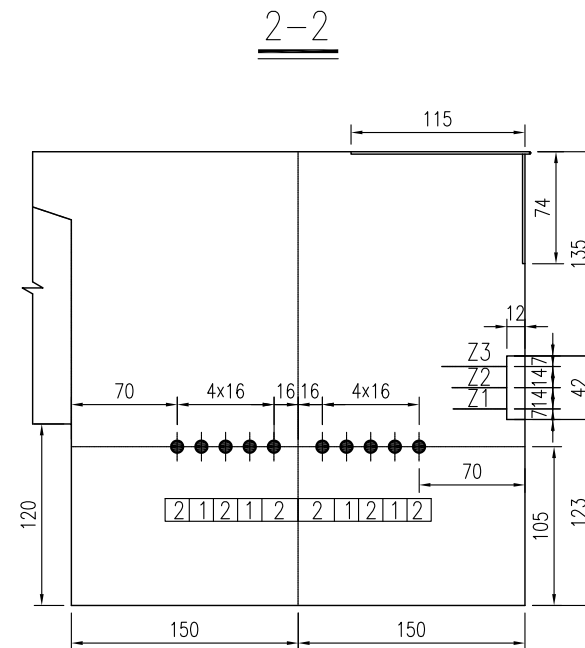
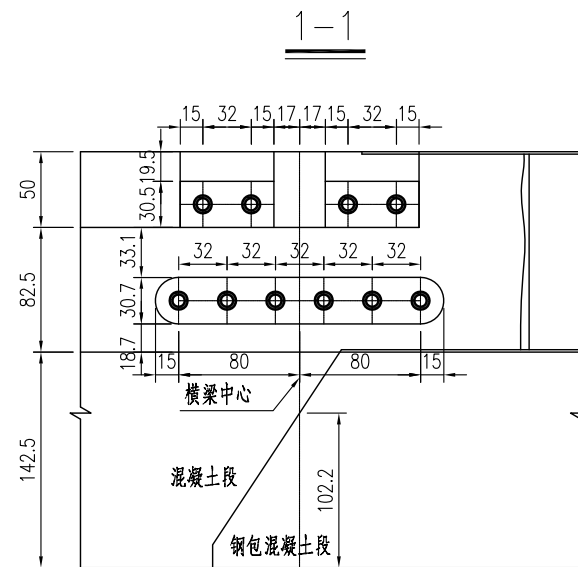
支座预埋板及斜垫块布置示意图



附注：

- 1) 本图尺寸未予以说明的均以厘米计。
- 2) 纵向预应力束为24Φ5弗式锚体系，采用碳素钢丝
标准强度 $R_p=1600\text{MPa}$, $E=2.0\times10^5\text{MPa}$, 锚下
控制张拉应力为 $\sigma_k=1200\text{MPa}$, 设计张拉力 $N_y=$
565.5KN, 超张拉力 $N_y=603.2\text{KN}$ 。

设计		BRDI 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 原设计 2×47m预应力混凝土梁纵向预应力束结构图	施 工 图	
复核			图 号	BC406-04-005
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06



预应力材料数量一览表 (单片横梁)

表2

构件名称	构件规格	单位	数量	单件重/kg	总重/kg	说明
Φ32粗钢筋	L=3080mm	根	76	19.45	1478.2	R _y ^b =750MPa
单锚头垫板	δ=22,BXL=140X160	块	28	3.87	108.4	材质: A3号钢
双锚头垫板	δ=22,BXL=140X320	块	24	7.74	185.8	材质: A3号钢
垫圈	δ=22,D=80	个	152	0.32	48.6	材质: A3号钢
螺母	M34X3	个	152	0.56	85.1	材质: 45号钢

附注：

- 2) 横梁的预应力索采用 OVM15-12 型预应力钢绞线张拉体系; 张拉时为两头同时张拉, 采用超张拉工艺, 张拉力与张拉伸长量双控; 本图提供的张拉伸长量为预张拉 20% 起计值; 要求实际张拉伸长量与设计张拉伸长量只差控制在 $\pm 6\%$ 以内; 预应力钢绞线 $R_y^b = 1600\text{MPa}$, $E_y = 190000\text{MPa}$, 锚下控制应力 $\sigma_y = 1200\text{MPa}$, 超张拉锚下控制应力 $\sigma_y = 1280\text{MPa}$ 。

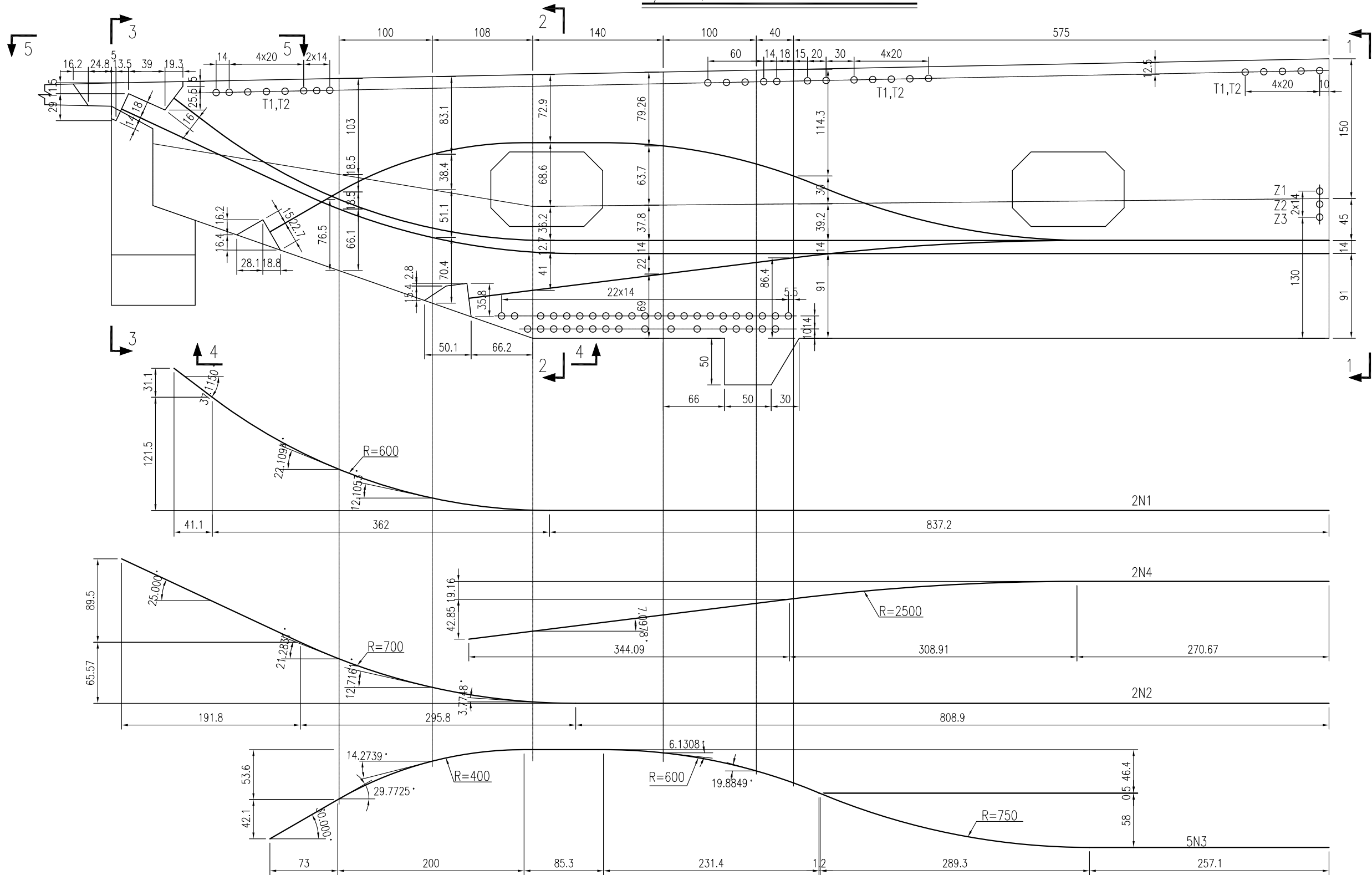
预应力材料数量一览表 (单片横梁)

