

ICS 91.100.30
Q 14

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2506—2019

后张法预应力混凝土带翼箱梁

Post tensioned prestressed concrete box girder with wing

2019-05-02 发布

2019-11-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国水泥制品标准化技术委员会(SAC/TC 197)归口。

本标准负责起草单位：浙江天晟建材股份有限公司、浙江大学、浙江公路水运工程咨询公司。

本标准参加起草单位：苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、中天路桥有限公司、赣州欣祥建设工程有限公司、金华市交通工程质量监督站、义乌市交通工程质量安全监督管理站、金华市婺城区交通运输局、永康市交通运输局、金华职业技术学院。

本标准主要起草人：申永刚、马旭涛、刘世伟、奚飞达、王立超、戴晓栋、陈菊根、方剑、冯亮洪、胡荣光、李国航、卢民权、李丽琴、杨志平、赖来辉、胡建锋、李凯、郑铁军、李玲俊、李志锋、徐金晶、罗贤江、范翔、章勤。

本标准为首次发布。

后张法预应力混凝土带翼箱梁

1 范围

本标准规定了后张法预应力混凝土带翼箱梁(以下简称“小箱梁”)的分类和标记、原材料、构造要求、质量要求、试验方法、检验规则、产品合格证以及标识、运输、吊装和贮存等。

本标准适用于公路、水运、市政工程桥梁建设中采用的小箱梁。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋
- GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14370 预应力筋锚具、夹具和连接器
- GB/T 14684 建设用砂
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范
- CJJ 11 城市桥梁设计规范
- JG 225 预应力混凝土用金属波纹管
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术规程
- JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管
- JTG D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

下列术语和符号适用于本文件。

3.1.1

小箱梁 small box-girder

桥梁工程中预应力混凝土梁的一种,内部为空心状,上部两侧有翼缘。横断面为单箱单室构造,纵向设置后张法预应力,跨径范围为20 m~40 m。

3.1.2

标志长度 **mark length**

桥跨相邻墩台中心线之间的距离,即小箱梁桥的标准跨径,主要有20 m、25 m、30 m、35 m、40 m等。

3.1.3

外观质量 **appearance quality**

指小箱梁的光洁度、表面平整度、线型和气泡等凭人的视觉和触觉评判的质量特性。

3.1.4

开裂弯矩 **cracking bending moment**

小箱梁在消压状态下持续加载至受拉区混凝土应力达到极限抗拉强度时所承担的弯矩。

3.2 符号和缩略语

M_0 ——控制弯矩;

M ——实测弯矩;

P_0 ——控制荷载;

P ——实际荷载;

L_0 ——计算跨径;

D ——加载级差;

b ——两加载点间距。

4 分类和标记

4.1 代号

本标准将小箱梁按荷载等级分为Ⅰ型和Ⅱ型,Ⅰ型指按公路-Ⅰ级或城-A级车道荷载标准设计的小箱梁,Ⅱ型指按公路-Ⅱ级或城-B级车道荷载标准设计的小箱梁;按梁板在构造断面中的位置分为中梁和边梁,分别以字母Z、B表示;中梁的代号分别为XXLZ/Ⅰ、XXLZ/Ⅱ,边梁的代号分别为XXLB/Ⅰ、XXLB/Ⅱ。

4.2 规格尺寸

4.2.1 小箱梁的主要规格尺寸按表1选用,其他规格尺寸由供需双方另行约定。

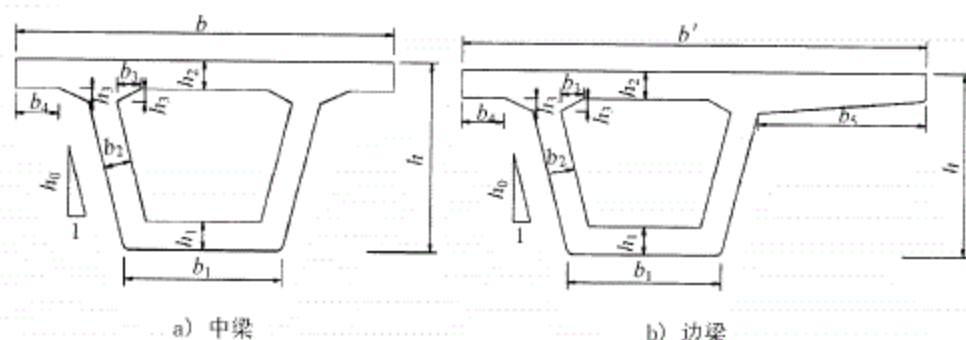
表1 小箱梁的主要规格尺寸

标志长度 m	构造长度 m	构造高度 mm	构造宽度 mm	产品代号
20	19.96	1 200	2 400	XXLZ/Ⅰ、XXLZ/Ⅱ
			2 850	XXLB/Ⅰ、XXLB/Ⅱ
25	24.96	1 400	2 400	XXLZ/Ⅰ、XXLZ/Ⅱ
			2 850	XXLB/Ⅰ、XXLB/Ⅱ

表 1 (续)

标志长度 m	构造长度 m	构造高度 mm	构造宽度 mm	产品代号
30	29.96	1 600	2 400	XXLZ/I、XXLZ/II
			2 850	XXLB/I、XXLB/II
35	34.96	1 800	2 400	XXLZ/I、XXLZ/II
			2 850	XXLB/I、XXLB/II
40	39.96	2 000	2 400	XXLZ/I、XXLZ/II
			2 850	XXLB/I、XXLB/II

