

文章编号:1005-0523(2000)04-0020-05

# 预应力混凝土梁抗裂和强度测试分析

徐海燕

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 预应力混凝土梁的强度, 在使用阶段主要是进行抗裂性验算和分析, 笔者利用静载测试和试验结果, 通过对梁的应力应变值分析, 对预应力混凝土梁进行了抗裂性验算和分析, 为一批预应力混凝土构件的鉴定提供了准确的依据<sup>19</sup>。同时为其他预应力混凝土构件质量的判别提供了一种检验方法<sup>19</sup>。

**关键词:** 预应力混凝土; 测试; 抗裂性

**中图分类号:** TU 378.2

**文献标识码:** A

## 0 引言

南昌市解放西路1#桥改造中, 桥面采用15 m跨大型预应力混凝土预制板梁结构, 梁截面形式见图1<sup>19</sup>。在制作及施工过程中因种种原因一批板梁出现了一些问题<sup>19</sup>。这些梁能否满足设计要求, 可否用于实际结构, 需要在加载测试的基础上加以判断, 即分析混凝土强度、构件抗裂性及承载力<sup>19</sup>。

现行公路桥规<sup>[1]</sup>明确指出, “预应力混凝土主梁的强度, 在使用阶段主要是进行抗裂性验算和分析”<sup>19</sup>。因而测试分析构件混凝土的抗裂性是判定该梁是否合格的关键<sup>19</sup>。

## 1 测试项目及试验荷载

确定混凝土强度有关检测规程推荐了多种方式, 可采用超声波、回弹仪进行无损检测, 也可用取芯试压直接判定<sup>19</sup>。但对已有的预应力混凝土构件进行设计荷载作用下的抗裂性判定, 则无现成的规定方法, 为判断该梁的抗裂性, 笔者选择采用静载测试与试验和计算分析结合的方法<sup>19</sup>。即根据静载作用下所测数据, 通过与试验和计算值比较分析加以推断<sup>19</sup>。

板梁的设计荷载为汽一超<sup>20</sup><sup>19</sup>。由于试验中条件所限, 难于按汽一超<sup>20</sup>荷载作用形式加载<sup>19</sup>。根据所要解决问题的特点, 在试验中按跨中弯矩不变的原则, 将汽一超<sup>20</sup>的集中荷载转化为等效均布荷载<sup>19</sup>。根据荷载作用下的内力图, 在梁的五个截面布置了测点<sup>19</sup>。为了准确地反映梁下边缘混凝土的工作状况, 特别在跨中部分下缘三个不同位置贴了应变片, 以保证在测试中能及时掌握下部混凝土的受力情况<sup>19</sup>。测点布置见图二<sup>19</sup>。测试时, 根据加载条件分为6级加载<sup>19</sup>。即: 20%、39.2%、58.6%、77.9%、97.1%、103.6%<sup>19</sup>。

收稿日期: 2000-06-26; 修订日期: 2000-09-12

中国知网 <https://www.cnki.net>

作者简介: 徐海燕(1955-), 男, 吉林怀德人, 华东交通大学副教授, 工学硕士<sup>19</sup>。

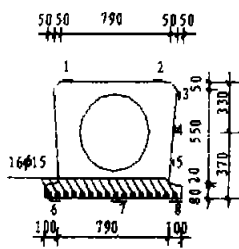


图 1 板梁截面图

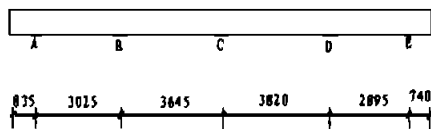


图 2 测试位置图

2 测试计算及试验应变表

表 1 是现场测试的跨中的部位测点应变表;表 2 为测试荷载作用下跨中测点的计算应力和应变值;表 3 是少筋试验梁从加载到开裂的测试应变值<sup>19</sup>。