表 1

钢索编号	钢索规格	索数	7φ5 根数	单根 长度/m	下料 长度/m	每端张拉 伸长量/cm	7φ5总长/m	总重/kg	波纹管规格	总长/m	总重/kg
N1	12-7φ5	4	48	25.450	28.650	6.18	1375.200	1511.2	内径:90mm	99.80	88.83
N2	12-7φ5	6	72	25.502	28.702	5.73	2066.600	2270.9	外径:97mm	150.02	133.52
总计	锚具规格: OVM15-12型,共20套						3441.800	3782.1	带厚:0.3mm	249.82	222.35

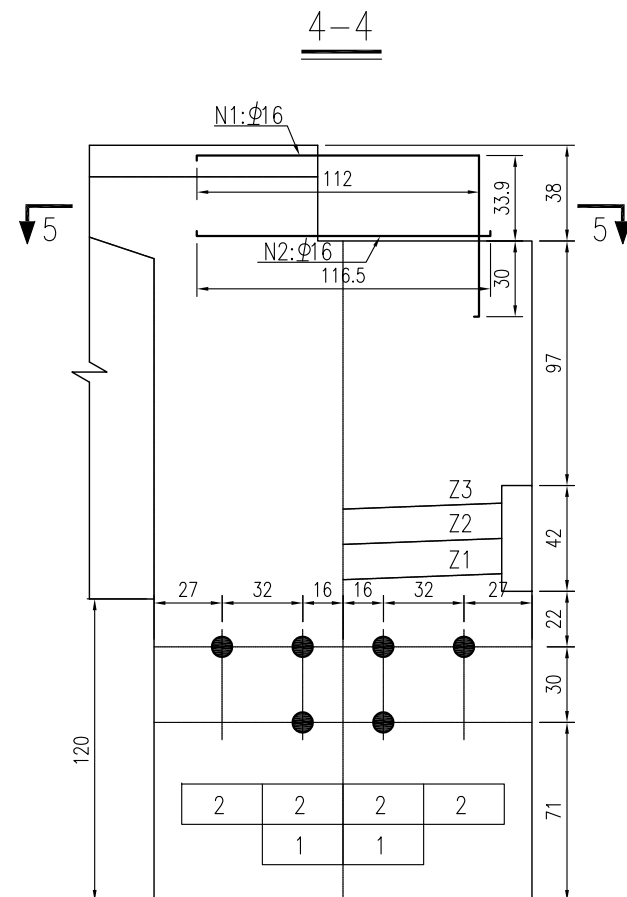
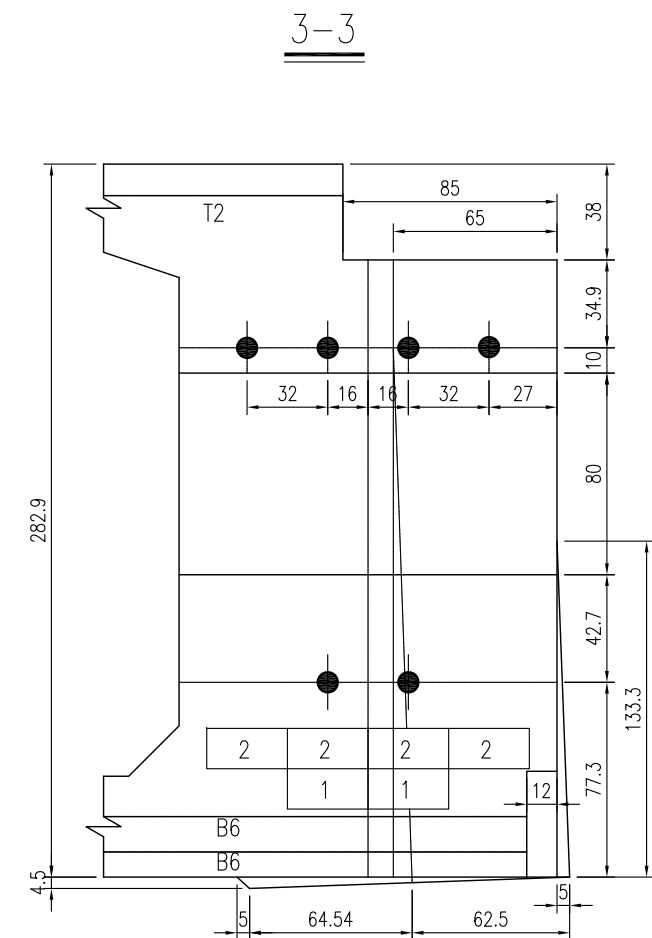
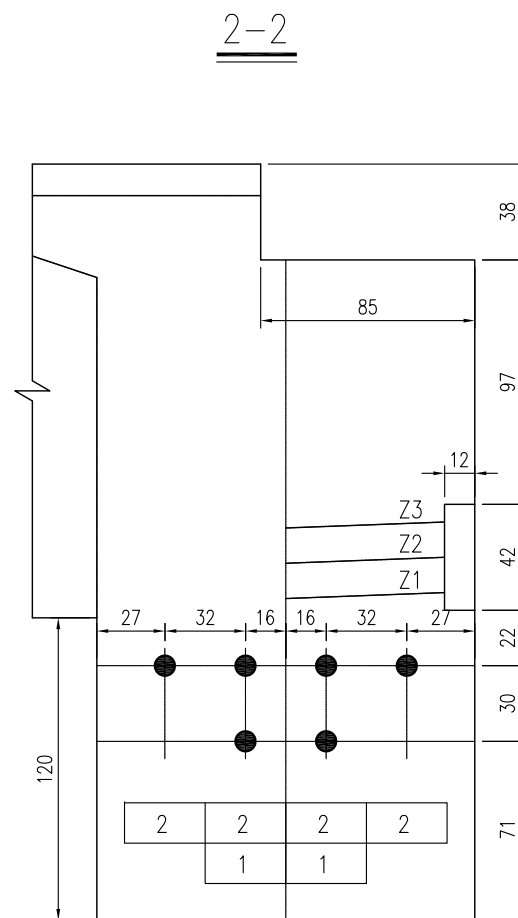
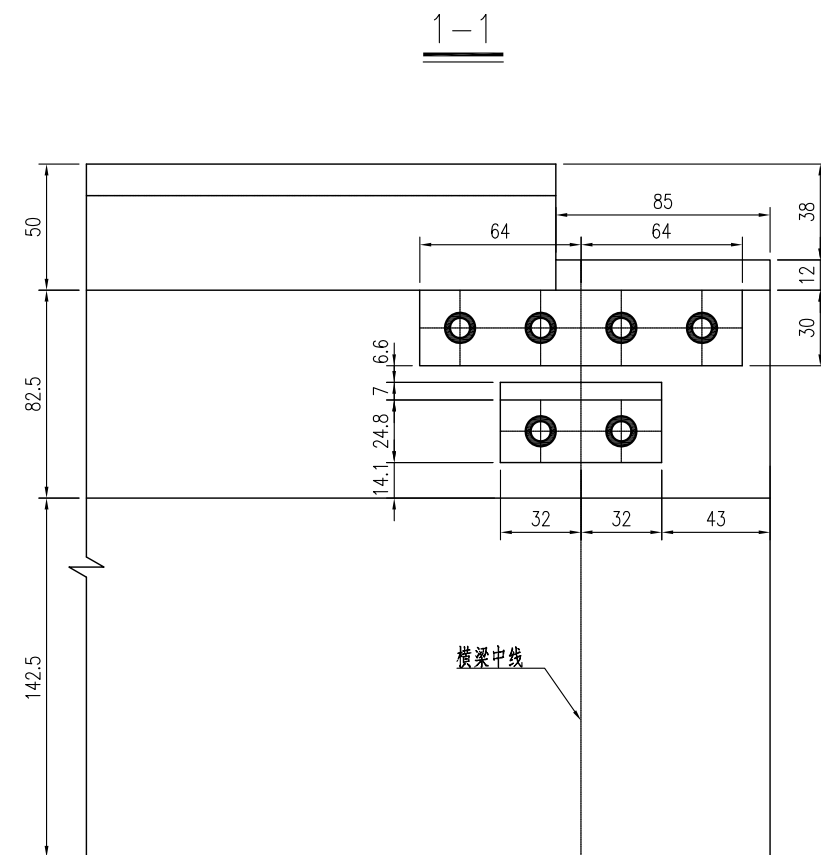
设 计	 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 原设计 2×47米预应力混凝土梁N2#,S2#墩横梁预应力束结构图	施 工 图	
复 核		图 号	BC406-04-006
项目负责人		板 本	A
审 核		比 例	见图
审 定		日 期	2015.06

