

# 锚具及锚下混凝土应力分析

朱万旭 郑晓龙 王守海

**摘要** 本文介绍应用有限元技术,仿真分析预应力锚固体系中央片、锚板、锚垫板、螺旋筋、连接器等构件的应力状态及锚下混凝土的应力状态。

**关键词** 预应力锚具 锚下混凝土 应力分析

## 一、分析目的

预应力锚具,包括夹片、锚板、锚垫板、螺旋筋、连接器等受力构件,对预应力混凝土结构,以至整个建设工程的可靠性与耐久性起着十分重要的作用。尤其是小小的夹片,直径和长度不过几十毫米,夹片的齿高与齿距不过一毫米左右,然而在20多吨的张拉力之下,要能夹紧钢线,且不会发生断齿、滑丝,足见其可靠性、耐久性很高,其作用很大。为此,国内外有关规范对锚具质量要求极高,提出多项严格的检测、试验规定。如规定拉索锚具必须通过200万次低应力幅的疲劳试验。而这种动载试验,周期长,费用高,一旦未通过试验,不仅需要花费更多的时间和经费再次制索试验,而且难以找出原因,改进设计。为了提高锚具设计的可靠性,避免轻易投入试制、试验,尽量做到优化设计,精心施工,一次试验通过,以加快产品开发速度,降低开发成本。我公司于1997年引进了美国有限元分析软件,建立起仿真分析平台,利用分析结果检查预应力产品的结构强度以及锚具在混凝土中传递、分散与约束应力的效果是否符合规范、设计要求,以改进设计,达到优化设计的目的。

## 二、分析平台

我公司在已建立和应用的计算机辅助设计(CAD)系统的基础上,引进美国MSC公司的分

析软件和图形工作站等硬件,组成计算机仿真分析平台。

主要包括:

MSC/PATRAN 框架式前后处理集成系统,能与CAD和自编程序融为一体;

MSC/AFEA 高级有限元分析软件,可解决结构分析中各种复杂的非线性工程问题;

MSC/FATIGUE 专用于结构零部件的耐久性分析,即疲劳寿命分析;

PRO/ENGINEER 用于三维造型设计;

PHILIPS 图形工作台、彩色打印机;及自行开发的典型分析模型数据库。

## 三、分析模型

### 1. 锚具构件分析模型

科学合理地建立有限元分析模型是开展预应力产品耐久性(即疲劳寿命)分析的关键技术,我们在清华大学工程力学系及MSC公司的大力支持下,应用MSC公司软件,根据预应力构件的结构、材料等特点,选择不同节点的面单元、体单元、空间单元,划分网格,建立轴对称有限元模型,如图1~5所示。

### 2. 锚下混凝土分析模型

锚板之下的混凝土,包括锚垫板与螺旋筋,由于混凝土、锚垫板、螺旋筋为三种不同材料,需要选取不同的单元模型,调整网格,控制网格划分,建成组合或模型。如图6、7所示。

朱万旭 柳州欧维姆建筑机械有限公司 副总工 高级工程师  
 郑晓龙 柳州欧维姆建筑机械有限公司 工程师  
 王守海 柳州欧维姆建筑机械有限公司 副总工 教授级高工