表 1 各级荷载作用下跨中截面测点应变 单位:  $\mu\epsilon$

| 荷载<br>/( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) | 跨中测点应变 |      |      |      |    |     |     |     |
|------------------------------------------|--------|------|------|------|----|-----|-----|-----|
|                                          | 1      | 2    | 3    | 4    | 5  | 6   | 7   | 8   |
| 5.6                                      | -61    | -54  | -45  | -60  | -6 | 90  | 61  | 64  |
| 11.0                                     | -123   | -111 | -88  | -79  | 10 | 117 | 75  | 125 |
| 16.4                                     | -179   | -164 | -128 | -104 | 17 | 157 | 97  | 160 |
| 21.8                                     | -219   | -210 | -164 | -118 | 24 | 200 | 123 | 182 |
| 27.2                                     | -271   | -262 | -200 | -139 | 28 | 239 | 150 | 204 |
| 29.0                                     | -309   | -303 | -228 | -157 | 23 | 276 | 173 | 250 |

表 2 跨中测点位置计算应力应变

| 荷载/<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ ) | 点 位                      |                        |                          |                        |                         |                        |                         |                        |                         |                        |
|------------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                          | 1( $y=-417.5\text{mm}$ ) |                        | 2( $y=-247.5\text{mm}$ ) |                        | 3( $y=-92.5\text{mm}$ ) |                        | 4( $y=112.5\text{mm}$ ) |                        | 5( $y=282.5\text{mm}$ ) |                        |
|                                          | $\sigma/\text{MPa}$      | $\epsilon/\mu\epsilon$ | $\sigma/\text{MPa}$      | $\epsilon/\mu\epsilon$ | $\sigma/\text{MPa}$     | $\epsilon/\mu\epsilon$ | $\sigma/\text{MPa}$     | $\epsilon/\mu\epsilon$ | $\sigma/\text{MPa}$     | $\epsilon/\mu\epsilon$ |
| 5.6                                      | -2.83                    | -85                    | -1.68                    | -51                    | -0.60                   | -18                    | 0.76                    | 23                     | 1.92                    | 58                     |
| 11.0                                     | -4.45                    | -134                   | -2.64                    | -80                    | -0.98                   | -30                    | 1.20                    | 36                     | 3.76                    | 114                    |
| 16.4                                     | -6.63                    | -201                   | -3.94                    | -119                   | -1.47                   | -45                    | 1.78                    | 54                     | 5.61                    | 170                    |
| 21.8                                     | -8.82                    | -266                   | -5.22                    | -158                   | -1.95                   | -59                    | 2.38                    | 72                     | 7.46                    | 226                    |
| 27.2                                     | -11.0                    | -337                   | -6.52                    | -198                   | -2.44                   | -74                    | 2.97                    | 90                     | 9.31                    | 282                    |
| 29.0                                     | -11.73                   | -355                   | -6.95                    | -210                   | -2.60                   | -78                    | 3.16                    | 96                     | 9.92                    | 301                    |

3 分 析

3.1 应力分析

表 1 所列出的跨中截面在各级测试荷载下的应变,其中 1、2 点在梁上边缘,6、7、8 点在梁下边缘<sup>19</sup>该梁混凝土的设计标号为 40#,由公路桥涵规范查到

$E_h=3.3\times10^4\text{MPa}$     $R_a=23\text{MPa}$     $R_a^b=28\text{MPa}$ ,  $R_1=2.15\text{MPa}$ ,  $R_1^b=2.6\text{MPa}$

