

混凝土结构 基本理论与应用

——全国第十二届混凝土结构基本理论
及工程应用学术会议论文集

◎ 金伟良 赵羽习 主编
段 安 毛江鸿



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

混凝土结构基本理论与应用

——全国第十二届混凝土结构基本理论及工程应用学术会议论文集

金伟良 赵羽习 段 安 毛江鸿 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构基本理论与应用 / 金伟良等主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-308-10799-0

I. ①混… II. ①金… III. ①混凝土结构—学术会议
—文集 IV. ①TU37—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 267039 号

混凝土结构基本理论与应用

金伟良 赵羽习 段 安 毛江鸿 主编

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江时代出版服务有限公司

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 22.25

字 数 569 千

版 印 次 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-10799-0

定 价 59.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

由中国建筑学会建筑结构分会混凝土结构基本理论及工程应用委员会、中国土木工程学会教育工作委员会主办,浙江大学宁波理工学院、浙江大学结构工程研究所承办,宁波大学、宁波工程学院、宁波市土木建筑学会、杭州结构与地基处理研究会、浙江省二建建设集团有限公司联合协办的“第十二届全国混凝土结构基本理论及工程应用学术会议”于2012年12月7日~9日在浙江大学宁波理工学院隆重召开。来自全国的百余名会议代表参加了本次大会,通过探讨学科发展和工程实践之现状与趋势,增进友谊,共促更为广泛的学术交流与合作。

本次会议就我国近年来混凝土结构领域的新成就、新进展进行了广泛的交流和讨论,内容涵盖:混凝土结构基本理论最新进展,混凝土结构耐久性,新型混凝土基本理论,构件与结构的受力性能,混凝土结构的抗震性能,混凝土结构分析、结构改造与加固等方面内容。我国结构工程领域的知名学者还就学科前沿的热点和工程应用中的实际问题进行了专题报告。本次会议论文集共收录论文52篇。论文集按内容主要划分为四个领域:混凝土构件与结构的受力性能,混凝土结构抗震、加固及检测,混凝土结构分析计算,混凝土结构耐久性及材料性能。

本次会议的组织委员会在浙江大学宁波理工学院和浙江大学结构工程研究所分别设置了秘书处,保证了会议论文征集工作的顺利进行,在此对他们的辛勤工作表示感谢。



2012年11月

目 录

混凝土构件与结构的受力性能

混凝土结构理论及规范的有待解决问题..... 徐有邻(1)

大跨双向钢-混凝土组合楼盖设计与应用 聂建国 丁 然(9)

钢-ECC 组合梁负弯矩下基本受力性能研究 施正捷 樊健生 陶慕轩(14)

组合结构桥梁抗剪连接件疲劳设计方法比较研究 周 萌 陶慕轩 聂建国(21)

桩-土非线性耦合系统竖向动力阻抗分析 朱志辉 余志武 邹智明(26)

ABAQUS 钢筋混凝土剪力墙的动力性能分析 宋玉普 张晓丽(33)

竖向荷载下现浇楼板对框架结构受力性能的影响研究 吕静静 曹双寅(39)

圆钢管混凝土组合框架滞回性能有限元分析 ... 张 鹏 丁发兴 龚永智 余志武(46)

平面 X 型圆钢管混凝土节点受压极限承载力计算公式研究 陈 誉 张钻湖(51)

新型干式连接高强箍筋约束混凝土柱的抗震性能试验研究
..... 姜维山 张振成 李青宁 于庆荣 魏 威(54)

普通箍筋约束混凝土的应力-应变关系模型 赵作周 张石昂 贺小岗 蔡春杰(63)

不同含钢形式型钢混凝土柱截面设计方法研究 王秋维 史庆轩 王 朋(70)

某点式住宅高层剪力墙结构优化设计研究
..... 门进杰 史庆轩 邓明科 贺志坚 王顺礼(76)

轴心受压 PVC-FRP 管混凝土柱破坏机理研究 于 峰 牛荻涛(83)

对称短肢剪力墙延性的研究 肖良丽 彭少民(91)

超高性能纤维改性混凝土叠合短柱轴压性能
..... 吴香国 于 群 陈思远 林 阳 赵新宇(96)

新型钢-混凝土组合梁反向受弯性能试验研究 蒋遼宇 陈驹 金伟良(103)

圆钢管混凝土 T 型相贯节点应力集中系数研究 陈 娟 陈 驹 金伟良(108)

混凝土结构抗震、加固及检测

火灾后混凝土超声波检测研究..... 赵东拂 尤作凯 宿 宇 刘栋栋(114)

求解贴片加固梁界面剪应力的改进方法..... 李 可 曹双寅(119)

某高层建筑中巨型柱的抗火性能分析..... 英明鉴 余红霞 李 易 陆新征(125)

浸水环境下 FRP-混凝土界面粘结性能的试验研究 张大伟 金伟良(131)

活性瓷釉涂层钢筋在混凝土结构抗爆中的应用研究·····	闫东明(138)
主厂房铰接屋面抗震性能及设计对策·····	方伟定 王学民 余智恩 童建国(144)
防屈曲支撑组合框架结构抗震性能研究·····	郭玉荣 朱孝晶 王枝茂 张忠喜(151)
基于粘滞阻尼器的框架结构随机地震响应分析 ·····	狄生奎 赵子斌 杨全胜 李凯峰(157)
混凝土结构全寿命光纤应变监测技术研究·····	毛江鸿 何 勇 金伟良(163)