1/2N3,S3墩横梁预应力索纵向布置图



附注：
1) 本图尺寸未予以说明的均以cm计。

设计		BRDI 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 原设计 2×47米预应力混凝土梁N3#,S3#墩横梁预应力束结构图	施 工 图	
复核			图 号	BC406-04-007
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06



钢筋材料数量一览表

钢筋编号	钢筋规格	钢筋构造简图/cm	数量/根	钢筋单根长/cm	总长/m	总重/kg	备注
N1	Φ16	L1=63.9,L2=112,L=175.9	100	191.1	191.1	301.8	两端设直钩,加长4.75d
N2	Φ16	L=116.5	130	131.7	171.2	270.3	两端设直钩,加长4.75d
总计	Ⅱ级钢筋: 16 共重572.1kg						

预应力材料数量一览表 (单片横梁)

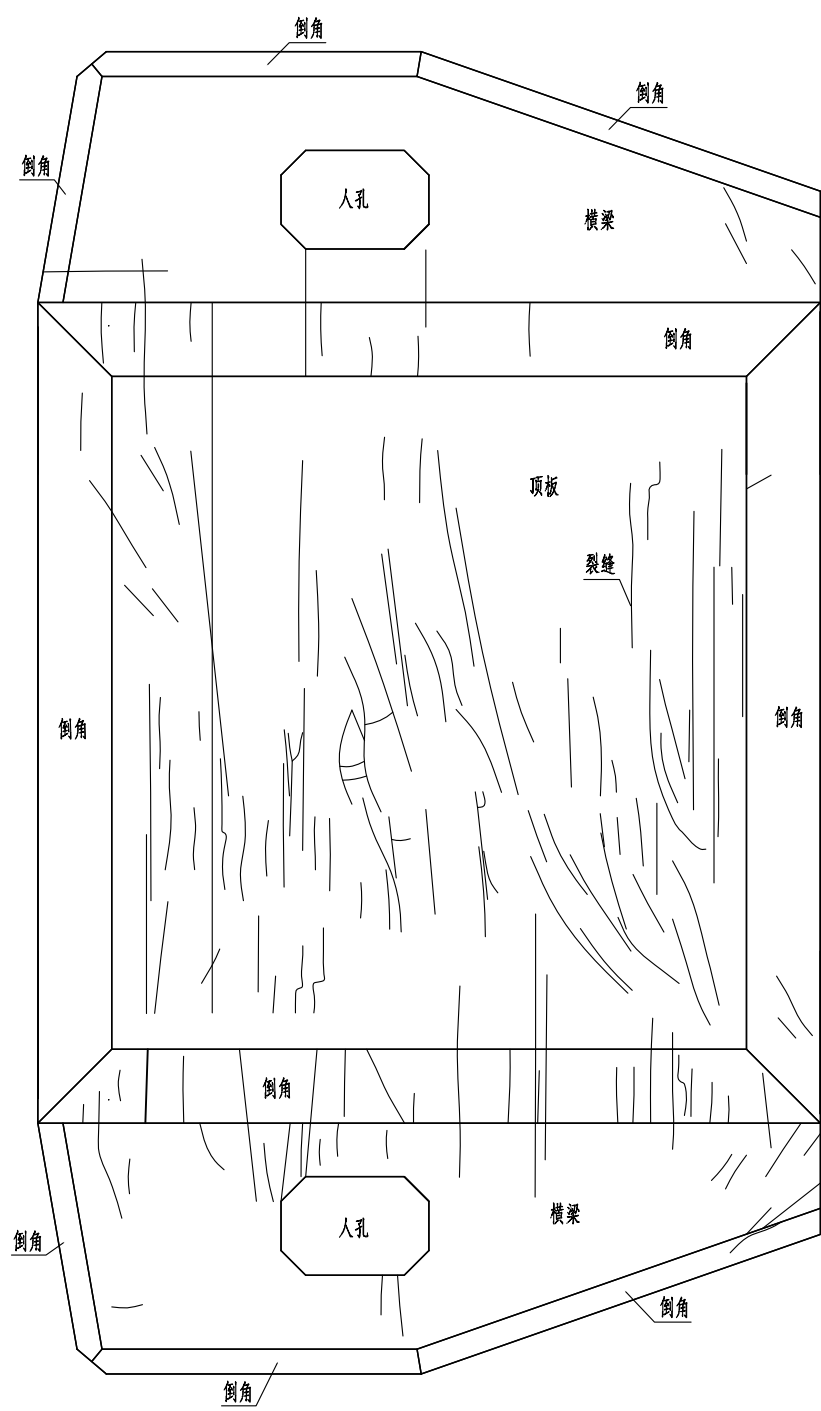
钢索编号	钢索规格	索数	7φ5根数	单根长度/m	下料长度/m	每端张拉伸长量/cm	7φ5总长/m	总重/kg	波纹管规格	总长/m	总重/kg
N1	12-7φ5	2	24	25.191	28.391	6.14	681.400	748.8	内径:90mm	49.40	45.5
N2	12-7φ5	4	48	25.274	28.474	5.86	1366.800	1501.9	外径:97mm	99.10	91.2
总计	锚具规格: OVM15-12型,共12套						2048.200	2250.7	壁厚:0.3mm	148.50	136.7