表 3 少筋梁应变

| 加载等级/kN | 应变读数 |     |     |    |     |
|---------|------|-----|-----|----|-----|
|         | 1    | 2   | 3   | 4  | 5   |
| 1       | -8   | -4  | 2   | 5  | 9   |
| 2       | -17  | -11 | 0   | 8  | 14  |
| 3       | -26  | -18 | -4  | 11 | 15  |
| 4       | -35  | -25 | -6  | 13 | 23  |
| 5       | -42  | -31 | -6  | 18 | 31  |
| 6       | -52  | -38 | -8  | 21 | 41  |
| 7       | -61  | -45 | -5  | 25 | 61  |
| 8       | -71  | -53 | -8  | 27 | 66  |
| 9       | -80  | -60 | -8  | 31 | 84  |
| 10      | -93  | -68 | -10 | 34 | 117 |
| 11      | -101 | -75 | -11 | 42 | 139 |

由测试应变可得到跨中上下边缘混凝土在最大测试荷载作用时的应力 $\sigma_{\pm} = -10.2\text{MPa}$ (压应力),  $\sigma_{\mp} = 9.11\text{MPa}$ (拉应力)<sup>19</sup>。根据板梁施工图纸提供的资料,推算出该梁混凝土的设计预应力值 $\sigma_{\pm} = 1.22\text{MPa}$ (拉应力),  $\sigma_{\mp} = 9.14\text{MPa}$ (压应力)<sup>19</sup>。若梁的制作能满足设计要求,可看出在最大设计荷载作用下,梁下边缘混凝土的测试应力与混凝土预应力之差小于混凝土的抗拉强度<sup>19</sup>。另一方面,测试阶段各测点应变片一直工作,表明测点处混凝土未开裂<sup>19</sup>。然而梁的其它部位是否都能满足抗裂要求,可以通过进一步分析判定<sup>19</sup>。

若该梁在使用阶段能满足不开裂的要求,则下述如下假定亦能满足,即:

- 1) 平截面假定;
- 2) 受拉混凝土在整个加载测试过程未开裂;
- 3) 混凝土强度达到设计标准<sup>19</sup>。

根据上述假定该梁在使用中全截面受力,且满足换算截面的拉、压区对中和轴的面积矩相等,即

$$S_i = S_a$$

(1)

可算出换算截面中和轴位置(距上边缘)及换算截面惯性矩

$$x = 417.5\text{ mm}, \quad I_0 = 223 \times 10^8\text{ mm}^4$$

由理论计算可得到在测试荷载作用下与测点对应位置处的应力和应变(表 2)<sup>19</sup>。比较表 1 和表 2 可见,测试值与计算值非常接近,可以认为测试试验值是可靠的<sup>19</sup>。同时还可以认为该梁在测试部位满足前面的三个假定<sup>19</sup>。

3.2 应变分析

为了更准确地判定测试板梁混凝土在试验荷载作用下是否开裂,可通过所做的截面为  $b \times h = 100 \times 160\text{ mm}$  40#混凝土的少筋试验梁在试验荷载作用下得到从加载至破坏(开裂)的应变值(表 3)<sup>19</sup>并根据应变表 1~3,画出板梁的测试应变图 3(a)、计算应变图 3(b)及少筋试验

梁在破坏前几级的应变图 3(c) 19. 对这三个应变图比较分析可以得出以下几点:

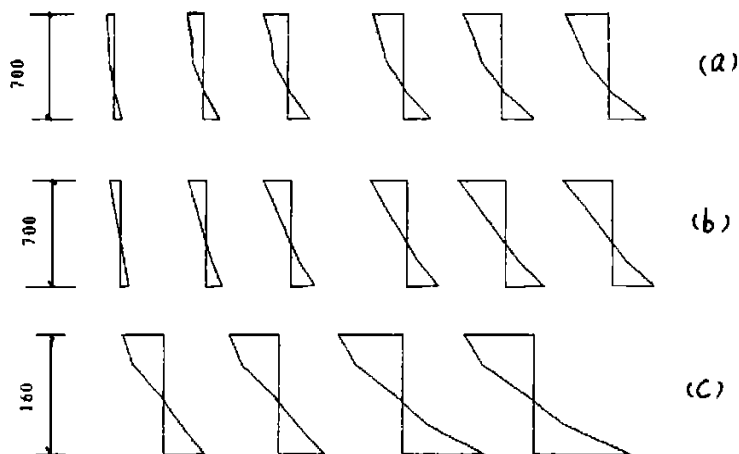


图 3 板梁测试、计算及少筋梁实验应变图分析

1) 从图(c)中可见少筋混凝土梁在开裂前,梁的中和轴位置变化很小<sup>19</sup>.而图(a)中测试梁在整个测试阶段截面中和轴位置状况完全符合这一特点;