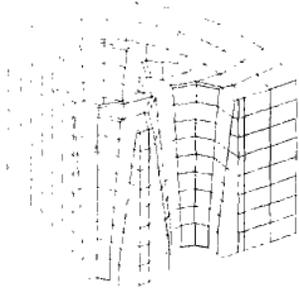


图1 锚板有限元模型

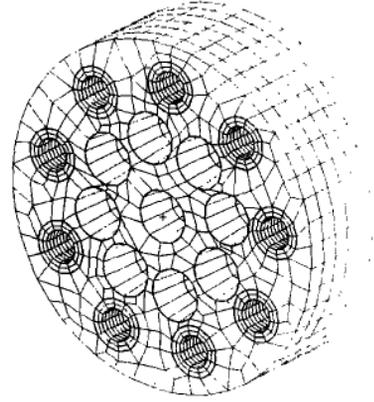


图5 连接器有限元模型

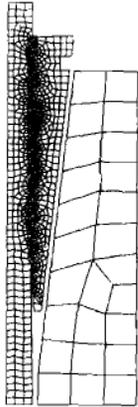


图2 夹片锚固单元模型

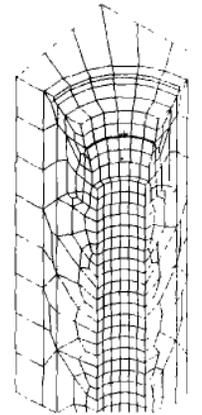


图6 混凝土有限元模型

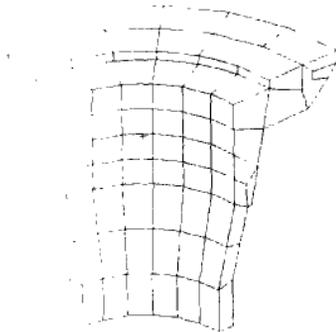


图3 锚垫板有限元模型

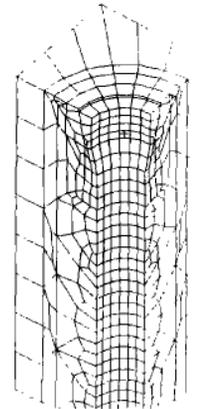


图7 混凝土与锚垫板、螺旋筋组合模型

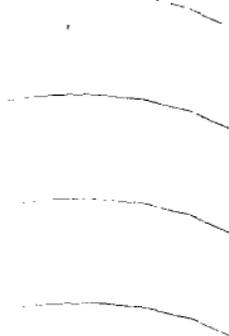


图4 螺旋筋有限元模型

#### 四、分析结果

建立模型后,赋予模型边界条件、载荷及材料参数,最后将赋值的模型传给有限元运算模块进行运算,得出以下分析结果,如图8~14所示。

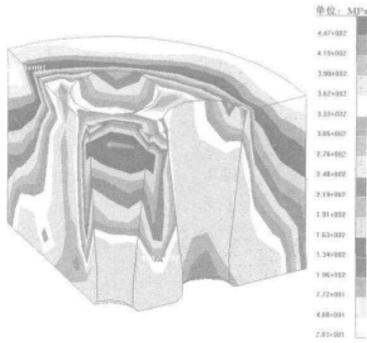


图 8 锚板综合应力分布图

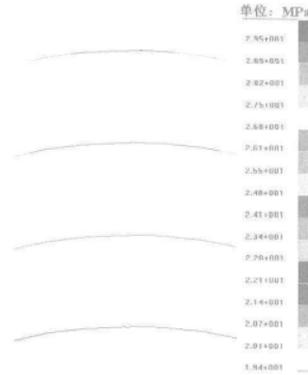


图 12 螺旋筋的综合应力分布图

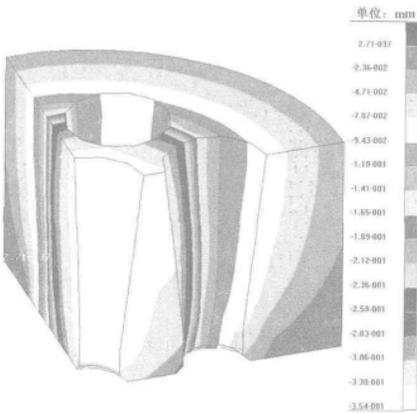


图 9 锚板轴向变形分布图

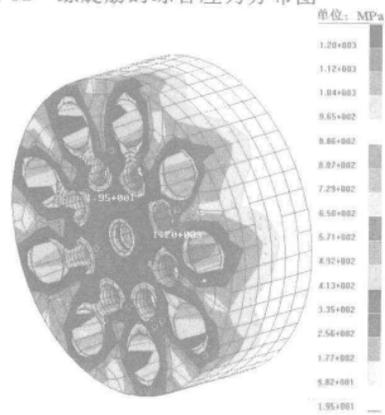


图 13 连接器综合应力分布图

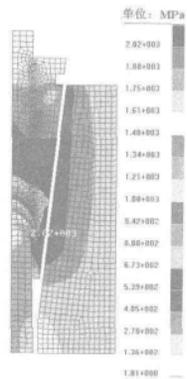


图 10 锚固单元综合应力分布图

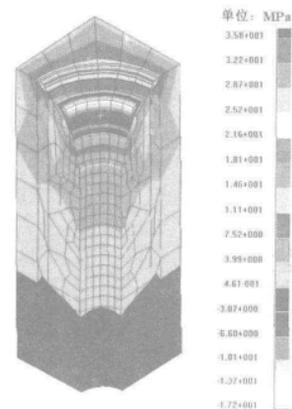


图 14 锚下混凝土的最大主应力分布图

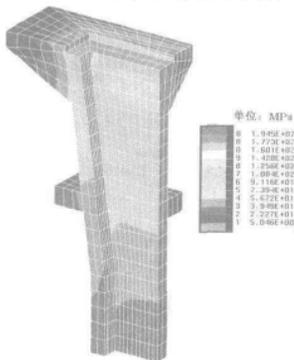


图 11 扁锚垫板综合应力分布图

对上述计算机给出的应力分布图进行分析比较,即可对预应力构件及锚下混凝土的受力变形等情况作出定性、定量的好评价。

### 五、仿真分析与优化设计

仿真分析的目的就是为了优化设计,为提高产品的耐久性和预应力工程的可靠性创造条件。我公司的设计程序是:应用 CAD 和 Pro/E 进行平面和三维设计,再应用上述有限元软件进行结构强度分

