

湖南望城 沅水大桥技术总结

(柔性墩多点顶推连续梁)

湖南省交通厅

湖 南 望 城
沅水大桥技术总结
(柔性墩多点顶推连续梁)

湖 南 省 交 通 厅

内 容 提 要

湖南望城沔水大桥为两联 2×38 米 + 4×38 米预应力混凝土连续梁桥, 全长240.24米。下部构造为双柱式柔性墩、耳墙式埋置桥台。连续梁的架设, 采用多点顶推法施工。

本总结归纳了设计、施工、科研方面的技术工作。主要包括: 箱梁、导梁设计、两联箱梁的接头型式和受力计算、柔性墩受力分析与计算。箱梁预制平台构造和试压、预应力混凝土箱梁施工、顶推设备简介与顶推施工工艺、支座安装和落梁。施工阶段箱梁、导梁的应力、挠度与桥墩水平变位的观测手段和数据、全桥荷载试压等方面。附录中还介绍了观测仪具的构造和使用方法。

上述内容, 可供公路桥梁设计、施工、科研人员以及大、中院校桥梁专业师生参考。

前 言

湖南望城沱水大桥，是一座在柔性墩上多点顶推架设连续梁的试验桥。主要为某援外桥的设计和施工提供经验。

顶推法架桥技术，为当代桥梁施工的先进技术之一。由于它具有明显的优点，而被国内外广为采用。但就加力方法而言，以单点顶推施工的桥梁居多，在柔性墩上采取多点顶推施工者国内尚无先例。为此，我厅组织了省公路管理局、省交通规划勘察设计院、省交通科学研究所，在学习广东万江桥等单点顶推的设计、施工经验的基础上，并邀请铁道部科学研究院参加，以本桥为对象，进行“柔性墩多点顶推架桥技术”的试验与研究。

多点顶推法的施工特点是：在每个墩台上设置一对小吨位的水平千斤顶，代替单点大吨位千斤顶，将集中的顶推力分散到各墩台上。利用水平千斤顶传给墩台的反力，平衡梁体滑动时在墩台顶面产生的摩阻力，使墩台在顶推过程中承受允许的水平力。从而节约墩台体积，且不需采取临时加强措施。

本桥施工，使用了试制的40吨穿心式液压水平千斤顶和液压与电器相结合的控制设备。采取“分级调压，集中控制”的施力方式，“多点、分级、同步”的施工工艺，自始至终进行施工监测，使千斤顶的出力符合柔性墩的受力要求，以确保施工安全，使试验获得成功。

本桥于1979年10月顶出第一节箱梁，1980年9月完成全桥14节总长230米的箱梁顶推任务。80年11月，湖南省科委受交通部的委托，组织有关单位对本试验项目进行了技术鉴定。并荣获湖南省1980年度重大科技成果一等奖和国家七十年代设计项目表扬奖。

全桥于82年1月进行荷载试验，工程质量符合设计要求。

本总结除归纳了设计、施工、科研等技术工作的主要情况和资料外，并提出了我们对一些技术问题的初步看法和意见，但由于水平有限，难免有不妥或错误之处，敬请读者批评指正！

一九八二年二月于长沙

目 录

第一章 工程概况	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 桥址水文、地质情况	(1)
一、桥址水文	(1)
二、桥址地质	(2)
第三节 桥型简介	(2)
一、上部构造	(2)
(一)跨径和联的确定	(2)
(二)截面型式和梁高	(2)
二、下部构造	(2)
(一)桥墩	(2)
(二)桥台	(2)
(三)墩台帽	(2)
(四)支座	(2)
第四节 主要工程数量及经济指标	(5)
一、主要工程数量	(5)
二、经济指标	(5)
第二章 设计	(6)
第一节 预应力混凝土箱形连续梁设计	(6)
一、基本资料及技术指标	(6)
(一)设计标准及技术规范	(6)
(二)材料	(6)
(三)选用的强度指标	(7)
二、内力计算	(7)
(一)箱梁的结构型式	(7)
(二)运营阶段内力计算	(7)
(三)顶推阶段内力计算	(13)
(四)截面几何特性	(17)