混凝土结构分析计算

钢筋混凝土结构受力过程的细观力学分析·····	王立成(169)
LNG 储罐混凝土外罐施工阶段温度应力的有限元模拟 ·····	翟希梅 王 恒 范 峰(175)
低温泄露工况下的混凝土 LNG 储罐的温度场分布与受力性能 ·····	翟希梅 高 嵩 范 峰(181)
梁柱结构破坏全过程分析的软化铰模型·····	吴建营(187)
钢筋混凝土斜拉桥极限承载力分析·····	杨 鸥 李 惠 欧进萍(194)
PVC—FRP 管钢筋混凝土柱轴压比限值研究 ·····	于 峰 牛荻涛(200)
钢与钢筋混凝土混合结构等效阻尼比计算分析 ·····	狄生奎 杨全胜 赵子斌 李吉勇(205)
钢筋混凝土受弯构件挠度分析与数值计算·····	陆春华 延永东 刘荣桂(212)

混凝土结构耐久性及材料性能

混凝土结构全寿命性能设计方法·····	金伟良 钟小平 王 毅(219)
普通、再生混凝土与锈蚀钢筋粘结性能 ·····	吴 亢 林红威 赵羽习(227)
高强钢筋和剪跨比对直剪性能影响的试验研究·····	卢海霞 林 峰 李彤煜(235)
混凝土经时强度概率分布规律的研究·····	高向玲 颜迎迎 李 杰(242)
水灰比对高温下混凝土力学性能影响试验研究·····	霍静思 王 鹏 禹 琦(248)
不同条件下混凝土表层内水分传输·····	刘 鹏 余志武 宋 力 刘 强(256)
水胶比对自密实混凝土工作性能的影响·····	徐 杰 叶燕华 朱铁梅 韩 琦(270)
龄期和钢筋种类对钢筋套筒灌浆连接受力性能影响试验研究 ·····	吴小宝 林 峰 王 涛(275)
超低温环境下钢筋混凝土力学性能试验研究 ·····	谢 剑 吴洪海 聂治盟 魏 强(283)
矿物掺合料及养护对含膨胀剂自密实混凝土膨胀性能的影响 ·····	董荣珍 郭良亭 卫 军(290)
用 SVM 预测稀硫酸对混凝土材料的腐蚀 ·····	宋志刚 张伟航 徐 清(295)

中强度预应力 HR 钢棒在混凝土中的锚固试验研究	陈 萌	刘立新(300)
冻融作用下 PVA 纤维混凝土材料与力学性能研究	徐 菲 陈 驹	金伟良(306)
纤维混凝土冻融损伤后的力学性能及耐久性试验研究	延永东 陆春华	刘荣桂(314)
近海大气环境中混凝土结构的表面氯离子浓度	武海荣	张飞鹏(320)
新、旧规范建议混凝土单轴本构关系之讨论	李 杰 任晓丹	曾莎洁(326)
基于耐久性要求的混凝土构件裂缝控制标准修订建议	李 扬	侯建国(333)
不同浓度硫酸盐溶液中混凝土的经时腐蚀规律	王海龙 俞秋佳	董宜森(341)

混凝土结构理论及规范的有待解决问题

——对混凝土结构科研的建议

徐有邻

中国建筑科学研究院

长期从事混凝土结构基本理论、工程实践的试验研究及标准规范的编制-修订工作。几十年以来解决了一些问题,但是在此过程中发现了更多的疑问。这并不奇怪,因为混凝土结构性能非常复杂,是依靠试验-实践而发展起来极其活跃的学科。混凝土结构姓“混”而并不是精准、闭合的学科。随着工程、材料、工艺的快速发展,不断出现新问题是必然的。

提出疑问和发现问题也是一种收获,因为任何科学的进步都是从“怀疑”开始的,提出疑问是科研的第一步。问题在于还必须作进一步的思考:整理发现的疑问,提出有待解决的课题,以及探索-解决问题的思路或方案,这样的“发现”才有意义。这些当时发现的问题,限于水平和条件而未能解决。现在加以整理(包括曾经思考过的不成熟想法)一并提出,供后来者参考。目前混凝土结构学科尚存大量有待解决的问题,所提出的这些不成熟想法,对于避免低水平的重复科研,促进本学科的发展,也许不无意义。现将这些问题简介如下。

一、提高混凝土结构的防灾性能

1. 偶然作用的调查研究

天灾人祸难以避免,是影响结构安全不可忽视的重要因素。调查各类偶然作用的规律、效应及量化表达;探讨偶然作用对结构倒塌及防灾性能的影响

2. 结构整体稳固性(Rubanstness)的研究

结构抗倒塌规律的调查分析;整体稳固性落实为结构方案的设计原则;维护整体稳

固性连接-构造措施的具体做法;混凝土结构设计方案的优化原则。

3. 建立连续倒塌的极限状态

与“三正常”条件下的构件强度问题不同,应研究偶然作用下结构连续倒塌的问题;防连续倒塌设计的概念和方法完全不同,属于安全的更高层次;建议从承载能力极限状态中分离,单独建立结构“连续倒塌极限状态”,以利其深入研究,推动学科发展。