4.2.2 小箱梁中梁和边梁的跨中截面示意图分别见图 1 a) 和图 1 b)。截面各部位尺寸应符合表 2 或设计图纸的规定。



说明:

b ——中梁顶板宽度;

b_1 ——底板宽度;

b_2 ——腹板宽度;

b_3 ——内孔倒角宽度;

b_4 ——等宽挑臂长度;

b_5 ——边梁变宽挑臂长度;

b' ——边梁顶板宽度;

h ——梁高度;

h_0 ——腹板斜率;

h_1 ——底板厚度;

h_2 ——顶板厚度;

h_3 ——倒角高度。

图1 小箱梁跨中截面示意图

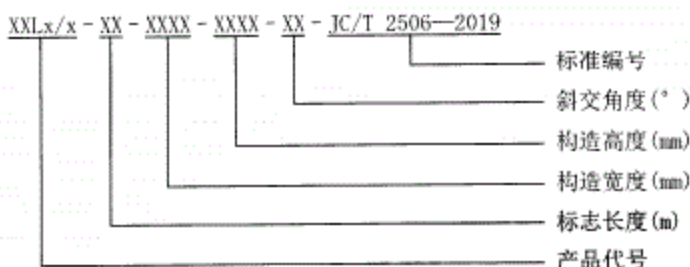
表2 小箱梁跨中截面各部位尺寸

标志长度 m	b mm	b' mm	b_1 mm	b_2 mm	b_3 mm	b_4 mm	b_5 mm	h mm	h_0 mm	h_1 mm	h_2 mm	h_3 mm
20	2 400	2 850	1 000	180	150	175	839	1 200	3.0	180	180	70
25	2 400	2 850	1 000	180	150	175	826	1 400	3.5	180	180	70
30	2 400	2 850	1 000	180	150	175	808	1 600	4.0	180	180	70
35	2 400	2 850	1 000	180	150	125	758	1 800	4.0	180	180	70
40	2 400	2 850	1 000	200	150	75	708	2 000	4.0	180	180	70

注: 本表所列尺寸仅适用于标准截面, 未考虑横坡影响, 实际预制尺寸请以设计图纸为准。

4.3 标记

小箱梁的产品型号表示如下：



小箱梁按产品代号、标志长度、构造宽度、构造高度、斜交角度和标准编号的顺序标记。

示例：标志长度 30 m、构造宽度 2 400 mm、构造高度 1 600 mm、斜交角度 30° 的小箱梁中梁，承受公路-I 级或城-A 级汽车荷载等级的产品标记为：

XXLZ/I-30-2400-1600-30-JC/T 2506—2019

5 原材料

5.1 水泥

水泥应选用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，质量应符合 GB 175 的规定。

5.2 骨料

5.2.1 细骨料应符合 GB/T 14684 和 JGJ 52 的规定，宜采用洁净的中砂或机制砂，细度模数为 2.6~3.0。

5.2.2 粗骨料应采用连续级配的碎石，质量要求应符合 JGJ 52 的要求。

5.3 水

混凝土拌合用水的质量应符合 JGJ 63 的规定。

5.4 外加剂

外加剂应符合 GB 8076 的规定，不得掺用含氯盐外加剂。

5.5 掺合料

进行混凝土配合比设计时可以加入适当的掺合料，常见的掺合料有粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、石灰石粉、沸石粉等。掺合料应符合 GB/T 51003 的规定。

5.6 普通钢筋

钢筋应符合 GB 1499.1 或 GB 1499.2 的规定。直径小于等于 12 mm 的普通钢筋应选用热轧 HPB300 级钢筋或以上等级的钢筋，直径大于 12 mm 的普通钢筋宜选用热轧 HRB400 或以上等级的钢筋。

5.7 预应力筋

预应力筋应采用强度级别不低于 1 860 MPa 的低松弛标准型钢绞线，材质和性能应符合 GB/T 5224 的规定。

5.8 波纹管

预应力钢绞线孔道宜采用金属波纹管或塑料波纹管，应符合 JG 225 或 JT/T 529 的规定。金属波纹管的壁厚不宜小于 0.3mm，先简支后连续结构的预留波纹管宜采用塑料波纹管。塑料波纹管应采用专用焊接机进行热熔焊接或采用具有密封性能的塑料结构连接器连接，禁止采用胶带纸绑扎连接。

5.9 钢板

预应力锚固区钢板应符合 GB/T 700 的规定。

5.10 锚具、夹具和连接器

预应力筋锚具、夹具和连接器应符合 GB/T 14370 的规定，同一结构或构件中应采用同一生产厂家的产品。

5.11 压浆料

压浆料应符合 JTG/T F50 的规定。

6 构造要求

6.1 混凝土保护层厚度

6.1.1 普通钢筋和预应力筋管道的最小混凝土保护层厚度应符合 JTG D62 和设计图纸的规定。

6.1.2 采用保护层厚度检测仪测量小箱梁的混凝土的保护层厚度，检验方法应符合 JGJ/T 152。

6.2 钢筋布置

6.2.1 钢筋的加工尺寸和布置应符合 JTG D62 或 CJJ 11 的规定。

6.2.2 梁上应按设计要求预埋伸缩缝、护栏、泄水管、支座等附属设施预埋件。

6.2.3 钢筋接头宜采用焊接接头或机械连接接头，具体措施应符合 JTG D62 和 JTG/T F50 规定。

6.2.4 预应力筋在小箱梁的锚固位置宜分散均匀对称布置，预应力筋为二层以上布置时，层与层之间的竖向净距不应小于 40mm 且不小于管道直径的 0.6 倍。

6.2.5 每 50cm~80cm 设置一井形定位筋将波纹管固定于钢筋骨架上，波纹管内外表面应清洁，无锈蚀、油污、孔洞和不规则的褶皱，接头应连接牢靠、密合。应对孔道采取防护措施，防止养护用水等杂物进入。