附注:

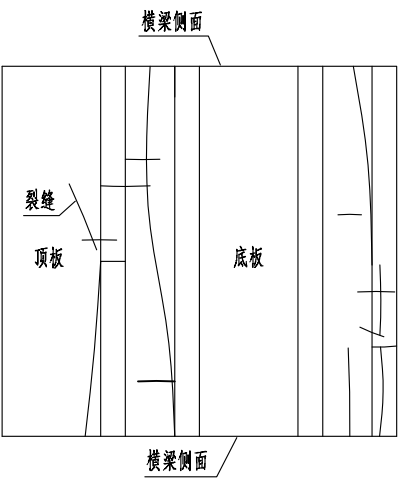
- 1) 本图尺寸未予以说明的均以cm计。
- 2) 横梁的预应力索采用 OVM15-12 型预应力钢绞线张拉体系; 张拉时为两头同时张拉, 采用超张拉工艺, 张拉力与张拉伸长量双控; 本图提供的张拉伸长量为预张拉 20% 起计值; 要求实际张拉伸长量与设计张拉伸长量只差控制在 ±6% 以内; 预应力钢绞线 $R_p=1600MP_a$, $E_y=190000MP_a$, 锚下控制应力 $\sigma_y=1200MP_a$, 超张拉锚下控制应力 $\sigma_y=1280MP_a$ 。

设计		BRDI 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 原设计 2×47米预应力混凝土梁N4#,S4#墩横梁预应力束结构图	施 工 图	
复核			图 号	BC406-04-008
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06