4. 防连续倒塌设计方法的研究

从连续倒塌极限状态的研究中总结和归纳各种防连续倒塌措施;落实研究的成果,提出有效的防连续倒塌设计方法;包括定性的概念设计原则以及定量的计算方法。

5. 防连续倒塌设计规范及工程应用

在研究的基础上,编制推荐性的混凝土结构防连续倒塌设计规范;推动防连续倒塌设计的工程应用;并通过工程实践不断提高和完善。

二、推进混凝土结构耐久性研究

1. 各历史时期混凝土结构耐久性状况调查

调查使用百年、五十年以上混凝土结构的耐久性状况;分析、研究长期使用混凝土结构材料耐久性性能劣化的时随变化;探讨结构全生命周期的性能变化规律。

2. 耐久性作用量化表达的研究

调查分析不同时期、不同环境、不同成分混凝土结构的耐久性状况;包括碳化速度、钢筋锈蚀、材料性能劣化、构件-结构性能蜕化的程度;分类分析探讨其定量的变化规律。

3. 裂缝对耐久性的影响的调查研究

调查分析受力裂缝、间接裂缝、顺筋纵裂、横向裂缝对耐久性的影响；裂缝宽度对耐久性效应的影响；调整裂缝宽度限值的可能性；裂缝控制限值的合理确定。

4. 恶劣环境下耐久性的研究

比较建筑结构正常环境与土木工程恶劣环境下耐久性效应的异同；干湿交替、冻融循环、氧盐腐蚀规律的调查统计及定量描述；恶劣环境下的附加保护措施及工程应用。

5. 耐久性定量设计方法的研究

不同耐久性条件下材料性能劣化和构件-结构性能蜕化定量规律的研究及计算模型；耐久性设计参数的确定原则；既有结构耐久性设计复核的方法。

6. 建立耐久性极限状态的建议

耐久性极限状态的标志的确定；耐久性效应的时随发展规律及后果；耐久性引起承载力及倒塌问题的调查；耐久性与正常使用极限状态设计方法的比较与不同；建议从正常使用极限状态中分离，单独建立“耐久性极限状态”，以利其深入研究，推动学科发展。

7. 耐久性设计方法的改进完善

设计规范中混凝土结构耐久性定性设计方法的改进、完善；耐久性附加保护措施的研究及工程应用；建立耐久性定量设计的方法；确定计算模型及设计参数；土木工程（水工、港工、公路、铁路等）混凝土结构的耐久性设计；推荐性耐久性设计规范的改进、完善。

三、既有混凝土结构再设计的研究

1. 既有混凝土结构现状的调查研究

我国不同时期混凝土结构（尤其是早期结构）结构性能现状（安全储备、使用功能、耐久性能等）的调查-分析；实际安全度的校准计算；既有混凝土结构总体安全度水平的评估。

2. 混凝土结构检测加固方法的总结

总结目前应用的结构材料及构件的检测方法；优化检测手段及评定方法，实现检测结

论的科学化；总结目前常用构件加固设计的方法；改进、完善、校准，使之符合统一标准。

3. 提出既有混凝土结构再设计原则

归纳-总结目前既有混凝土结构延长年限、强度复核、改变用途、扩建改造、加固改建的设计方法；建立统一的“再设计”原则；强调结构的整体稳固性；由局部“构件加固”提高到“结构设计”的层次；提出既有结构“再设计”的基本原则。

4. 完善既有混凝土结构再设计方法

完善、优化既有结构的结构方案；对承载力计算和使用状态提出不同的要求；通过检测确定既有部分的设计参数；考虑承载历史和施工状态对内力分配的影响；按两阶段成形叠合结构进行设计的方法；满足整体受力的构造要求和措施。

5. 既有混凝土结构再设计规范及工程应用

在实验研究及工程实践的基础上，编制推荐性的既有混凝土结构再设计规范；并逐渐改进完善；成为基本建设高潮过去以后，指导未来对既有结构进行再设计的依据。

四、承载能力极限状态模式的改进

1. 应力设计的工程应用及安全度校准

大体积混凝土结构应力场的等代内力设计方法及工程应用；以多轴应力准则进行约束混凝土设计的方法；以应力平均值计算结果的安全度校准及承载力调整系数；相应于延性、非延性、脆性破坏的承载力调整系数。

2. 以设计强度计算受力状态“失真”的分析

采用材料分项系数及虚拟设计强度引起受力状态“失真”的分析；垂直截面强度、斜截面应力状态、界限配筋条件、轴压比计算…等“失真”影响程度的分析、探讨。

3. 承载力计算方法改进的探讨

探讨改用强度标准值计算承载力受力状态的结果；以受力状态分项系数维持安全度的可靠度校准；探讨垂直截面强度、斜截面强度、界限配筋条件、轴压比计算等的受力状态的变化及相应的分项系数。

4. 承载能力极限状态设计方法的改进

承载能力极限状态设计模式(基本方程)的改进;以材料标准值(实测值)及受力状态分项系数表达抗力的形式;对传统设计的校准效果;在防连续倒塌设计及既有结构再设计中的应用。