6.2.6 预应力筋的端部混凝土按 JTG D62 的规定配置局部承压钢筋。

6.2.7 锚垫板平面应与波纹管孔道轴线垂直。

6.2.8 小箱梁钢筋布置的检查项目、检查方法和允许偏差应符合表 3 的规定。

表3 小箱梁的钢筋布置允许偏差

单位为毫米

序号	检查项目及部位		允许偏差	检查方法和频率
1	受力钢筋间距		±10	尺量：2 断面/根
2	箍筋、横向水平钢筋、螺旋筋间距		±10	尺量：5 个间距/根
3	钢筋骨架尺寸	长	±10	尺量：骨架总数的 30%
		宽、高	±5	
4	弯起钢筋位置		±20	尺量：每骨架抽查 30%

表3(续)

序号	检查项目及部位		允许偏差	检查方法和频率
5	混凝土保护层厚度		±5	尺量：每根沿模板周边检查8处
6	预应力管道坐标	梁长方向	±30	尺量：抽查30%
		梁高方向	±10	
7	预应力管道间距	同排	±10	尺量：抽查30%
		上下层	±10	
8	梁端预应力筋	外伸长度	+10 -5	尺量：抽查30%
		内缩值	±5	

6.3 成型

6.3.1 小箱梁顶面混凝土浇筑完成后，应及时对顶板混凝土进行修整、抹平，待定浆后再抹第二遍并压光或拉毛，并符合 JTG/T F50 相应规定。

6.3.2 端部斜交角度大于 15° 的小箱梁，在锐角部位沿竖向高度设置 30 mm 倒角。

7 质量要求

7.1 外观质量

小箱梁外观质量的检查项目和检查方法应符合表 4 的规定。

表4 小箱梁的外观质量

序号	检查项目及部位		质量要求	检查方法
1	露筋 ^a	任何部位	不允许	目测
2	孔洞 ^b	任何部位	不允许	目测
3	疏松 ^c	任何部位	不允许	目测
4	蜂窝 ^d	预应力筋锚固端 梁底任何部位	不允许	目测
		其余部位	每处面积不应超过 0.01 m ² ，总面积不应超过所在面面积的 0.5%，深度不应大于 10 mm，且应修补。	用百格纸量测
5	麻面 ^e	任何部位	总面积不应超过所在面面积的 1%，深度不应大于 5 mm，且应修补。	用百格纸量测
6	裂缝 ^f	底板裂缝 腹板竖向裂缝	不允许	用卷尺量测裂缝长度； 用刻度放大镜或裂缝观测仪量测裂缝宽度； 用裂缝深度仪量测裂缝深度。
		表面收缩及不规则龟裂缝	最大裂缝宽度应不大于 0.15 mm，且应做防水闭合处理。	
7	梁端缺陷 ^g	预应力筋锚固区	不允许	目测
8	缺棱掉角 ^h	任何部位	掉角深度和宽度不应大于 30 mm，长度不应大于 50 mm，且应修补。	目测和用尺量测
9	外表沾污 ⁱ		不允许	目测

表4(续)

a	露筋指梁内钢筋未被混凝土包裹而外露的缺陷。
b	孔洞指混凝土中深度和直径均超过保护层厚度的孔穴。
c	疏松指混凝土局部振捣不密实,深度超过保护层厚度的缺陷。
d	蜂窝指混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露的缺陷。
e	麻面指混凝土表面呈现无数小凹点。
f	裂缝指从梁混凝土表面延伸至内部的缝隙。
g	梁端部缺陷指梁端处混凝土疏松、夹渣等缺陷。
h	缺棱掉角指梁的棱角局部破损的缺陷。
i	外表沾污指构件表面有油污或其他粘杂物。

7.2 尺寸允许偏差

小箱梁尺寸允许偏差的检查项目和检查方法应符合表5的规定。

表5 小箱梁的尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	检查项目	允许偏差	检查方法
1	长度	+15 -10	尺量: 构件端部横截面对称轴线与底面或顶面交点间距离。
2	顶板宽度	±15	尺量: 横向垂直于构件纵轴线方向的底面部位, 端部、 $L/4$ 、跨中、 $3L/4$ 处各量测1点。
	底板宽度	±10	
3	高度	+0 -5	尺量: 竖向垂直于构件纵轴线方向的侧面部位, 端部、 $L/4$ 、跨中、 $3L/4$ 处各量测1点。
4	顶板、底板、腹板厚度	+5 -0	尺量: 构件端部横断面, 顶、底、腹板的最小厚度处各测量1点。
5	侧向弯曲	$\leq L/1700$ 且 ≥ 20	尺量: 沿平行于构件纵轴线方向的侧面拉线, 测量侧向弯曲的最大处。
6	表面平整度	≤ 5	尺量: 用靠尺和楔形塞尺, 量测靠尺与顶面两点间的最大缝隙值。
7	主筋净保护层厚度	±5	用钢筋保护层厚度测定仪量测。
8	预埋件	中心位置偏移	尺量: 量测纵、横两个方向中心线, 取其中偏差较大值。
		底面平整度	

注: L 为标志长度。

7.3 性能要求

7.3.1 混凝土抗压强度

7.3.1.1 混凝土强度等级不应低于 C50。

7.3.1.2 混凝土 28 d 抗压强度应不小于设计强度, 预应力张拉时的混凝土抗压强度应不小于设计强度的 90%, 小箱梁脱模时的混凝土抗压强度应不小于 25 MPa。