三、顶推阶段箱梁配束设计	(17)
(一)顶推孔径的布置	(17)
(二)顶推过程各截面的内力计算	(22)
(三)钢束估算公式与钢束的配置	(22)
(四)混凝土应力的初步验算	(24)
(五)根据详细计算增补薄弱截面的钢束	(25)
(六)张拉顺序一览表的拟编	(25)
四、运营阶段预应力损失计算	(25)
五、运营荷载作用下箱梁的应力及强度计算	(25)
(一)混凝土及钢丝应力计算	(25)
(二)抗裂性计算	(37)
(三)强度计算	(39)
六、桥面板计算	(44)
(一)截面尺寸	(44)
(二)内力计算	(44)
(三)配筋计算	(45)
(四)裂缝计算	(46)
(五)人行道悬臂板计算	(46)
七、顶推施工阶段应力计算	(47)
(一)导梁设计	(47)
(二)两联箱梁的接头计算	(54)
(三)顶推阶段预应力损失计算	(56)
(四)顶推过程应力计算	(66)
八、钢束弹性拉伸量计算	(69)
九、盆式橡胶支座计算	(80)
(一)设计资料	(80)
(二)支座设计最大位移	(82)
(三)支座结构计算	(82)
第二节 柔(弹)性墩台设计	(91)
一、运营阶段柔(弹)性墩台设计	(91)
(一)墩台刚度计算	(91)
(二)柔(弹)性墩台受力计算	(94)
(三)桥台计算	(116)
(四)桥墩计算	(121)
(五)墩台水平位移计算	(126)
二、顶推阶段柔性墩设计	(127)
(一)柔性墩多点顶推的特点与受力分析	(127)

(二)顶推时桥墩应力的计算及位移控制·····	(128)
(三)多点、分级、同步加力设计·····	(130)
第三章 施工 ·····	(132)
第一节 施工情况概述 ·····	(132)
一、施工现场布置·····	(132)
二、上下部施工概况·····	(133)
三、箱梁施工工艺流程·····	(133)
四、箱梁施工劳力分析表·····	(134)
第二节 箱梁预制 ·····	(137)
一、预制场·····	(137)
(一)预制场的布置·····	(137)
(二)预制平台的要求及构造型式·····	(137)
(三)预制平台的静载试压·····	(139)
二、模板的构造、安装及拆除·····	(140)
三、钢筋·····	(140)
(一)预应力钢束制作·····	(140)
(二)普通钢筋制作·····	(142)
四、管道·····	(142)
(一)铁皮管·····	(142)
(二)橡胶抽拔管·····	(142)
(三)管道安装与固定措施·····	(142)
五、混凝土·····	(143)
(一)混凝土配合比·····	(143)
(二)掺用减水剂后混凝土强度的对比分析·····	(143)
(三)箱梁混凝土的分层浇筑·····	(143)
六、拔管、清孔和穿束·····	(143)
(一)拔管·····	(143)
(二)清孔·····	(144)
(三)穿束·····	(145)
七、张拉预应力钢束·····	(145)
(一)锚具·····	(145)
(二)张拉设备·····	(145)
(三)张拉设备的校验·····	(147)
(四)张拉前的准备工作·····	(147)
(五)张拉程序·····	(147)
(六)张拉钢束时出现的问题及处理办法·····	(148)

(七)解除预应力的措施	(148)
(八)封锚压浆	(149)

第三节 箱梁顶推 (149)

一、概述	(149)
(一)工艺方案选择	(149)
(二)千斤顶及控制系统的方案选择	(149)
二、顶推设备	(151)
(一)水平千斤顶、油泵及控制系统	(151)
(二)滑动装置	(153)
(三)传力装置	(155)
(四)竖直千斤顶及横向千斤顶	(156)
三、箱梁顶推	(158)
(一)过程简述	(158)
(二)劳动组合	(158)
(三)多点、分级和同步控制	(158)
(四)千斤顶的加力	(159)
(五)箱梁临时起顶	(160)
(六)导梁进入滑道	(160)
(七)导向	(160)

第四节 箱梁解联、就位及落梁 (161)

一、解联	(161)
(一)联间接头处理	(161)
(二)联结钢束的解除顺序及注意事项	(161)
二、箱梁就位	(162)
三、落梁	(162)
(一)落梁的步骤和方法	(162)
(二)落梁注意事项	(165)

第四章 试验与监测 (166)

第一节 概述 (166)