五、结构分析方法的探讨

1. 计算简图及基本假定的检验

实验室理想化试验的局限性;传统传力概念(导荷载)和单个构件设计的缺陷;未考虑构件间协调变形的互相影响;构件间理想化连接构造的实际传力性能的差异及影响;超静定结构约束引起次内力的分析;混凝土结构确定计算简图及基本假定的原则和方法。

2. 楼盖设计方法的探讨

梁-板体系中板作为翼缘的影响;楼盖与支承构件间变形协调和受力形态的变化;结构原位加载试验反映的受力-破坏模型变化;“边支承板”和“角支承板”的概念及确定条件的分析探讨;双向板设计方法(塑性绞线法、条带法、等代框架法、弯矩系数法……)的比较及改进完善。

3. 受压构件二阶效应的深入探讨

结构侧移二阶效应($P-\Delta$)计算方法的探讨—影响因素、计算方法、设计效果;受压构件按修订规范设计配筋变化的比较分析;工程应用实际效果及与国外规范的比较;排架柱二阶效应计算方法的改进。

4. 非线性有限元分析方法的研究

混凝土结构弹塑性分析方法的探讨;计算模型(单元)、本构关系、计算方法、设计软件的开发和完善;分析计算结果的判断、比较;非线性分析方法的工程应用。

5. 本构关系及计算结果的处理

本构关系的参数取值-特征点(标准值、实测值)的确定;反复加载、双向加载的本构关系;分析计算结果的处理-构件受力分项系数的可靠度校准;延性、非延性、脆性破坏时

的分项系数取值。

6. 间接作用及效应分析

间接作用的分类、规律及效应的量化表达;混凝土收缩-徐变、季节温差作用效应的规律;混凝土早期水化热、温度场、应变场以及力学性能的实验研究;超静定结构中间接作用引起约束应变、应力的研究;间接作用对裂缝的影响;间接裂缝的计算方法及工程应用。

7. 混凝土结构的试验分析方法

复杂条件下混凝土结构试验分析方法;材料性能及本构关系的实测;模型试验和结构原位加载试验的应用条件;探讨-验证模型的探索性试验;确定性能参数的检验性试验;试验结果的分析及设计方法;试验分析方法的工程应用。

六、混凝土材料及约束混凝土的应用

1. 各种混凝土强度的探讨

结构混凝土实际强度的意义;标养强度、同条件强度、推定强度、钻芯强度的实质及作用;强度实测值、标准值、设计值的意义及相互关系。标养强度及各种强度的局限性;工程结构实际强度的检测验收方法。

2. 混凝土强度增长规律的研究

温度、湿度、龄期、早期受力、加载速度对混凝土强度的影响;成熟度、等效成熟度及等效龄期的计算;日平均温度、蒸养成熟度、冬季成熟度的计算方法及工程应用。

3. 各种混凝土推定强度的研究

各种间接测强方法的机理、特点及应用效果的讨论;回弹、超声、拔出、钻芯测强方法工程应用效果的调查分析;间接测强方法工程应用的选择。

4. 结构混凝土强度等级的选择

各种受力条件下不同构件混凝土强度等级的优选;与高强钢筋匹配的混凝土强度等级;各种强度等级混凝土的强度价格比;不同受力(压、弯、剪、扭)不同构件(板、梁、柱、墙、基础)设计时,材料强度(钢筋及混凝土)优化

选择的建议。

5. 超高强度混凝土力学性能的研究

C80 以上超高强度混凝土的强度、变形模量、极限应变(脆性性能);控制脆性的约束构造措施;超高强度混凝土的工程应用及实际效果;超高强度混凝土设计参数的确定。

6. 多轴强度准则的工程应用

超高强度混凝土的多轴强度;多轴应力状态下的变形规律;被动约束混凝土的试验研究;有效围箍约束中箍筋形式的探讨;密集连续配箍的“类钢管混凝土”的承载受力机理。

7. 约束配箍形式的试验研究

混凝土多轴强度准则及被动约束的机理;各种约束配箍形式的围箍及侧压效果;中强钢纤维配箍的约束效果;约束配箍构件的抗震性能;中强钢纤维连续配箍的加工-施工方法;约束配箍的设计方法;约束配箍的工程应用。

8. 混凝土局部承压机理的研究

局部承压锥劈模型、压肢模型的分析、比较;混凝土局部承压区域的多轴强度分析及破坏过程;以多轴强度准则研究局压作用的综合性能;预应力锚固区的合理设计及构造。

七、钢筋性能优化的研究

1. 钢筋基本性能的研究及比较

各种钢筋的强度(屈服、断裂)、延性(伸长率、强屈比)的系统实验量测分析;软钢、硬钢的强度-应变特征值及本构关系;各种钢筋的强屈比(强度、应变)。

2. 各种钢筋耗能的研究及比较

各种钢筋屈服耗能和断裂耗能的试验量测;各种钢筋耗能强屈比;钢筋耗能性能的分析研究以及对构件破坏形态的影响;抗震钢筋的耗能评价。

4. 各种钢筋外形优化的研究

钢筋的各种外形参数及对其性能的影响;对各种外形钢筋综合性能的分析、比较;钢筋外形影响的分析研究及优化选择;改进

钢筋外形及修订钢筋产品标准的建议。

5. 各种钢筋连接方法的研究

钢筋接头基本性能(强度、变形-割线模量、恢复力-残余量、破坏形态)与整体钢筋的比较;搭接、焊接、机械连接受力(包括抗震受力)的试验分析;连接接头对钢筋传力及构件结构性能的影响;钢筋接头的设计限制及连接区段的构造措施。