7.3.2 静载抗弯性能

7.3.2.1 小箱梁在表 6、表 7 所示的跨中弯矩作用下, 跨中截面的挠度增加值和底缘拉应变增加值应不大于表 6、表 7 规定。

表6 小箱梁(中梁)跨中截面静载抗弯性能

标志长度 m	产品代号	构造宽度 mm	构造高度 mm	跨中弯矩 kN·m	跨中挠度增加值 mm	跨中底缘拉应变 增加值
20	XXLZ/ I	2 400	1 200	1 845	10.49	225
	XXLZ/ II	2 400	1 200	1 502	8.54	184
25	XXLZ/ I	2 400	1 400	2 647	15.72	250
	XXLZ/ II	2 400	1 400	2 174	12.91	205
30	XXLZ/ I	2 400	1 600	3 580	21.61	270
	XXLZ/ II	2 400	1 600	2 961	17.88	223
35	XXLZ/ I	2 400	1 800	4 641	28.15	288
	XXLZ/ II	2 400	1 800	3 860	23.42	240
40	XXLZ/ I	2 400	2 000	5 822	34.32	294
	XXLZ/ II	2 400	2 000	4 866	28.68	246

表7 小箱梁(边梁)跨中截面静载抗弯性能

标志长度 m	产品代号	构造宽度 mm	构造高度 mm	跨中弯矩 kN·m	跨中挠度增加值 mm	跨中底缘拉应变 增加值
20	XXLB/ I	2 850	1 200	1 940	10.45	224
	XXLB/ II	2 850	1 200	1 596	8.60	185
25	XXLB/ I	2 850	1 400	2 796	15.91	253
	XXLB/ II	2 850	1 400	2 322	13.21	210
30	XXLB/ I	2 850	1 600	3 821	19.42	243
	XXLB/ II	2 850	1 600	3 194	16.24	203
35	XXLB/ I	2 850	1 800	4 991	23.23	238
	XXLB/ II	2 850	1 800	4 195	19.53	200
40	XXLB/ I	2 850	2 000	6 210	35.67	306
	XXLB/ II	2 850	2 000	5 252	30.16	259

7.3.2.2 当小箱梁跨中试验弯矩加载至表 8、表 9 中的开裂弯矩时,小箱梁不应出现裂缝;加载至表 8、表 9 中的承载能力极限弯矩时,小箱梁不应出现下列任何一种情况:

- 受拉区混凝土裂缝宽度达到 1.5 mm;
- 受拉主筋被拉断;
- 受压区混凝土破坏。

表8 小箱梁(中梁)跨中截面的开裂弯矩及承载能力极限弯矩

标志长度 m	产品代号	构造宽度 mm	构造高度 mm	开裂弯矩 kN·m	承载能力极限弯矩 kN·m
20	XXLZ/ I	2 400	1 200	2 624	4 434
	XXLZ/ II	2 400	1 200	2 007	3 471
25	XXLZ/ I	2 400	1 400	3 678	6 362
	XXLZ/ II	2 400	1 400	2 952	5 285
30	XXLZ/ I	2 400	1 600	4 222	8 276
	XXLZ/ II	2 400	1 600	3 409	7 022
35	XXLZ/ I	2 400	1 800	6 293	12 208
	XXLZ/ II	2 400	1 800	5 047	10 296
40	XXLZ/ I	2 400	2 000	8 751	18 115
	XXLZ/ II	2 400	2 000	8 224	17 187

表9 小箱梁(边梁)跨中截面的开裂弯矩及承载能力极限弯矩

标志长度 m	产品代号	构造宽度 mm	构造高度 mm	开裂弯矩 kN·m	承载能力极限弯矩 kN·m
20	XXLB/ I	2 850	1 200	2 561	4 533
	XXLB/ II	2 850	1 200	2 155	3 835
25	XXLB/ I	2 850	1 400	3 831	6 857
	XXLB/ II	2 850	1 400	3 158	5 779
30	XXLB/ I	2 850	1 600	4 853	9 997
	XXLB/ II	2 850	1 600	3 993	8 464
35	XXLB/ I	2 850	1 800	6 937	14 152
	XXLB/ II	2 850	1 800	5 579	11 605
40	XXLB/ I	2 850	2 000	9 563	20 036
	XXLB/ II	2 850	2 000	9 033	18 223

8 试验方法

8.1 混凝土抗压强度

8.1.1 将边长 150 mm 的混凝土立方体试块按照 GB/T 50107 的规定进行制作、养护和检验。对于蒸养的小箱梁,试件应先随构件同条件蒸养,再转入标准条件下养护至 28 d。对于掺粉煤灰掺合料的混凝土,其标准条件下的养护时间按设计要求或 GB 50010 的规定执行。

8.1.2 每根小箱梁制作三组试件。

8.2 静载抗弯性能

静载抗弯性能试验方法按附录 A 的规定。

9 检验规则

9.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验，均应符合 GB 50204 的规定。

9.2 出厂检验

9.2.1 检验项目

包括混凝土保护层厚度、外观质量、尺寸允许偏差、混凝土抗压强度等项目。

9.2.2 批量和抽样

逐根检验。

9.2.3 判定规则

9.2.3.1 混凝土保护层厚度

当混凝土保护层厚度检验合格率大于等于 90% 时，判该批产品的混凝土保护层厚度为合格，否则判为不合格。

9.2.3.2 外观质量

外观质量按以下规则判定：

- a) 外观质量符合表 4 规定时，判该根小箱梁外观质量为合格。
- b) 外观质量符合表 4 中第 1、2、3、4、6、7、9 项规定，其余项经修补、清除能符合相应规定时，判该根小箱梁外观质量为合格。
- c) 外观质量不符合表 4 中第 1、2、3、4、6、7、9 项中任意一项规定时，判该根小箱梁外观质量为不合格。