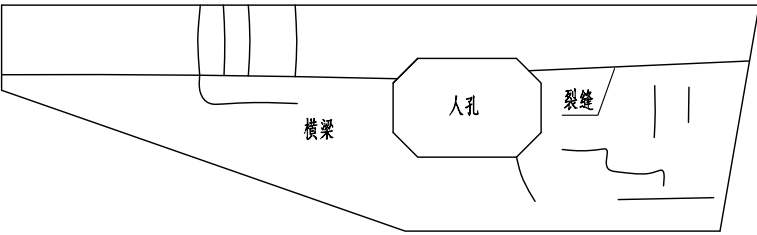
一般箱室横梁及顶板典型裂缝分布



钢混结合段处箱室顶板典型裂缝分布

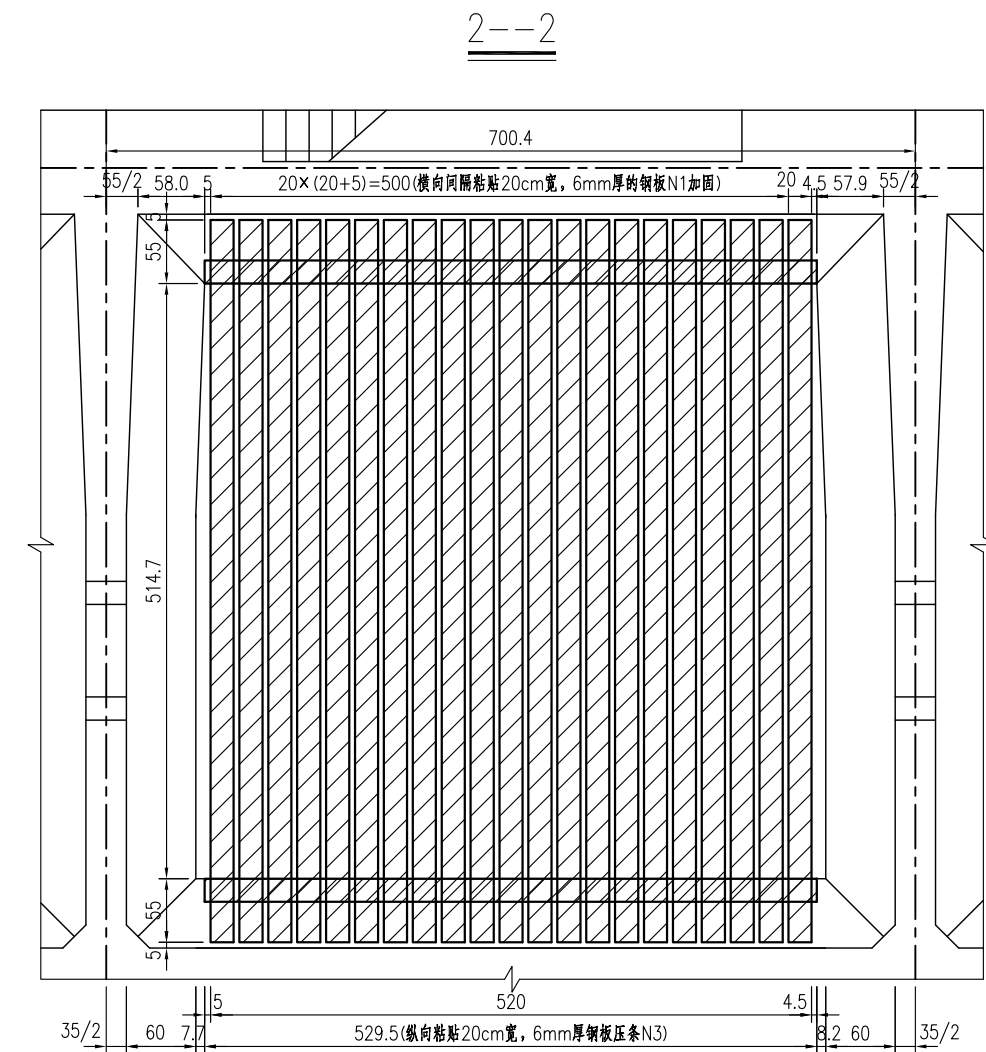
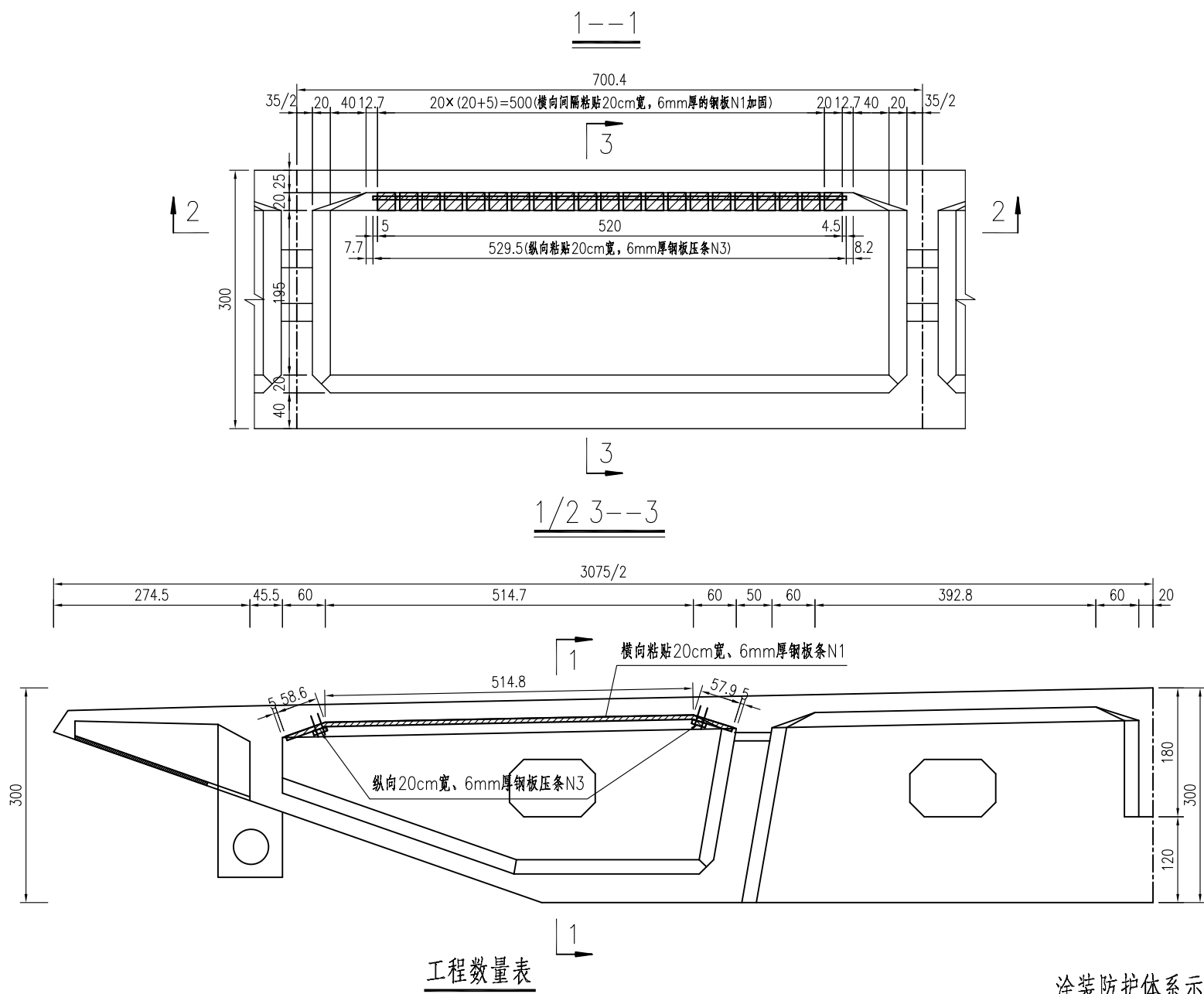


钢混结合段处箱室横梁典型裂缝分布



附注：
1) 本图依据检测报告绘制。

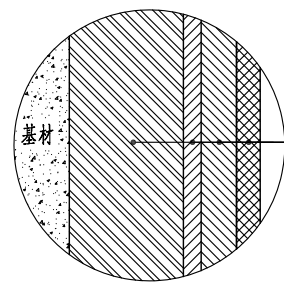
设 计		BRDI 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 2×47m预应力混凝土梁横梁及顶板典型裂缝分布示意图	施 工 图	
复 核			图 号	BC406-04-009
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06



- 附注：
- 1) 本图尺寸均以厘米计。
 - 2) 采用在顶板下表面横向粘贴20cm宽、6mm厚的钢板条对顶板开裂进行维修加固,并采在两侧采用20cm宽钢板条进行锚固。
 - 3) 粘贴结束后需在钢板外表面进行涂装防护。
 - 4) 工程数量表中裂缝处理数量为根据检测报告估列,应以现场实际情况为准。
 - 5) 本图仅示标准节段箱梁粘钢构造及布置,其余节段详见“维修布置图”。
 - 6) 箱内顶板粘钢需设置加压反力装置。

序号	维修内容		规格 (mm)	材质	数量	单件重 (kg)	总重 (t)	小计 (t)	备注
1	顶板粘贴钢板	横向加固钢板 N1	□200×6×6313	Q235B	1024 块	59.5	61.0	66.0	
2		纵向压条钢板	N2 □200×6×1900	Q235B	16 块	17.9	0.3		
3			N3 □200×6×5295	Q235B	80 块	49.9	4.0		
4			N4 □200×6×4050	Q235B	16 块	38.2	0.7		
5		粘贴钢板			1397 m ²				
6		植入锚固螺杆	∅12×170	Q235B	4096 套				
7		钢板外表面涂装防护			1717 m ²				
8	裂缝处理 (压力灌注法)		W>0.15		500 m				估列