6. 中强度钢筋(钢绞线)工程应用的研究

中强度钢绞线(钢筋)基本力学性能的试验量测;中强度钢绞线(钢筋)的性能指标及设计参数;中强钢绞线预应力配筋构件工程应用的研究;中强钢绞线约束配箍机理的研究及工程应用;中强钢筋的工程应用研究;各种中强钢绞线的统一规范化表达(银龙、合力、天舜、PC...)。

7. 高强钢筋基本性能及工程应用的研究

600MPa 级高强钢筋基本力学性能的试验量测;高强钢筋的强度、延性、耗能及及本构关系;高强钢筋配筋构件的结构性能试验研究;高强钢筋的设计参数及工程应用。

8. 钢筋专业加工配送的研究

钢筋预制构件分割的位置及连接节点设计;钢筋专业加工综合技术的研究;钢筋预制构件配送、就位、连接的施工方法及质量验收方法的研究;钢筋专业加工配送的工程应用及经济效应分析。

八、混凝土构件计算方法的改进完善

1. 受压构件承载力的研究

改用实际值计算后,受压构件承载力和破坏形态的变化;改用实际值计算对界限配筋的机理及承载力的校准;受压构件自身挠曲二阶效应($P-\delta$)计算方法的探讨。

2. 混凝土抗剪强度机理的探讨

混凝土受剪机理及抗剪强度的合理取值(抗拉、抗压或其几何平均值);混凝土抗剪强度对受剪承载力计算的影响;受剪桁架模型的探讨及计算方法;剪摩擦机理及对受剪承载力的影响;抗剪(线性杆件)及冲切(平面构

件)承载力计算统一表达的探讨;剪跨比的意义及对受剪破坏形态及承载力的影响。

3. 混凝土复合受力条件下的抗力

在压(拉)、弯、剪、扭)复合受力条件下混凝土的抗力;各种内力复合情况下混凝土抗力的椭圆屈服轨规律;复合受力下混凝土破坏形态转换的规律及临界条件计算。

4. 受弯构件裂缝控制计算的探讨

高强钢筋配筋构件在高应力下的裂缝形态、裂缝宽度规律的试验研究;裂缝形态及宽度对正常使用及耐久性影响的试验研究;保护层中网片钢筋对裂缝控制及耐久性的影响;高强钢筋配筋构件变形-挠度的试验研究;高应力状态下构件裂缝、挠度退化的长期性能。

九、构造措施的改进完善

1. 混凝土结构间接裂缝的研究

混凝土结构间接裂缝的调查、统计、分析;间接作用、约束应力及间接裂缝控制的计算;防治间接裂缝综合措施的研究;控制缝(引导缝)的机理、构造措施及工程应用。

2. 控制锚固-搭接长度的研究

影响钢筋锚固性能因素的分析及减短锚固-搭接长度的措施;厚保护层及侧压有利因素利用的探讨;钢筋机械锚固机理的研究及锚固长度的控制;钢筋搭接长度控制的研究。

3. 钢筋机械连接性能及工程应用的研究

各种机械连接形式传力性能(强度、割线模量、抗震性能、破坏形态)的试验研究;各种机械连接形式对构件受力性能的影响及比较;各种连接形式应用的控制及构造措施。

4. 钢筋最小配筋率的研究

受拉钢筋最小配筋率机理(开裂即屈服)的试验研究;受压钢筋最小配筋率机理(开裂即压溃)的试验研究;高强钢筋的最小配筋率;最小配筋率构件的抗震性能;超厚构件最小配筋控制的试验研究。

5. 框架节段配筋构造措施的试验研究

框架中层边节段梁筋锚固设计简化的试

验研究;框架顶层边节段(角节段)梁-柱钢筋搭接-锚固设计简化的试验研究;框架中层中节段梁筋锚固的试验研究及设计简化;框架节段周边箍筋加密区抗力的实验研究;

6. 低层-多层混凝土墙体结构的研究

低层-多层混凝土墙体结构受力性能(承载力、刚度-变形、裂缝)的试验研究;低层-多层墙体结构的计算方法及构造措施;低层-多层墙体结构与高层剪力墙的过渡及衔接;低层-多层墙体结构的工程应用及经济分析。

十、各种形式结构的研究及开发

1. 装配式结构的研究及应用

装配式结构的结构分析方法;装配节段传力性能对结构分析影响的研究;预制构件各种

受力工况的探讨及设计方法;装配节段受力性能(承载力、变形-刚度、裂缝)的实验研究及设计方法;预制板及装配式楼盖连接构造措施的试验研究及设计方法;预制梁-柱-杆类构件连接构造措施的抗震性能试验研究及设计方法;预制墙体构件连接构造措施的抗震性能试验研究及设计方法;内埋式吊装件及吊装孔的设计及工程应用。