9.2.3.3 尺寸允许偏差

尺寸允许偏差按以下规则判定：

- a) 尺寸允许偏差符合表 5 规定时，判该根小箱梁尺寸允许偏差为合格。
- b) 尺寸允许偏差符合表 5 中第 2、3、4 项规定，其余项经修补能符合相应规定时，判该根小箱梁尺寸允许偏差为合格。
- c) 尺寸允许偏差不符合表 5 中第 2、3、4 项中任意一项规定时，判该根小箱梁尺寸允许偏差为不合格。

9.2.3.4 混凝土抗压强度

若混凝土抗压强度值不小于设计强度等级值，判该根小箱梁混凝土抗压强度为合格，否则判为不合格。

9.2.3.5 总判定

小箱梁混凝土保护层厚度、外观质量、尺寸允许偏差、混凝土抗压强度全部检验合格，判该根小箱梁为合格。

9.3 型式检验

9.3.1 检验条件

有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 产品停产一年或以上再恢复生产时；
- c) 设计、工艺和材料有较大变更，可能影响产品性能时；
- d) 正常生产条件下，每年一次的周期性检验；
- e) 合同规定有结构性能检验时。

9.3.2 检验项目

包括混凝土保护层厚度、外观质量、尺寸允许偏差、混凝土抗压强度、静载抗弯性能等项目，也可由双方协商增加检验项目。

9.3.3 抽样

在同品种、同规格、同型号的检验合格产品中随机抽取 10% 且不少于 3 根小箱梁进行混凝土保护层厚度、混凝土抗压强度、外观质量和尺寸允许偏差检验，并从中随机抽取 1 根进行静载抗弯性能检验。

9.3.4 判定规则

9.3.4.1 保护层厚度

按 9.2.3.1 进行检验及合格判定。

9.3.4.2 外观质量

若抽样外观质量全部符合 9.2.3.2 a) 或 9.2.3.2 b) 的规定，则判外观质量为合格。若有 1 根小箱梁的外观质量不符合 9.2.3.2 a) 且不符合 9.2.3.2 b) 的规定，可从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验产品全部符合 9.2.3.2 a) 或 9.2.3.2 b) 的规定，判外观质量为合格。若仍有 1 根不合格，则判外观质量为不合格；

若抽样外观质量不符合表 4 中第 1、2、3、4、6、7、9 项中任意一项规定，判外观质量为不合格。

9.3.4.3 尺寸允许偏差

若抽样尺寸允许偏差全部符合 9.2.3.3 a) 或 9.2.3.3 b) 的规定，则判尺寸允许偏差为合格。若有 1 根小箱梁的尺寸允许偏差不符合 9.2.3.3 a) 且不符合 9.2.3.3 b) 的规定，可从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验产品全部符合 9.2.3.3 a) 或 9.2.3.3 b) 的规定，判尺寸允许偏差为合格。若仍有 1 根不合格，则判尺寸允许偏差为不合格；

若抽样尺寸允许偏差不符合表 5 中第 2、3、4 项中任意一项规定，判尺寸允许偏差为不合格。

9.3.4.4 混凝土抗压强度

按 9.2.3.4 进行检验及合格判定。

9.3.4.5 静载抗弯性能

若小箱梁抽样静载抗弯性能全部符合 7.3.2 的规定，则判静载抗弯性能为合格，否则可取 2 根备用梁进行复验，复验结果仍有 1 根不合格，则判静载抗弯性能不合格。

9.3.4.6 总判定

小箱梁混凝土保护层厚度、外观质量、尺寸允许偏差、混凝土抗压强度、静载抗弯性能全部检验合格，判该根小箱梁为合格。

10 产品合格证

出厂时应签发产品合格证，合格证应包括以下内容：

- a) 合格证编号；
- b) 生产厂名、注册商标；
- c) 混凝土浇筑日期、预应力张拉日期、压浆日期、出厂日期；
- d) 产品代号、型号、规格和数量；
- e) 混凝土、预应力筋、普通钢筋力学性能检验结果；
- f) 混凝土保护层厚度、外观质量和尺寸允许偏差检验评定结果；
- g) 静载抗弯性能试验评定结果；
- h) 检验部门签字、盖章。