析,与工业实验和实际应用情况进行比较和修改设计,如有需要,则根据结构强度分析的结果进行疲劳性能的仿真分析,评价产品的耐久性,最后再

进行静力模拟试验,以检查产品疲劳后的结构强度是否满足要求,如需改进,则进一步完善分析模型,给出优化设计方案,投入生产,如图15所示。

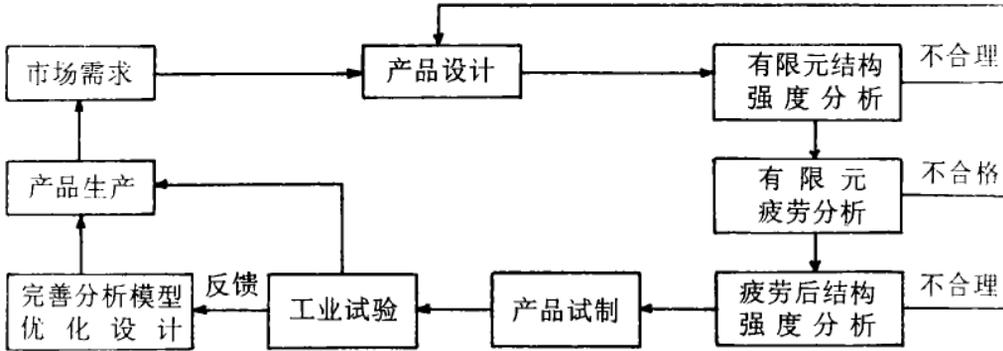


图15 预应力产品仿真分析与优化设计系统框图

## 中国钢结构协会预应力结构分会成立 暨第一届全国预应力结构理论及 工程应用学术会议召开

中国钢结构协会预应力结构分会的前身是中国科技咨询中心预应力技术联络网。核网于一九八六年成立,成员单位有设计、施工、院校、材料、设备和锚具生产企业等共九十二个。为介绍国内外预应力技术发展动向、推进我国预应力技术进步及其在工程中的应用作出了贡献,为了进一步拓展预应力技术在各类结构中的应用,加强与专业生产、施工企业间的联系,现将联络网转国家一级协会——中国钢结构协会,定名为“中国钢结构协会预应力结构分会”。预应力结构分会的宗旨是:促进我国预应力技术在钢结构、混凝土结构、组合结构及其它材料结构中的应用与发展,加强科研、设计、施工、生产与制造、安装等方面的横向协作,沟通全国会员间跨部门、跨行业、跨学科的联合与组织协调,在政府部门和企业间起到桥梁与纽带作用,推动预应力结构领域的发展,提高社会经济效益。

中国钢结构协会预应力结构分会于2000年

12月14日在上海经济大学逸夫楼会议厅举行成立大会!上海市建委主任、上海同济大学常务付校长和中国钢结构协会领导到会祝贺并讲话。会议选举第一届理事会,上海同济大学黄鼎业教授任理事长,冶金工业部建筑研究总院原付总赵应华、柳州欧维姆建筑机械有限公司总经理丁永贵等九人任付理事长,冶金工业部建筑研究总院李佩勋教授级高工任秘书长,大会一致推荐杜振辰教授为名誉理事长,吕志涛、陆钦赞等六人为顾问。大会于十四、十五日二天进行学术交流,董石麟和刘建航二位中国工程院院士分别作了“预应力网壳结构在我国的研究与应用状况”及“预应力技术在地下空间结构中应用的前景”的报告;杜振辰教授作了“我国预应力混凝土当前面临的几个问题”的报告。来自全国各地的专家、教授、科研人员、工程技术人员三十余人在大会上作了发言。内容涉及桥梁、高层建筑、水处理构筑物、核电站安全壳、机场停车楼、大跨索网结构、预应力加固等领域。