2. 叠合式结构的研究及应用

叠合板侧边钢筋连接传力性能及整体式拼缝的试验研究;双向叠合板楼盖的试验研究及工程应用;预制夹心墙模板的生产工艺、连接构造、后浇混凝土施工及结构性能的实验研究;预制空心柱模板的生产工艺、连接构造、后浇混凝土施工及结构性能的实验研究;竖向叠合结构构件整体受力、内力分配及抗震性能的试验研究;叠合结构工程应用的研究。

3. 板柱结构的研究及应用

板柱结构加强抗侧力性能结构布置方案的探讨;板柱节点受力性能(冲切承载力、抗震性能)的试验研究;板柱节点的抗震设计计算方法及构造措施;板柱结构的工程应用及经济效益分析。

4. 各种空心结构的开发应用

各种空心构件成型(预制构件或现浇结构)工艺方法的探讨;现浇空心楼盖的设计方法;空心墙-柱结构受力性能的实验研究;各种空心结构工程应用的研究;各种空心结构经济效益的分析。

5. 多功能构件的研究及开发

节能-保温-防水-装饰-结构一体化多功能混凝土构件的研究与开发;多功能构件的综合性能设计、制作工艺、装配连接、整体成型或原位施工方法的研究;清水混凝土结构施工工法的研究;多功能构件的工程应用、节能效果、经济效益。

十一、混凝土结构工程验收的探讨

1. 工程质量实际状况的调查

我国混凝土结构工程质量实际状况的调查;结构工程尺寸偏差的调查、统计、分析和质量分布的概率模型;外观质量的定义,调查、统计、分析和质量分布的概率模型。

2. 工程质量验收方法的探讨

混凝土结构施工质量验收从经验-定性检验,到概率-定量计算的过渡;根据混凝土结构质量分布及风险控制的要求,确定适当的检验模式;确定各种检验项目的检查-验收方式(检验批、抽样比例、合格指标、再检条件……)。

3. 施工质量验收方法的科学化

满足设计要求可靠度的由概率理论确定的抽样检查模式及验收方法;减少误判、错判,降低抽样检验偶然性的讨论;让步验收及可靠度的校准;工程试点应用及改进抽样验收方法的实际效果。

十二、结构试验研究方式的改进

1. 试验形式由构件到结构的过渡

理想化单个构件试验模拟结构体系的受力状态及规律的局限性;试验结果往往与结构分析的结果不符;改变试验方式,以结构组件或结构体系的方式进行试验研究的必

要性。

2. 加强连接构造的研究

混凝土结构构件间连接构造的复杂性对结构整体受力的重要影响;加强构件之间连接构造研究的迫切性;缩尺模型试验只能作定性探讨而难以确定构造措施;应以足尺(或大比例)试件进行试验以反映连接的效果。

3. 重视结构的后期超加载试验

传统试验以钢筋屈服和混凝土破碎为“破坏”(实际为截面屈服)的局限性;应加强结构抗灾(防倒塌)性能的试验研究;探讨混凝土结构后期超加载破坏形态—钢筋断裂、混凝土压溃的规律;探讨结构构件大变形、倾覆、压溃、断裂等发展过程、破坏形态以及对结构解体和倒塌的影响。

4. 开展结构原位加载试验

在结构上进行原位加载比实验室试验更符合实际情况;原位加载试验的结果往往与传统理论(基本假定、计算简图)差别很大;应结合计算机分析开展结构原位加载试验的深入探讨,提高原位加载试验的水平。

5. 提高试验分析的水平

摒弃依靠大量堆砌试验数据而寻求规律的“原始”做法;提倡先分析后试验-多分析少试验;控制试验数量,提高试验水平;基本假定应有可靠依据,机理分析必须深入透彻;解释基本概念比单纯寻求定量规律更重要;应充分利用前人已有成果和国外资料,避免盲目低水平重复;提倡运用有限元、混凝土力学、计算机等有效分析手段,提高试验分析质量。

十三、混凝土结构理论发展的总结及指导

1. 抢救早期混凝土结构试验研究资料

早期另星试验研究资料的收集、抢救;“文革”后六批规范科研课题资料的收集、抢救;前辈学者专题研究回忆录的撰写、抢救;抢救资料按专题、年代进行整理、分类、编目、存档,输入计算机,建立专门的资料室。

2. 建立混凝土结构研究信息中心

以上述资料室为基础,建立混凝土结构信息中心;信息中心继续抢救早期研究资料,并与时俱进随时补充有关内容;按专题整理混凝土结构理论发展、演变的过程;信息中心应向后继学者开放,提供学习和研究的便利。

3. 混凝土结构试验研究的引导

深入研究、探讨本学科各专题发展、演变过程中的存在问题;以此为基础提出相应的研究课题及研究方案;列出混凝土结构理论中有待解决的问题;引导本学科原创性的试验研究;避免盲目、无效低水平的重复工作。