2) 少筋混凝土试验梁在加载小于开裂荷载的 70% 前,受拉区混凝土应变形状相同变化不大<sup>19</sup>.但达到 70% 以后受拉区应变形态显著变化<sup>19</sup>.从板梁测试应变图上可见,测试梁跨中下部受拉区混凝土在整个测试过程应变图形态变化很小,这表明混凝土的拉应变距开裂应变仍有一定的距离<sup>19</sup>.因测试部位是梁上弯矩最大处,所以可以认为梁的各部位在整个测试中全截面参加工作;

3) 测试板梁的受压高度在整个测试中其值为  $x = 490$  mm 左右,该梁根据假定由理论计算的中和轴距上边缘为( $x = 417.5$  mm)<sup>19</sup>.另外按弹性假定和全截面受力计算得来的 3(b) 图与测试图 3(a) 比较,从形状上两者也较为接近,因而可据此认为测试梁基本满足平截面关系,受拉混凝土处于弹性<sup>19</sup>.

综合上述分析,可得出所制作的预应力混凝土梁其混凝土强度和抗裂均达到了实际要求<sup>19</sup>.

通过对上述预应力混凝土板梁抗裂测试分析,为已成型的预应力混凝土构件的质量检验提供了参考方法<sup>19</sup>.

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[M]. 北京:人民交通出版社,1985<sup>19</sup>.
- [2] 范立础<sup>19</sup>. 桥梁工程[M]<sup>19</sup>. 北京:人民交通出版社,1996,8<sup>19</sup>.
- [3] 混凝土结构工程施工与验收[M]. 北京:中国建筑科学研究院,1992<sup>19</sup>.

(下转第 33 页)

## 4 结束语

本文提出的评价方法是科学的,评价结论是准确的、定量的,对建筑工程施工组织设计的评价可直接应用<sup>[13]</sup>其方法可作为具有梯阶层次结构的各类指标模式的优化、评价等参考<sup>[13]</sup>

文中的互反矩阵是以南昌地区的特定环境、气候等为前提的,若在其它地区使用,可对其中的个别数据略作修改后再使用<sup>[13]</sup>

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 许树柏<sup>19</sup>层次分析法原理[M]<sup>19</sup>天津:天津大学出版社,1988<sup>19</sup>.
- [2] 关 柯,王宝仁,丛培经<sup>19</sup>建筑工程经济与企业管理[M]<sup>19</sup>北京:建筑工业出版社,1999<sup>19</sup>.
- [3] 江锦波,赵志缙<sup>19</sup>建筑施工[M].上海:同济大学出版社,1999<sup>19</sup>.

## The Research of Apprais Method to Construction Organization Plan of Building

CHEN Jin

(School of Civil Engineering and Architecture East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** It produces better effect in practice to analyse the technical economy targets of construction organization plan and apprais the construction plan by taking the way of the Analytic Hierarchy Process.

**Key words:** construction organizatio plan; technical economy targets; appraisal; The Analytic Hierarchy Process

(上接第 23 页)

## The Test Analysis of Pre-stressed Concrete Beam Crack and Strength

XU Hai-yan

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** The analysis of crack is thr main task for judging the strength of pre-stressed concrete beam in working life. In this paper, the crack of pre-stressed concrete beam was analyzed by using the test and trial results.

**Key words:** pre-stressed concrete; test; crack