第二节 试验与标定 (166)

一、材料试验	(166)
(一)高强钢丝检验	(166)
(二)早强高强混凝土配合比设计和性能试验	(167)
(三)木滑块压缩量试验	(171)

(四)混凝土与混凝土接触面间摩擦系数的试验	(172)
二、拉墩试验	(173)
(一)试验方法	(173)
(二)观测结果	(173)
三、盆式橡胶支座的室内标定	(175)
第三节 柔性墩上多点顶推连续箱梁的监测与控制	(179)
一、墩台的监测与控制	(180)
(一)墩、台的变位	(180)
(二)墩身应力	(187)
(三)滑道摩擦系数的现场测定	(191)
二、箱、导梁的监测与控制	(192)
(一)箱、导梁的变位	(192)
(二)箱、导梁的应力	(195)
第四节 荷载试验	(199)
一、试验目的、要求	(199)
(一)静载试验	(199)
(二)动载试验	(199)
二、试验方法	(199)
(一)静载试验	(199)
(二)动载试验	(203)
三、试验结果及分析	(205)
(一)静载试验	(205)
(二)动载试验	(213)
第五章 几点看法	(217)
一、关于柔性墩多点顶推架桥技术	(217)
二、顶推设备和施工监测	(217)
三、顶推阶段内力增大系数的选择	(217)
四、滑道与滑块	(218)
五、施工周期	(218)
六、裂缝的分析与处理	(218)

附 录

一、技术鉴定证书	(223)
二、测试手段的引进、研制及标定	(228)

第一章 工程概况

第一节 概 述

沕水大桥位于长沙市望城县北郊，跨越湘江支流——沕水尾段。桥位距出口1.3公里。为了某援外桥的试验需要，同时为加强城乡物质交流，促进工农业发展，而决定修建本桥。

大桥全长240.24米。下部构造采用双柱式柔性墩，耳墙式埋置桥台，盆式橡胶支座。上部构造为两联预应力混凝土连续梁。(图1—1—1)

连续梁在长沙岸预制平台上分节浇筑，多点顶推法施工。顶推时，联与联之间以预应力钢束临时联结。

本工程于78年8月动工，80年12月竣工。经技术鉴定和荷载试压，证明本桥采用的“柔性墩多点顶推架桥技术”是成功的，工程质量符合设计要求。

第二节 桥址水文、地质情况

一、桥 址 水 文

沕水发源于宁乡县扶王山南麓，横贯宁乡，流经望城，于新康镇汇入湘江。由发源地至桥址，流长114公里，汇水面积2640平方公里。桥址处河床顺直，水流顺畅，地势开阔。

(一)流量、流速:

按宁乡水文站资料推算，并经有关公式校核:

设计天然流量: $Q_2\% = 3980$ 立方米/秒

相应水位: $H_2\% = 35.28$ 米(黄海高程)

相应流速: $V_2\% = 2.71$ 米/秒

(二)水位:

因桥位距湘江仅1.3公里，水位受湘江洪水顶托的影响。为此，根据长沙与新康水位相关曲线，求得桥位处设计顶托水位:

$H_2\% = 37.4$ 米 (黄海高程)

$H_{10}\% = 36.6$ 米 (黄海高程)

(三)冲刷:

一般冲刷后水深: $h_P = 10.71$ 米

局部冲刷: $h_B = 4.91$ 米

局部冲刷标高: $h_s = 35.28 - 10.71 - 4.91 = 19.66$ 米

二、桥 址 地 质

经钻探表明: 桥址处河床复盖层较深, 基岩风化层厚度变化很大。地质构造为粘土层0.5~9.0米, 中细砂层2~5米, 含泥砂卵石层2~5米。基岩为燕山期花岗岩, 强风化层厚9~24米, 呈南高北低状。弱风化层1~8米, 其下即为坚硬岩层, 呈北高南低状。见图1—1—1

第三节 桥 型 简 介

一、上 部 构 造

(一) 跨径和联的确定:

某援外桥的设计, 采用4×38米一联, 全桥三联的连续梁方案。为满足试验要求, 结合本桥河床地质情况, 确定本桥为4×38米+2×38米两联预应力混凝土连续梁结构。

(二) 截面型式和梁高: (图1—3—1)