11 标识、运输、吊装和贮存

11.1 标识

11.1.1 小箱梁应印刷永久性标识，宜设置在距端部 500 mm~1 000 mm 处的侧表面，宜在标识旁边印刷二维码。

11.1.2 标识的内容包括生产厂名和注册商标、项目名称、产品标记、生产日期、检验合格证明等，二维码的内容除了包含以上信息，还应包括施工人员、检验人员等信息。

11.2 运输

11.2.1 小箱梁的运输宜选用转向灵活、承重性强的拖挂车组运载。

11.2.2 小箱梁的运输应顺高度方向竖立放置，并有防止倾倒的固定措施。装卸梁时，应在支撑稳妥后，方可卸除吊钩。

11.3 吊装

11.3.1 吊运工具和设备的使用技术要求，应参照起重吊装的有关规定执行。

11.3.2 采取两点法吊运，吊点位置应符合小箱梁的受力状态，允许偏差为±100 mm，吊索与梁纵轴线的夹角应不小于 45°。

11.3.3 小箱梁安装到位后，支座中心线偏位应不大于 5 mm，梁顶面纵向高程允许偏差为+8 mm 和-5 mm。

11.4 贮存

11.4.1 堆放场地应平整夯实，并应具有良好的排水措施。

11.4.2 应按小箱梁的型号、项目名称、质量等级和生产日期等分别堆放。

11.4.3 堆放时的支承位置应符合小箱梁的受力情况，标识向外。

11.4.4 小箱梁浇筑龄期满 28 d 后才能出厂。

11.4.5 小箱梁贮存时间不宜超过 3 个月。

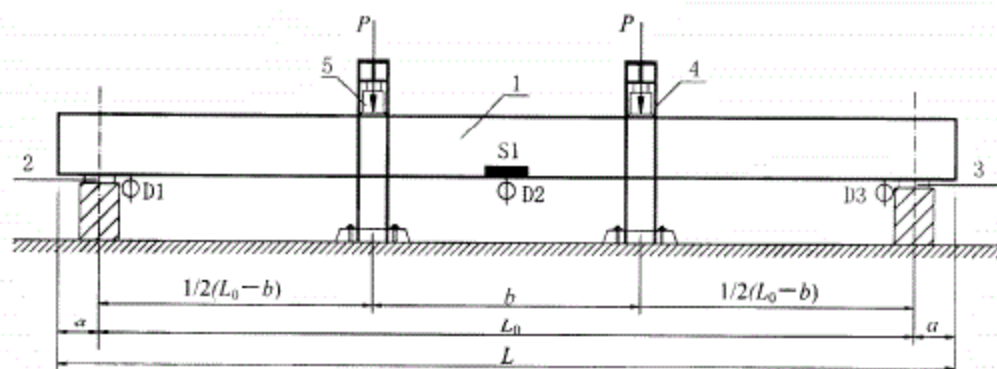
附 录 A
(规范性附录)
小箱梁静载抗弯性能试验

A.1 试验适用范围

本试验方法适用于小箱梁在正常使用状态和承载能力极限状态下，跨中截面的抗弯性能测试。

A.2 试验设备及加载方式

小箱梁静载抗弯性能试验采用简支梁两点对称加载，其试验装置如图 A.1 所示，两点间距为 b ，沿梁跨中截面对称布置，且作用于质心截面。加载点由固定于地基的反力架提供，反力架与试验梁的纵轴线垂直，集中力 P 由千斤顶提供，从而在试验梁 b 区间形成纯弯区。



说明：

- | | |
|----------|----------------|
| 1——试验梁； | S1——应变测点； |
| 2——橡胶支座； | D1、D3——支座沉降测点； |
| 3——支墩； | D2——跨中挠度测点。 |
| 4——反力架； | |
| 5——千斤顶； | |

图A.1 小箱梁静载抗弯性能试验示意图

A.3 加载点位置

小箱梁静载抗弯性能试验示意图中标志长度 L 、计算跨径 L_0 、支座中心线距端部 a 值参见表 A.1。针对不同跨径的小箱梁，将加载点间距设为定值，取 $b=2\text{m}$ 。应变测点 S1、支座沉降测点 D1、D3 以及挠度测点 D2 均在各测试截面布置两点，沿质心截面对称布置，以两点的平均值作为该测点的实测结果。

表A.1 小箱梁抗弯性能试验加载点位置

单位为米

标志长度 L	计算跨径 L_0	支座中心线距端部 a
20	19.00	0.46
25	24.00	0.46
30	29.00	0.46
35	34.00	0.46
40	39.00	0.46

A.4 控制荷载及实测弯矩计算

A.4.1 控制荷载按公式(A.1)计算。

$$P_0 = \frac{2DM_0}{L_0 - b} \quad (\text{A.1})$$

式中:

 M_0 ——控制弯矩,单位为千牛米(kN·m); P_0 ——控制荷载(考虑加载设备的重量),单位为千牛(kN); L_0 ——计算跨径,单位为米(m); D ——加载级差; b ——两加载点间距,单位为米(m)。

A.4.2 实测弯矩按公式(A.2)计算。

$$M = \frac{1}{2} P(L_0 - b) \quad (\text{A.2})$$

式中:

 M ——实测弯矩,单位为千牛米(kN·m); P ——实际荷载,单位为千牛(kN); L_0 ——计算跨径,单位为米(m); b ——两加载点间距,单位为米(m)。

A.5 正常使用状态下的抗弯性能试验步骤

A.5.1 正常使用状态下小箱梁在二期恒载及活载作用下的试验控制弯矩参照表6和表7。

A.5.2 加载程序

第一步:预加载和仪器调零,预加载值取控制弯矩的70%,持荷时间不少于10min。

第二步:预加载卸至零荷载,并在结构得到充分恢复后,进入正式加载试验。结构充分恢复的标志是,实测结构最大变位测点在卸载后变位恢复最后一个10min的增量小于第一个10min增量的15%。

第三步:正式加载时,以试验控制弯矩为参照,每次加载的级差 $D=0.2$,即按控制弯矩的20%级差施加式A.1所示的集中荷载 P ,使试验梁跨中区域所受弯矩由零增加至控制弯矩的80%,每级荷载的持续时间不少于5min,然后按控制弯矩的10%级差($D=0.1$)继续加载至控制弯矩的100%,每级荷载的持续时间不少于10min。加载过程中观察混凝土裂缝的产生及发展,每级加载稳定后测量并记录试验梁跨中截面的挠度、应变及支点截面的沉降。