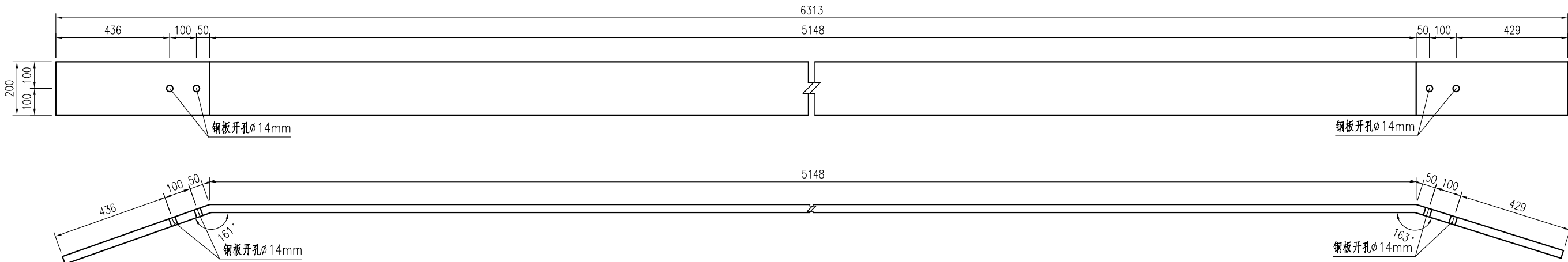
涂装防护体系示意图



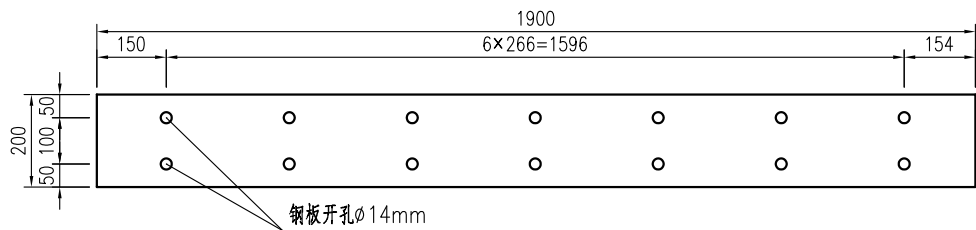
- 钢板
- 环氧富锌底漆：1×60 μm
 - 环氧(云铁)中间漆：2×60 μm
 - 环氧(厚浆)漆(浅色)：1×80 μm

设计		BRDI 中铁大桥勘测设计院集团有限公司 汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程 2×47米预应力混凝土梁顶板粘贴钢板结构图	施 工 图	
复核			图 号	BC406-04-011
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06

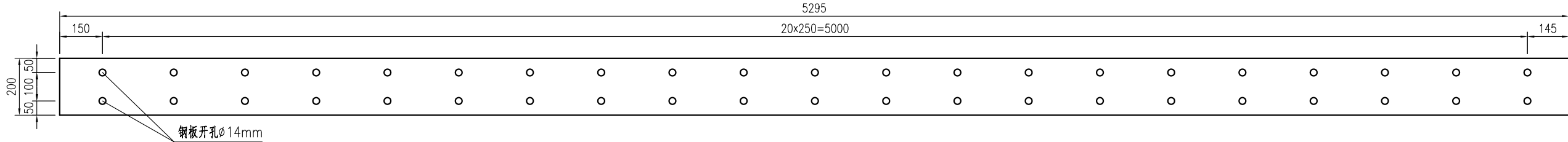
N1大样



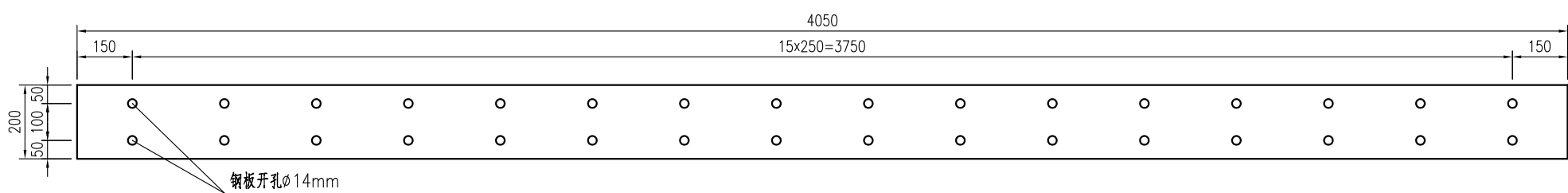
N2大样



N3大样



N4大样



附注：

- 1) 本图尺寸均以厘米计。
- 2) 采用在顶板下表面横向粘贴20cm宽、6mm厚的钢板条对顶板开裂进行维修加固,并采在两侧采用20cm宽钢板条进行锚固。
粘贴前,先对顶板位置处宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ 的裂缝,采用压力灌注法进行处理。
- 3) 粘贴结束后需在钢板外表面进行涂装防护。
- 4) 工程数量表中裂缝处理数量为根据检测报告估列,应以现场实际情况为准。
- 5) 本图仅示标准节段箱梁粘钢构造及布置,其余节段详见“维修布置图”。
- 6) 箱内顶板粘钢需设置加压反力装置。