连续梁采用单箱双室等截面箱形梁。

梁高2.5米, 高跨比 $\frac{1}{15.2}$ 。

二、下 部 构 造

(一) 桥墩:

采用单排2根直径1.5米钻孔灌注200号混凝土支承桩。为满足施工需要, 在接近河床处设置250号混凝土横系梁, 系梁高1.8米, 宽2.0米。

(二) 桥台:

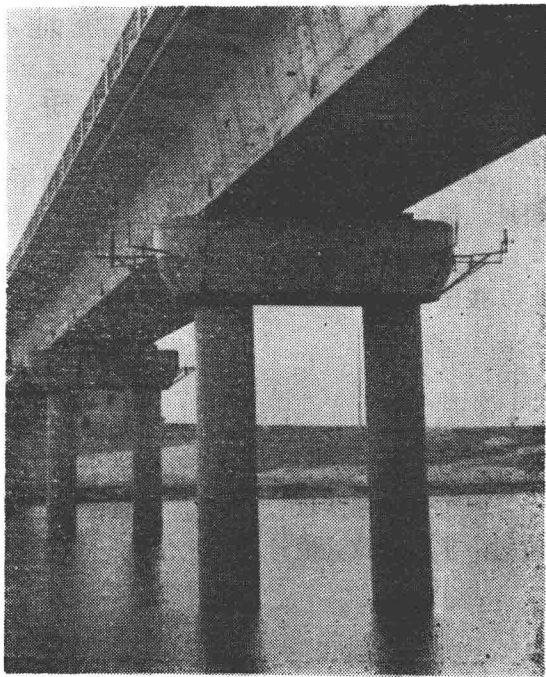
为单排3根直径1.5米钻孔灌注200号混凝土摩擦桩, 桩长22米。250号混凝土耳墙式埋置台身。

(三) 墩台帽:

墩台帽尺寸的选定, 除满足设置支座位置等一般规定外。还应考虑顶推设备的安装尺寸和施工操作要求, 故墩帽宽度采用2.5米, 长度为8米, 高2米。

(四) 支座:

全桥均用盆式橡胶活动支座。除4*墩



照片2 下部构造

靖港

长沙

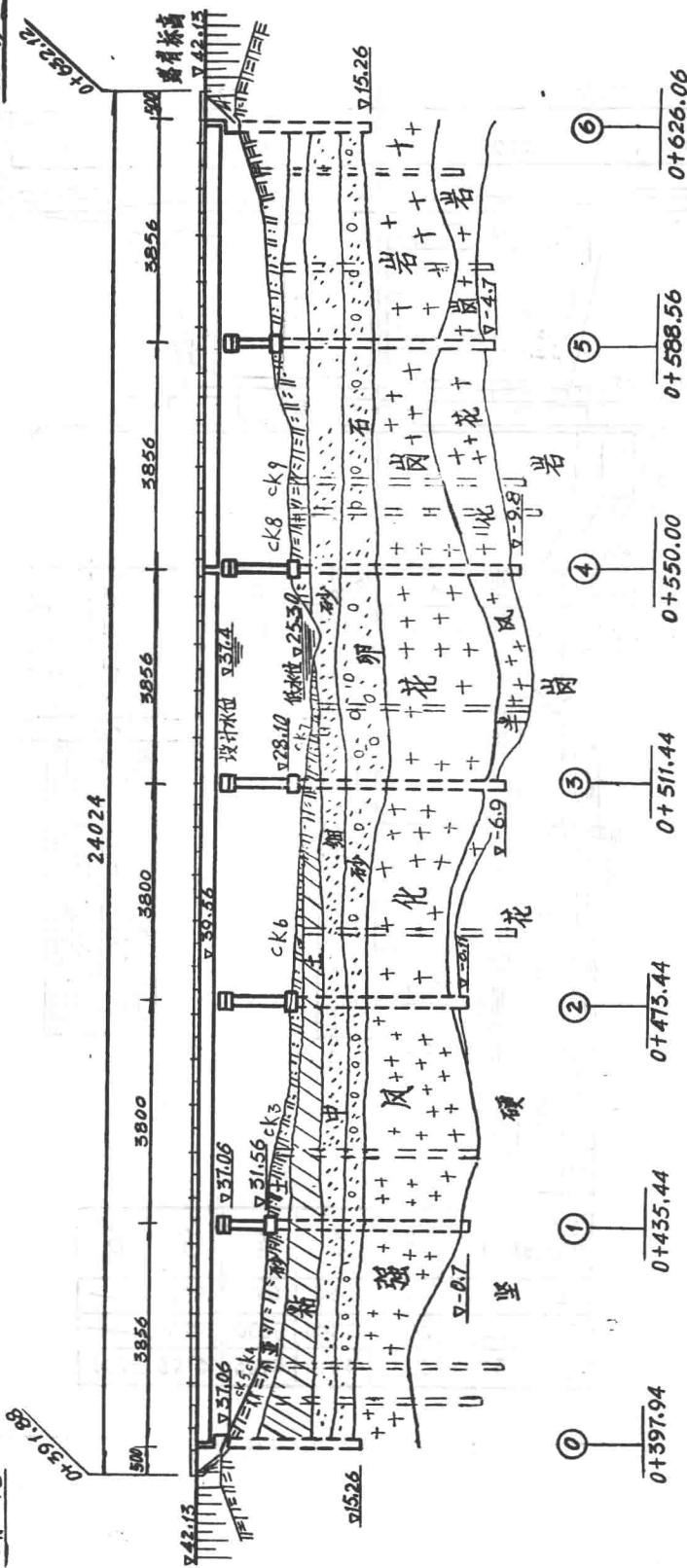


图 1-1-1 桥 型 图



系因两联梁接头位置，设置 2×3 个支座外，其余每个墩台均为3个单排支座。支座位置在箱梁腹板底下。

第四节 主要工程数量及经济指标

一、主要工程数量（表 1—4—1）

主 要 工 程 数 量				表 1—4—1
项 目	上 部	下 部 (包括支座)	人行道、栏杆 桥面铺装及其它	合 计
400号混凝土(米 ³)	998			998
250号~150号 混 凝 土(米 ³)		1169	158	1327
200号水下混凝土(米 ³)		252		252
防水混凝土(米 ³)			176	176
块(片)石圬工(米 ³)		418		418

注：本数量为设计数量

二、经济指标（表 1—4—2）

全 桥 经 济 指 标					表 1—4—2
项 目		单 位	数 量	每平方米经济指标	
金 额		元	2082172	866.7	
钢 材	结构用材	高 强 钢 丝	吨	63	0.0262
		普 通 钢 材	吨	291	0.1211
	施 工 及 设 备 用 材		吨	104	0.0434
水 泥		吨	1554	0.647	
木 材		立方米	788	0.328	

注：1.表列数字为工程结算数字。

2.桥面面积按 $240.24 \times 10 = 2402.4$ 米²计算。

第二章 设计

第一节 预应力混凝土箱形连续梁设计

一、基本资料及技术指标

(一)设计标准及技术规范:

1.设计标准

设计荷载: 汽——20级、挂——100。

桥面净宽: 净7.0米+2×1.5米人行道。

设计洪水频率: 2%。

通航净空: 六级航道(净高3.5米, 水位以湘江顶托水位10%频率计)。

2.技术规范

(1)《公路桥涵设计规范》交通部1975年颁发试行。

(2)《铁路工程技术规范》第二篇《桥涵》铁道部1975年7月颁发试行。

(3)《预应力混凝土公路桥梁设计规范》交通部1978年颁发试行。

(二)材料:

上部构造:

预应力箱梁混凝土——400级, 单位重: 2.5吨/米³;

人行道、栏杆混凝土——200级, 单位重: 2.4吨/米³;

桥面铺装防水混凝土——300级, 单位重: 2.5吨/米³;

预应力筋—— $\Phi 5$ 高强钢丝;

普通钢筋——16Mn、A₅、A₃;

弗氏锥形锚具, B型固端镦头锚具——45号优质炭素钢。

下部构造:

灌注桩混凝土——水下200级水上250级, 单位重: 2.4吨/米³;

系梁混凝土——250级, 单位重: 2.4吨/米³;

墩台帽混凝土——250级, 单位重: 2.4吨/米³;

支座垫石混凝土——400级, 单位重: 2.5吨/米³;

普通钢筋——A₅、A₃;