A.6 极限状态下的抗弯性能试验步骤

A.6.1 小箱梁的开裂弯矩和承载能力极限弯矩的试验控制值参照表 8 和表 9。

A.6.2 加载程序如下：

第一步：预加载和仪器调零，预加载值取开裂弯矩的 50%。

第二步：按开裂弯矩的 20% 级差由零加载至开裂弯矩的 80%，每级荷载的持续时间不少于 5 min，然后按开裂弯矩的 10% 级差继续加载至开裂弯矩的 100%，每级荷载的持续时间不少于 10 min，观察是否有裂缝出现，测定并记录裂缝宽度。

第三步：如果在开裂弯矩的 100% 时未出现裂缝，则按开裂弯矩的 5% 的级差继续加载至裂缝出现，每级荷载的持续时间不小于 10 min，测定并记录裂缝宽度。

第四步：按承载能力极限弯矩的 5% 的级差继续加载至出现 6.3.3.5 所列承载能力极限状态的检验标志之一为止，或施加荷载已达到承载能力极限弯矩的 1.1 倍即可停止加载，每级荷载的持续时间不少于 10 min，观测并记录各项读数。

A.7 抗裂荷载和承载能力极限荷载的确定

A.7.1 抗裂荷载

- 当在加载过程中第一次出现裂缝时，取前一级荷载值作为抗裂荷载实测值；
- 当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为抗裂荷载实测值；
- 当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时，取本级荷载值作为抗裂荷载实测值。

A.7.2 承载能力极限荷载

- 当在规定的荷载持续时间结束后出现 6.3.3.5 所列的情况之一时，取此时的荷载值作为承载能力极限荷载实测值；
- 当在加载过程中出现上述情况之一时，取前一级荷载值作为承载能力极限荷载实测值；
- 当在规定的荷载持续时间内出现上述情况之一时，取本级荷载值与前一级荷载的平均值作为承载能力极限荷载实测值。

附录 B
(资料性附录)
小箱梁生产工艺

B.1 预制场地与台座

- B.1.1 预制场地应平整、坚实，承载力应满足要求，并应有足够的平面及空间位置以满足施工作业的要求。预制场地应根据地基及气候条件，采取必要的排水措施，防止场地沉陷。
- B.1.2 浇筑预制台座，采用 C30 以上混凝土，厚度不小于 15 cm。台座应坚固、无沉陷，保证底模挠度不大于 2 mm。台座表面应光滑平整，在 2 m 长度上平整度的允许偏差为 2 mm，气温变化大时应设伸缩缝。
- B.1.3 预制台座底模应采用厚度不小于 8 mm 的钢板制作。
- B.1.4 底模的安装应根据预应力、自重和汽车荷载等综合作用设置适当的预拱。

B.2 模板工程

- B.2.1 外模宜采用具有足够强度、刚度、稳定性和厚度的模板，设计按 JTJ 025《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》有关规定执行，与混凝土接触面需抛光处理，模板端部按设计位置预留张拉孔。
- B.2.2 在内、外膜表面均需刷脱模剂以利于脱模。
- B.2.3 内膜由端头模板内塞入或龙门吊吊入，在模板接缝处粘双面泡沫胶防止漏浆。
- B.2.4 侧模板上应配备足够数量和适宜激振力的附着式震动机。
- B.2.5 拆模时的梁体混凝土强度不应低于 25 MPa，混凝土采用蒸汽养护时，撤除保温设施后至拆模的时间间隔不应少于 2 h，以防止梁体混凝土产生早期裂缝。
- B.2.6 当模板就位后用对拉螺栓连接固定。
- B.2.7 重复使用的模板应经常检查、维修。

B.3 钢筋绑扎

- B.3.1 绑扎钢筋时宜采用胎架或定位架加工钢筋骨架，钢筋骨架的几何尺寸及布置必须符合设计要求。保证钢筋纵向平直无弯折，符合规范要求。
- B.3.2 在钢筋骨架与模板之间每隔一定间距(0.5 m 左右)布置垫块，宜用圆饼穿在水平筋上，确保钢筋的混凝土保护层厚度满足 5.1 的要求。保护层垫块数量按不少于 4 个/m²，可按梅花形、八字形布置，严禁在模板安装后再安装垫块，垫块厚度应同保护层厚度同等，垫块混凝土等级与梁相同。
- B.3.3 预应力钢绞线孔道宜采用金属波纹管或塑料波纹管，每 50 cm~80 cm 设置一井形定位筋将波纹管固定于梁体钢筋上。波纹管内外表面应清洁，无锈蚀、油污、孔洞和不规则的褶皱，接头必须连接牢靠、密合。应对孔道采取防护措施，防止养护用水等杂物进入。

B.4 混凝土浇筑

- B.4.1 浇筑混凝土前试验人员需测得砂石料的含水量，确定施工配合比。堵塞好锚垫板前端的压浆孔，以免堵塞孔道影响压浆。

- B.4.2 浇筑混凝土前需检查复核梁体的尺寸、钢筋型号及布置、预埋件及波纹管的位置、模板质量等，确认无误后开始浇筑混凝土。严格控制钢筋保护层厚度。
- B.4.3 浇筑前先绑扎底板与腹板钢筋，再安装外模和内模，再绑扎顶板钢筋，最后整体浇筑混凝土。先浇筑底板混凝土，再拉坡浇筑腹板、横隔板及顶板混凝土，浇筑从一端开始到另一端结束，中间不得间断。
- B.4.4 混凝土入模温度不宜高于 28°C ，当估计混凝土绝热温度不低于 45°C 时，应进行降温处理。应避免模板和新浇混凝土受阳光直射，模板与钢筋温度以及周围温度不宜超过 40°C 。
- B.4.5 浇筑过程中保持振捣，保证混凝土浇筑密实，但需避免振动器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。严格控制振捣时间，避免因振捣时间过长而造成的混凝土离析。对于腹板、底板及顶板连接处，两端钢筋稠密部位要加强振捣。生产过程中随时注意检查模板、钢筋及各种预埋件的位置及稳固情况。
- B.4.6 浇筑同时按规定制作相应数量的试块。
- B.4.7 混凝土浇筑完成后，应及时对顶板上表面混凝土进行修整、抹平，待定浆后拉毛。当气候不良时，应加盖防护，但在开始养生前，覆盖物不得接触混凝土面。