4. 建议扩大科研成果发表的窗口

目前有关混凝土结构的论文占土木工程专业类论文的四成以上;我国尚无混凝土结构类的专业刊物;广大青年学者苦于科研成果发表的窗口太小;建议申请建立“混凝土结构”的专业刊物;可以挂靠在有实力的学术组织或单位;努力扩大影响,实现经济自负盈亏。

十四、科学研究中的作风问题

1. 坚持科学研究的原创性

提倡科学研究的原创性;鼓励开拓性的实验研究;鼓励深入的探索性研究;科研成果必须具有“新意”;应尊重具有创新思维的成果;不同的学术意见可以争鸣、讨论;不能苛求创新思维完美无缺,应允许逐渐改进、完善。

2. 减少低水平的科学研究

杜绝抄袭和变相抄袭的不道德行为;摒弃窃取公有知识垄断专利、标准的行为;杜绝低水平的重复性研究;摒弃没有明确目标的功利性论文;摒弃根据任意假定推导而得出的似是而非的结论;摒弃没有理论意义及工程价值的研究。

3. 加强基础理论研究培养接班人

基础理论研究难度大、无效益,已呈明显减缓趋势;基础研究停滞对学术发展后劲的不利影响;鼓励年轻学者坚持一定方向的长期基础理论研究,培养本学科的学术带头人;

解决基础理论研究周期长、无效益的具体困难;市场经济条件下基础理论研究方式的探讨。

4. 提高工程应用研究的水平

工程应用研究增多但目标局限,多数未能深入;高校和科研单位应走出试验室,参与结构原位加载试验;应制定更深入的研究方案,在解决工程问题同时探讨新规律,提出新问题;提高工程试验研究的分析水平;积累有关的资料,为学术发展提供条件。

5. 提倡深入浅出的成果表达

试验研究必须深入,成果表达必须浅出;摒弃将简单问题复杂化的不良倾向;杜绝故弄玄虚以费解表达掩盖低水平成果的做法;科研论文应逻辑清晰、文字通顺、简洁明快、表达规范(术语、符号);工科院校应设置“现代汉语”课程,提高学生的字作能力和文字质量。

6. 纠正科研的功利性

科研是对未知领域的探索,结果不一定能够实现既定目标;应尊重试验研究得出的客观规律;避免急功近利地苛求研究人员按计划完成既定目标;纠正科研的功利性,实事求是地反映研究现象及规律;如有充分理由,应该允许调整科研计划和原定目标;发现新的现象和规律也是有价值的成果,这是学科继续发展的基础;强调科研道德,杜绝缺乏诚信的造假不正当行为。

7. 提倡争鸣讨论促进学术进步

避免权威、领导意志下“一言堂”的沉闷状态;在学术会议、刊物杂志上提倡不同观点的争鸣;不轻易判别对错,通过争论能够深化认识,这就是成果;不要匆忙下结论,让读者自行分析判断,汲取各方的有益成分,得到提高;希望真正形成本学科“百家争鸣”的活跃氛围。

十五、结束语

我国混凝土结构理论从无到有逐渐丰富完善,完全仰仗独立自主的科研试验及工程

实践。

目前我国大规模基建急需混凝土结构理论的持续发展,已经提出了大量有待解决的问题。

应该转变科研试验的形式,调整市场经

济条件下的研究方式,同时强调科研作风的建议。

本文观点及建议仅为个人不成熟的一得之见,仅供同行参考,不确之处敬请批评指正。

大跨双向钢-混凝土组合楼盖设计与应用

聂建国¹, 丁 然¹

(1. 清华大学土木工程系土木工程安全与耐久教育部重点实验室, 北京 100084)

摘 要:某工程屋盖为一个短向 28.2m、长向 42m 的大跨度楼盖, 中间区域无柱支撑。采用双向钢-混凝土组合楼盖方案, 梁高 1.5m(含楼板厚度), 跨高比为 19:1。采用钢套筒节点方案解决组合梁与周边钢筋混凝土柱的连接问题。利用有限元软件 Midas 对楼盖的挠度和舒适度进行了验算, 并给出了钢梁反拱、临时支撑等施工措施。最后与预应力混凝土楼盖、空心板密肋楼盖方案进行对比, 说明双向钢-混凝土组合楼盖方案具有降低梁高、减轻自重的优势。本文对同类大跨楼盖工程具有实用的借鉴价值。

关键词: 双向钢-混凝土组合楼盖; 钢套筒节点; 大跨楼盖; 振动舒适度

中图分类号: TU318 **文献标示码:** A

Design and application of long-span two-way steel-concrete composite floors

NIE Jian-guo¹, DING Ran¹

(1. Key Laboratory of Civil Engineering Safety and Durability of China Education Ministry, Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084, China)

Abstract: The roof of an engineering project is a 42m x 28.2m long-span floor without any columns inside. The two-way steel-concrete composite floor is proposed. The height of the beam is 1.5m including the thickness of floor and the span-to-height ratio is 19. To solve the problem of composite beam-reinforced concrete column joint, the proposal of steel sleeve joint is offered. The deflection and vibration serviceability are checked using finite element software Midas and the construction measurements such as inverted arch of steel beams and temporary supports are proposed. Finally, the two-way steel-concrete composite floor is compared with prestressed concrete floor and multi-ribbed concrete floor with hollow slabs to demonstrate its advantage in reducing beam height and self-weight. This paper provides a practical reference for similar long-span floors.