设 计	
复 核	
项目负责人	
审 核	
审 定	



中铁大桥勘测设计院集团有限公司

汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程

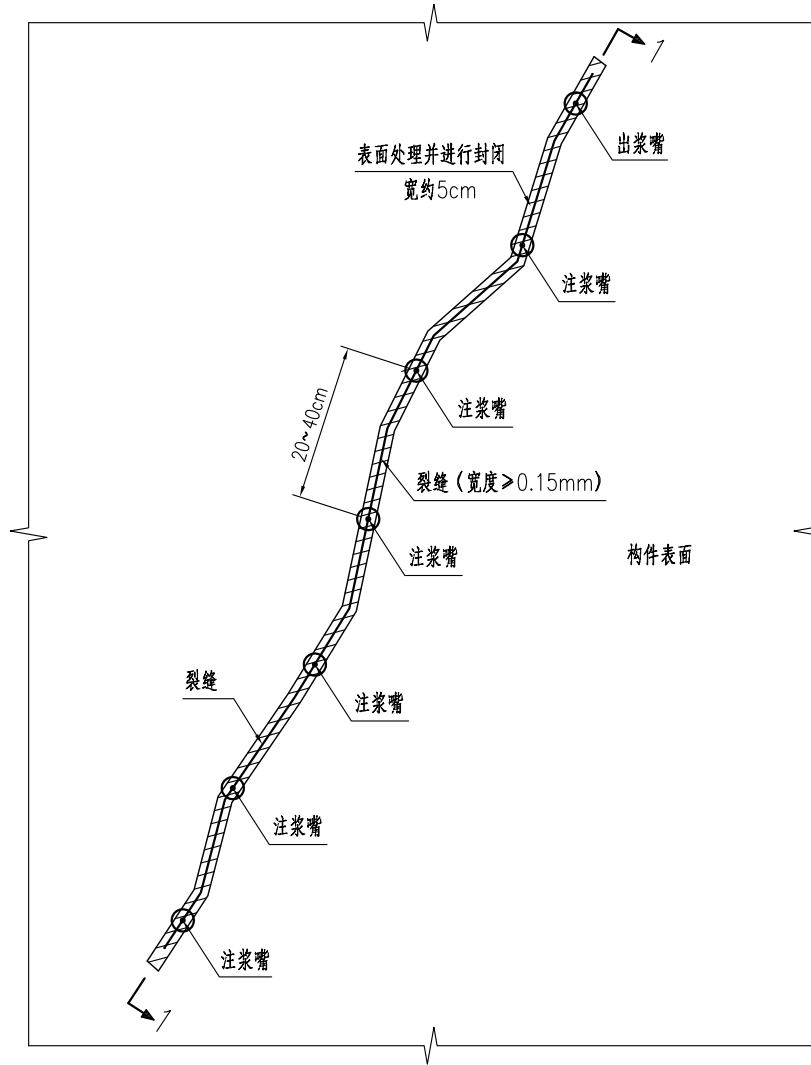
2×47米预应力混凝土梁顶板粘贴钢板结构图

施 工 图

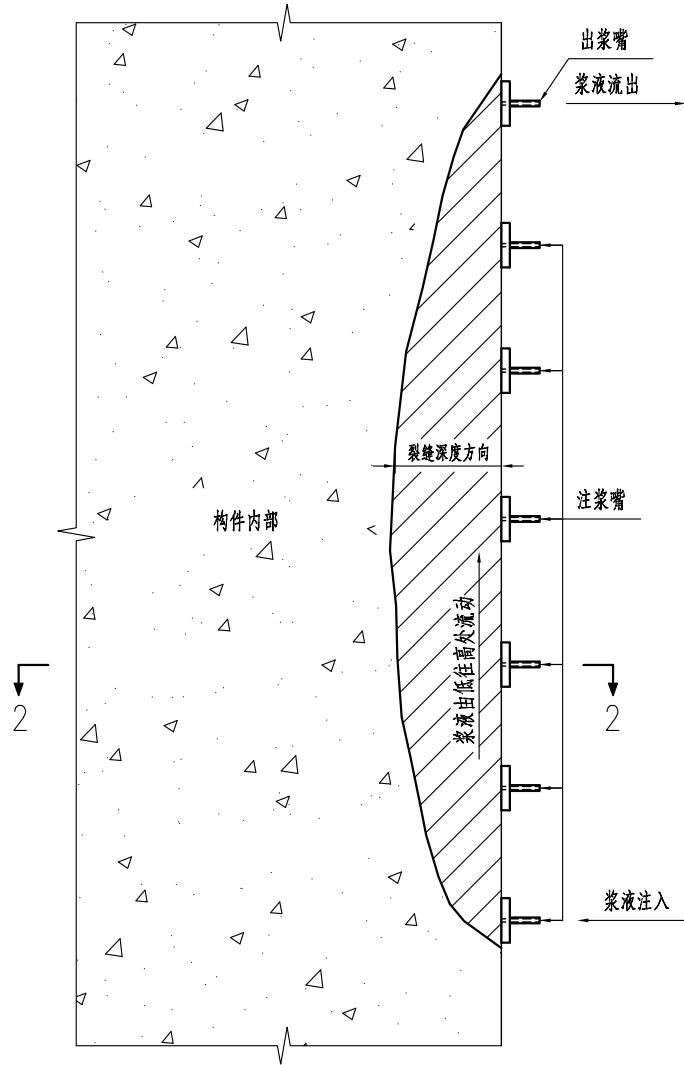
图 号	BC406-04-011
板 本	A
比 例	见图
日 期	2015.06

压力注浆法处理裂缝示意图

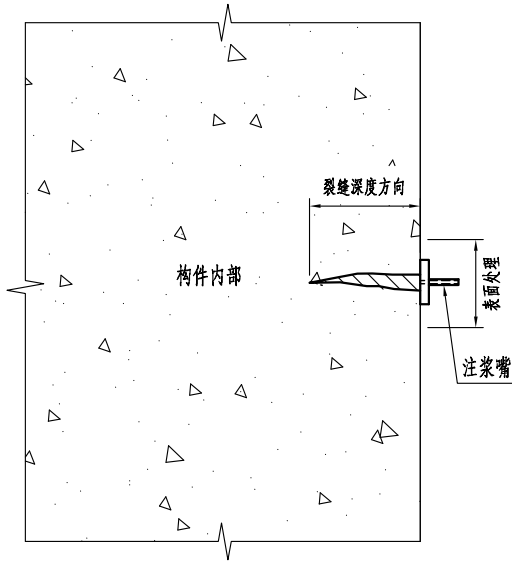
(适用于缝宽>0.15mm)



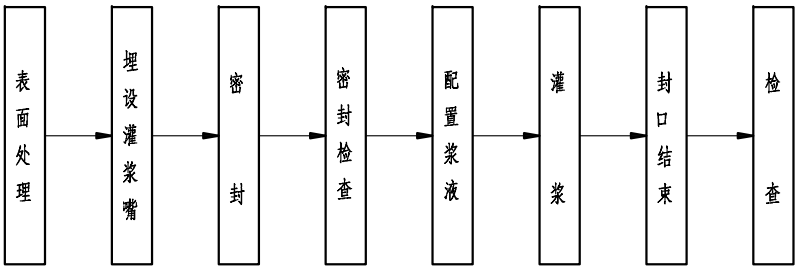
1--1



2--2



混凝土裂缝压力注浆工艺流程图



工程数量表

序号	项目	长度 (m)	备注
1	裂缝封闭处理	800	估列
2	裂缝灌浆处理	500	估列

附注：

- 裂缝处理原则：除顶板外其余位置处，宽度<0.15mm的裂缝，进行表面封闭法处理；宽度>0.15mm的裂缝，进行压力灌注法处理。
- 表面封闭法：采用环氧树脂胶泥封缝。具体措施如下：
环氧树脂胶泥封缝：先在裂缝处理面（宽20~30mm）涂一层环氧树脂基液，后抹一层厚1mm左右、宽20~30mm的环氧树脂胶泥。
抹胶泥时防止产生小孔和气泡，刮平整，保证封闭可靠。
- 压力灌注法：
 - 裂缝两侧各2~3cm范围应进行表面处理，彻底清除掉表面浮灰、松散物、碳化层等，并保持清洁、干燥。
 - 沿裂缝走向骑缝粘贴注浆嘴，并保证注浆孔道畅通，粘贴牢固。
 - 在表面混凝土上先均匀涂刷一层环氧树脂基液，再均匀刮涂环氧树脂胶泥，厚约1mm，不能出现小孔、气泡、裂纹、起皮等以保证封闭效果。
 - 封闭完成后应压气试漏，检验封闭效果。
 - 自下而上进行压力注浆，施工中应缓慢升压，避免突然加压，并保持压力稳定在0.2~0.4MPa,至上方注浆嘴流出原色浆液。
 - 灌浆结束后应检查效果和质量，发现缺陷及时补救。
 - 工程数量表中裂缝处理数量为根据检测报告估列，实际数量还需根据现场情况进行调整。