B.5 小箱梁养护

- B.5.1 在混凝土浇筑完毕后立即进行养护。可采用自然养护和蒸汽养护。
- B.5.2 对于自然养护，可采用喷灌养护，必须对混凝土外露面及时覆盖和洒水。混凝土的洒水养护时间一般为 7 d，每天洒水次数以能保持混凝土表面经常处于湿润状态为标准。当气温低于 5°C 时，应覆盖保温，不得向混凝土表面洒水。

B.6 预应力张拉

- B.6.1 张拉前需对梁体的混凝土强度、弹性模量(或龄期)、浇筑质量、几何尺寸、孔道通畅等进行检查验收。孔道堵塞需用清孔器疏通，梁端预埋铁板与锚具和垫板接触处的焊渣、毛刺、混凝土残渣等杂质宜使用不含油的压缩空气吹出。
- B.6.2 待梁体混凝土强度和弹性模量(或龄期)达到张拉要求后，进行钢绞线下料、编束、穿束工作，准备张拉设备。采用蒸汽养生时，在养生完成之前不应安装钢绞线。
- B.6.3 宜先编束后整体穿束，穿束时，需将钢绞线端部扎紧，必要时套上穿束器，将穿束器的引线穿孔机过孔道，在前端拉动，后端继续送料，直至梁端露出所需的长度位置。
- B.6.4 安装锚具、夹片。手锤轻敲锚具至构件端部孔道，用钢管通过钢绞线轻击夹片，使夹片均匀适紧分布在锚环上。
- B.6.5 预应力筋张拉宜采用穿心式双作用千斤顶，整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶。张拉机具设备应与锚具产品配套使用，宜采用自动化、智能化张拉设备。
- B.6.6 当梁体混凝土强度和弹性模量不低于设计值的 90% 且龄期不少于 10 d，方可进行张拉，张拉力作用线与孔道中心线末端的切线重合，同时测量伸长值。终拉后的 24 h 内，每端各钢绞线的回缩量不应大于 1 mm。
- B.6.7 预应力筋张拉采用应力控制，伸长值校核的控制措施。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 $\pm 6\%$ 以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。
- B.6.8 张拉程序： $0 \rightarrow$ 初应力 $(0.1\sigma_{con}) \rightarrow 0.2\sigma_{con}$ (持荷 5 min) $\rightarrow \sigma_{con}$ (锚固) (σ_{con} 为锚下张拉控制应力)。
- B.6.9 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，当设计未规定时，可按照规范 JTG/T F50 的要求张拉。

B.6.10 在张拉控制应力达到稳定后锚固钢绞线，千斤顶回油、拆除工具锚，卸下千斤顶，完成本束钢绞线的张拉。

B.7 压浆及封锚

B.7.1 为避免预应力钢绞线锈蚀，在张拉完毕后，应在 48h 内尽快完成孔道压浆。应采用专用压浆料或专用压浆剂配制的浆液，压浆材料应进行进场检验。孔道压浆机应采用活塞式可连续作业的压浆泵，不得采用风压式压力泵。

B.7.2 压浆前应用高压水枪冲洗清洁孔道，冲洗后，应使用不含油的压缩空气将孔道内的所有积水吹出。同时检查灌浆孔、排气孔是否通畅。

B.7.3 浆体的水胶比应控制在 0.26%~0.28% 之间，浆体稠度宜控制在 14s~18s 之间，强度不应低于构件设计强度。宜采用活塞式压浆泵保证水泥浆使用前始终处于搅动状态，防止沉淀。

B.7.4 压浆时浆液温度应在 5℃~30℃ 之间，压浆过程中及压浆后 48h 内，梁体及环境温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施，并按冬期施工的要求处理，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。在环境温度高于 35℃ 时，压浆宜在夜间进行。

B.7.5 制浆机的转速应不低于 1000r/min，搅拌叶的形状应与转速相匹配，叶片的速度范围宜在 10m/s~20m/s，并应能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求。

B.7.6 压浆顺序为先下孔道、后上孔道，并将集中一处的孔道一次压完，以避免串浆。压浆过程应缓慢均匀进行，不得中断。如果孔道无法一次压完，应将相邻未压浆的孔道用压力水冲洗，确保以后压浆畅通。

B.7.7 压浆过程中应对施工具体情况进行记录，同时宜采用孔道压浆施工记录仪对施工参数进行监测和记录。

B.7.8 压浆后应检查压浆的密实情况，如有不实，应及时进行补压浆处理。压浆过程中，每一工作班组应制作留取不少于三组的立方体标准试件，标准养护 28d，进行抗压强度试验，作为质量评定的依据。

B.7.9 封锚混凝土浇筑前应进行端部凿毛，将两端锚具周围冲洗干净并凿出预埋钢筋，焊接端头钢筋网后浇筑封锚混凝土。封锚应采用与结构同标号的混凝土并应严格控制封锚后的梁体长度。