Key words: Two-way steel-concrete composite floor; Steel sleeve joint; Long-span floor; Vibration serviceability

实际工程中, 由于功能需求经常需要使用大跨楼屋盖, 传统钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构由于跨高比小、自重大往往较难解决此类问题。而钢-混凝土组合结构由于其承载力高、刚度大、构件截面尺寸小、施工方便等优势^[1], 在解决大跨楼屋盖方面具有明显的优势。近年来在多项工程中得到了广

泛应用, 如武昌火车站^[2]、滨州会展中心^[1]、深圳华润中心^[3]、万轩综合楼^[4]和吴江大厦^[5]等。

本文详细介绍了某大跨屋盖的设计方案与结果, 对关键混合节点的设计给出详细方案。对钢-混凝土组合楼盖设计中较为关心的刚度与舒适度问题进行了讨论分析, 给出

作者简介: 聂建国(1958—), 男, 教授, 博士生导师, email: niejg@mail. tsinghua. edu. cn;

丁 然(1988—), 男, 博士研究生。

了施工过程中的几个关键问题的解决方案。同时与预应力混凝土楼盖、空心板密肋楼盖方案进行对比,说明钢-混凝土组合楼盖方案的优势。为解决大跨度楼盖设计提供了实用的参考价值。

1 工程概况

某工程屋盖为一个短向 28.2m、长向 42m 的大跨度楼盖(该尺寸为屋盖柱网中轴线之间的距离),中间区域无柱支撑。周边为钢筋混凝土柱与钢筋混凝土圈梁。屋面恒载 4kN/m^2 ,活载为 2kN/m^2 。

采用钢-混凝土组合楼盖方案,同时考虑到双向组合楼盖两侧传力较为均匀,并易于实现梁端铰接,传至周边混凝土梁的荷载比单向楼盖方案小,减小混凝土梁扭矩并减小柱弯矩,故最终选择简支双向组合楼盖方案。同时在每个区格内布置次梁,类似于单向楼盖方案,故总体方案称之为“大双向、小单向”。楼盖结构布置图如图 1 所示。其中 CL 表示次梁,跨度 8.4m;HZL 表示横向主梁,跨度 42m;ZZL 表示纵向主梁,跨度 28.2m。

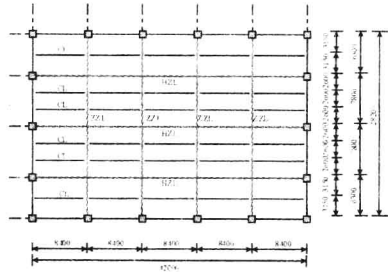


图 1 楼盖结构布置方案

2 楼盖与节点设计

图 1 所示方案为空间交叉钢-混凝土组合梁板系楼盖,为考虑其空间共同工作作用,运用有限元程序 Midas 进行计算。采用交叉梁模型,即把交叉汇编梁系楼盖简化成交叉汇编梁结构,仅考虑有效翼缘宽度内混凝土板对楼盖的贡献。根据实际结构中梁的布置建模,各梁交叉点的连接关系采用刚接,钢梁端部与梁、柱的连接采用铰接,最外侧一周混

凝土梁与柱固接。这样可以求得梁截面内力,进行组合梁设计。求得各组合梁内力值后,根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)^[6]中组合梁承载力计算方法设计组合梁。

设计结果如图 2 所示,钢材为 Q345。混凝土板厚 120mm,标号为 C30。ZZL 的高跨比为 1/19, HZL 的高跨比为 1/28,平均用钢量为 151kg/m^2 。

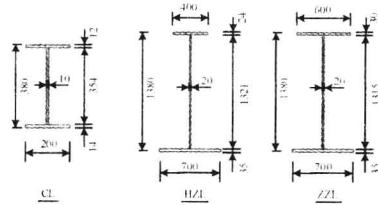


图 2 主要构件截面

该方案中由于整体设计要求,周边柱采用钢筋混凝土柱,周边圈梁采用钢筋混凝土梁,故存在钢-混凝土组合梁与钢筋混凝土梁、柱连接的混合节点问题。

采用钢套筒节点解决组合梁与钢筋混凝土柱的连接问题。如图 3(a)所示,在节点区域范围的柱外侧设置钢套筒,通过栓钉与柱连接,钢梁腹板通过与方钢管外伸牛腿的腹板以高强螺栓连接,实现铰接。如图 3(b)所示,柱两侧钢筋混凝土梁通过钢套筒内伸出的钢牛腿与柱连接。梁内纵筋与牛腿翼缘焊接。牛腿腹板深入套筒内,并在端部设置一道翼缘,加强节点抗剪能力并具有抗拔作用。钢套筒内设置三道内隔板传递弯矩。

采用如图 4 所示的内嵌钢板方案解决钢-混凝土组合梁(次梁)与钢筋混凝土主梁铰接的问题。在混凝土梁外侧包钢板并通过栓钉加强连接,次梁与钢牛腿通过高强螺栓实现铰接。牛腿腹板伸入混凝土梁内并在端部设一翼缘加强连接,既可增强抗剪能力又可抗拔。