普通钢板——16Mn、A₃。

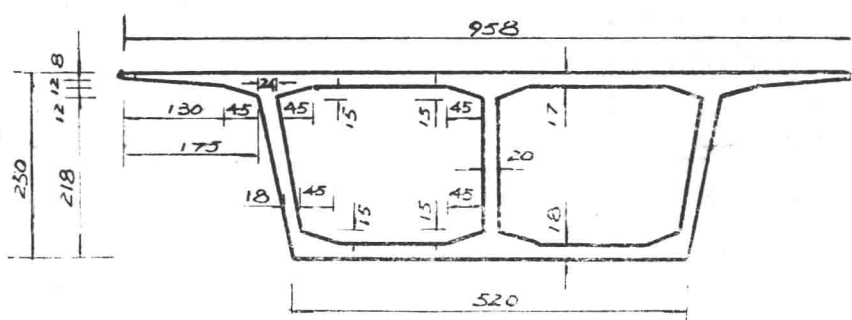
顶推施工:

临时墩打入混凝土桩——200级, 单位重: 2.4吨/米³;

普通钢板——16Mn、A₃。

非预应力部分计算数据按常规。

箱梁选定为等高度单箱双室截面，截面型式见图2—1—1。



箱梁在支座位置均设有隔板以加强箱梁横向刚度。在隔板前后各1.25米长度范围内,底板和肋都局部加厚以满足抗剪要求。

运营阶段内力计算结构图式如图2—1—2

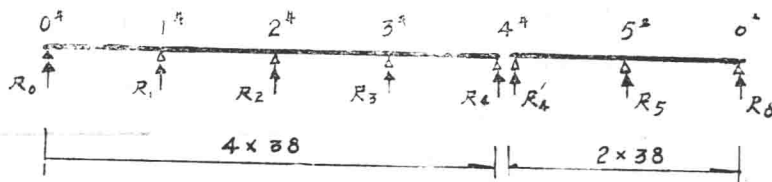


图 2-1-2

预应力部份计算选用的基本数据 表 2—1—1

材料名称	强度及应力	符 号	单 位	数 值
混 凝 土	标 号	R	kg/cm ²	400
	弹性模量	E _n	kg/cm ²	3.3 × 10 ⁵
	抗压极限强度(棱柱体)	R _a	kg/cm ²	280
	抗拉极限强度(棱柱体)	R _L	kg/cm ²	26
	传力锚固时允许压应力	0.7R' _a	kg/cm ²	156.8
	传力锚固时允许拉应力	0.7R' _L	kg/cm ²	15.4
	超张拉时允许压应力	0.8R' _a	kg/cm ²	179.2
	超张拉时允许拉应力	0.8R' _L	kg/cm ²	17.6
	运营阶段允许压应力	0.5R _a	kg/cm ²	140
	运营阶段允许拉应力(受拉区)		kg/cm ²	0
	运营阶段允许剪应力	R/9	kg/cm ²	44.4
	允许主压应力	0.6R _a	kg/cm ²	168
	允许主拉应力	R _L	kg/cm ²	26
Φ5 高 强 钢 丝	极限强度	R _y ⁱ	kg/cm ²	16000
	弹性模量	E _g	kg/cm ²	2.0 × 10 ⁶
	超张拉应力	0.8R _y ⁱ	kg/cm ²	12800
	传力锚固时钢丝应力	0.65R _y ⁱ	kg/cm ²	10400
	运营阶段钢丝最大应力	0.55R _y ⁱ	kg/cm ²	8800
	钢丝抗压允许强度	R' _y	kg/cm ²	3800
16Mn钢筋	允许应力	[σ _g]	kg/cm ²	1850
A ₅ 钢筋	允许应力	[σ _g]	kg/cm ²	1600
A ₃ 钢筋	允许应力	[σ _g]	kg/cm ²	1350
安 全 系 数	运营阶段截面正应力强度(主力)	K	kg/cm ²	2.0
	运营阶段截面正应力强度(主+时)	K	kg/cm ²	1.8
	顶推安装阶段截面正应力强度	K	kg/cm ²	1.8
	抗裂安全系数(主力)	K	kg/cm ²	1.2
	抗裂安全系数(顶推安装)	K	kg/cm ²	1.1

表中R'_a——预加应力时混凝土抗压强度

R'_L——预加应力时混凝土抗拉强度