设计	
复核	
项目负责人	
审核	
审定	



中铁大桥勘测设计院集团有限公司

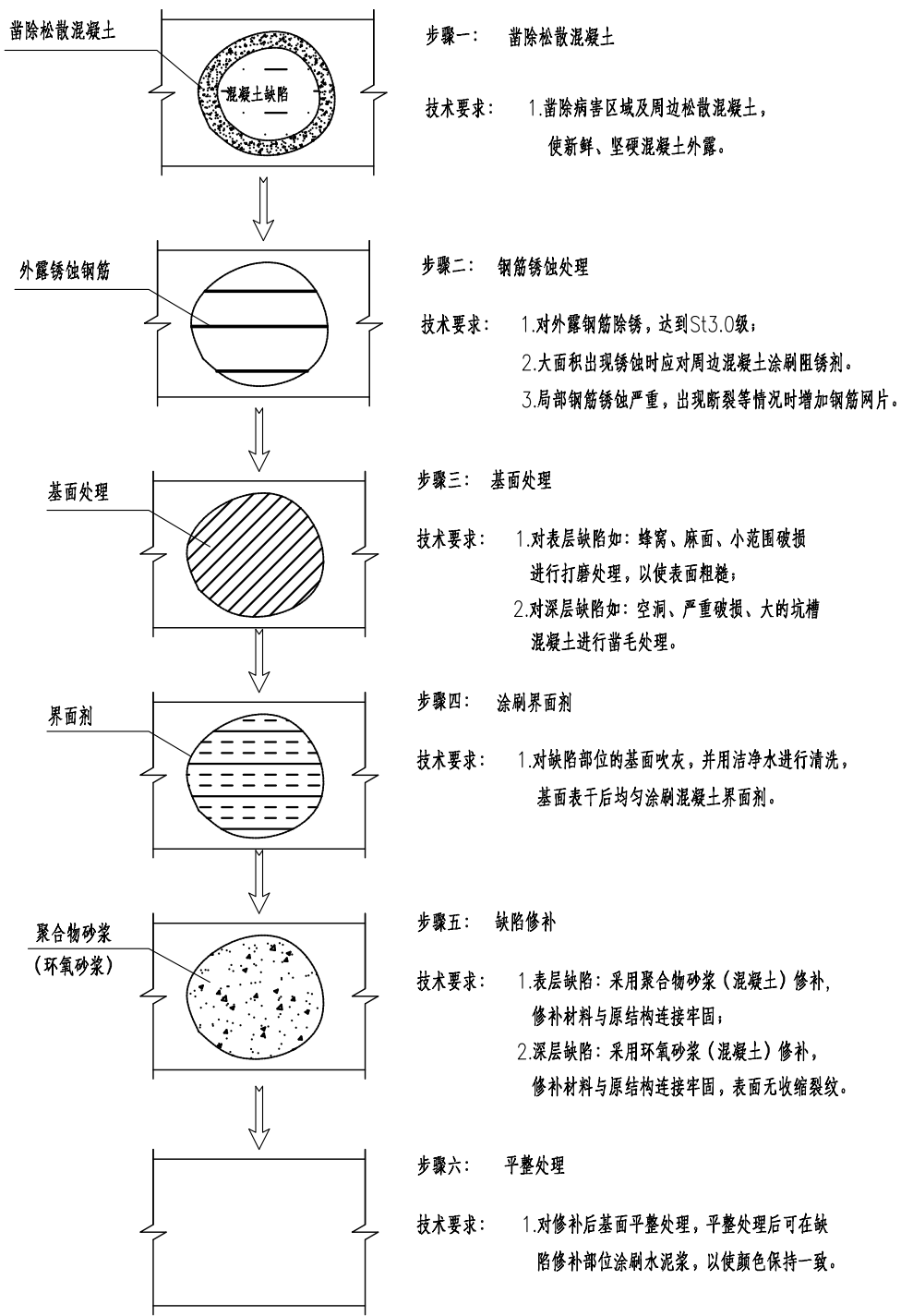
汕头礮石大桥主桥PC梁维修工程

2×47米预应力混凝土梁裂缝处理示意图

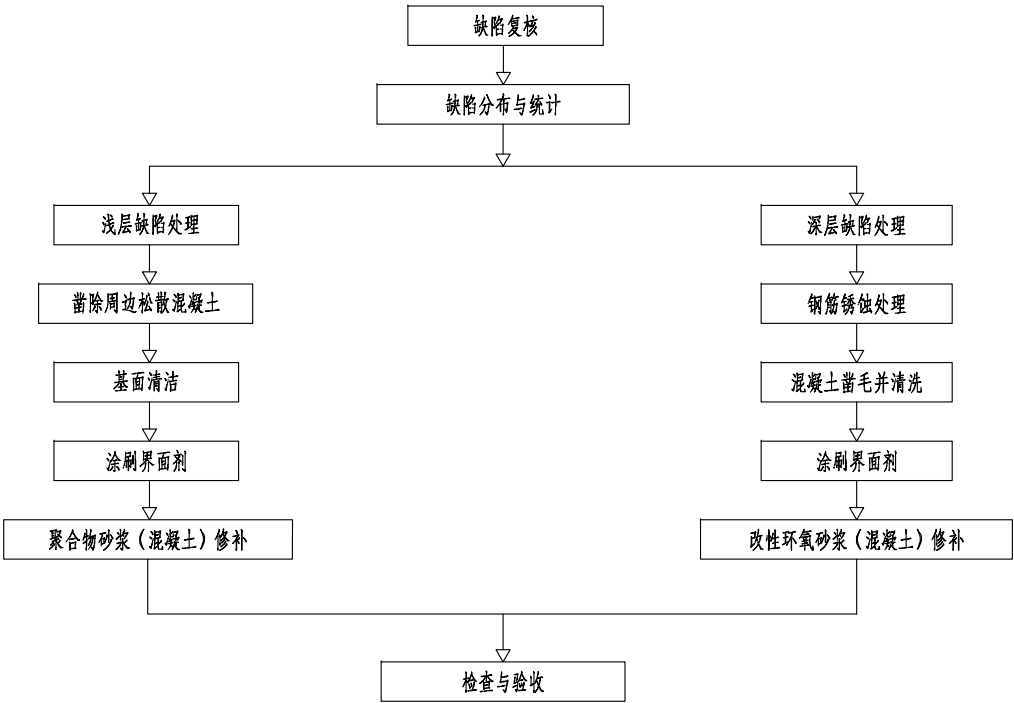
施工图

图号	BC406-04-012
板本	A
比例	见图
日期	2015.06

混凝土一般缺陷处理步骤图



缺陷处理工艺流程图



附注：

- 1) 对混凝土缺陷维修前，应对主塔外观缺陷进行复核，工程数量以现场实际为准。
- 2) 改造内容包括以下几个方面：

（1）混凝表层缺陷处理（小范围蜂窝、孔隙、麻面、表层混凝土破损及剥落等缺陷）；

（2）混凝深层缺陷处理（大的蜂窝、空洞、大范围混凝土破损等缺陷）；

（3）钢筋锈蚀处理。

（4）涂刷阻锈剂。
- 3) 本图仅为一般缺陷常用处理方法，实际应视实际情况不同而定。
- 4) 深层缺陷与浅层缺陷主要依据缺陷深度、主筋是否裸露来区分，一般情况下，主筋裸露即为深层缺陷。

工程数量表

序号	维修内容		数量（m ² ）	备注
1	混凝土缺陷处理	表层缺陷处理（聚合物砂浆修补）	100	估列
2		深层缺陷处理（改性环氧砂浆修补）	100	估列

设 计		 中铁大桥勘测设计院集团有限公司	施 工 图	
复 核			图 号	BC406-04-013
项目负责人			板 本	A
审 核			比 例	见图
审 定			日 期	2015.06