

增强混凝土的方法与力学原理综述^{*}

荀 勇

(盐城工学院 建筑工程系 江苏 盐城 224003)

摘 要 混凝土是一种抗拉强度和延性都较差的脆性材料,人们在广泛使用它的同时,不断地研究和探讨改善其性能的方法。复合材料法是人们采用的主要方法,首先是钢筋和混凝土的复合,产生了钢筋混凝土结构学;其次是纤维和混凝土的复合,形成了纤维混凝土学科。近年来,部分欧美科学家正在掀起用新型纺织品增强混凝土的研究热潮。简要回顾钢筋混凝土和纤维混凝土学科的主要内容,综述近年来国外织物增强混凝土方面的研究状况。

关键词 钢筋混凝土;纤维混凝土;织物混凝土;复合材料;力学原理

中图分类号 TU528.37

文献标识码 A

文章编号 1671-532X(2003)04-0001-05

自然界为人类提供了许多可以利用的建筑材料。然而,每一种材料既具有某些优点,同时又具有某些缺点。在实际工程中,常常会遇到同时需要利用某种材料优点和避免这种材料缺点的情况。为了解决这个问题,人们发明了各种方法,如:石砌体可以抗压,但抗拉能力差。人们发明了石拱桥,使本来承受弯拉的梁变成了主要承受压力的拱。又比如,木材轻而且韧性好,但它易被虫蚀,于是人们在木材表面涂上防护油。

人们使用材料不仅要考虑材料的优缺点,而且自然会考虑到材料的来源是否广泛,取材是否方便,即经济问题。现在人们已经认识到经济和耐久是必须同时考虑的,如果使用耐久性能差的材料,维修费会使本来经济的材料变得贵起来,由于维修而影响正常使用带来的经济损失更加不可估量。自然界不存在只有优点没有缺点,同时又经济耐久的建筑材料,但以此为目的,通过人工手段复合而成的建筑材料有可能达到完美的程度。

人们在混凝土中加入各种材料和混凝土复合正是为了达到这个目的。除加入各种化学外加剂之外,增强混凝土的常用材料有:钢筋、钢丝、钢绞线、型钢、钢板,各种有机无机平直异形的短纤维,有机无机的定向连续纤维粗纱等。近年来,欧美

国家部分科学家又开始了一种新的增强混凝土方法的研究——织物增强混凝土。

图 1 展示了钢筋混凝土、纤维混凝土、织物混凝土构件断面,图 2 展示了钢与混凝土、织物与混凝土、织物与塑料的复合和应用。图 1 和图 2 并没有展示出它们的全貌,例如织物增强塑料不仅应用于汽车工业,而且更多的应用于航天航空工业。本文在回顾以往增强混凝土所采用主要方法和力学原理的基础上,着重介绍近年来,国外在织物增强混凝土方面的研究概况并简述笔者在这方面所做的部分工作。

1 钢筋混凝土的方法与原理

混凝土是一种人造石材,抗压强度大而抗拉强度低,但在性能和工艺上,它可以实现和钢筋复合。100 多年来,钢筋混凝土复合材料已经在土木工程各个领域得到了应用,特别是预应力钢筋混凝土技术的发明,使钢筋与混凝土之间结合得更加紧密合理。目前,钢筋在混凝土中的配置方式和配置数量的研究已经遍及土木工程各个领域,形成了一门内容丰富的钢筋混凝土学。尽管如此,现代钢筋混凝土计算力学的发展史也只有 30 年左右^[1]。

^{*} 收稿日期 2003-06-05

基金项目 国家自然科学基金资助项目(50378018)

作者简介:荀 勇(1964-)男,江苏滨海县人,盐城工学院内聘教授,东南大学在读博士研究生。

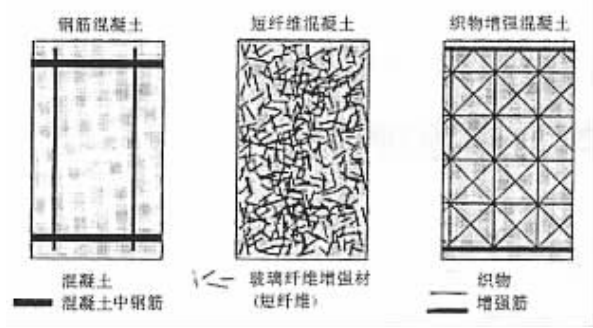


图 1 钢筋混凝土 , 纤维混凝土 , 织物混凝土构件断面示意图

Fig.1 The cross sectional drawing of the member in reinforced concrete , fiber reinforced concrete , textile reinforced concrete

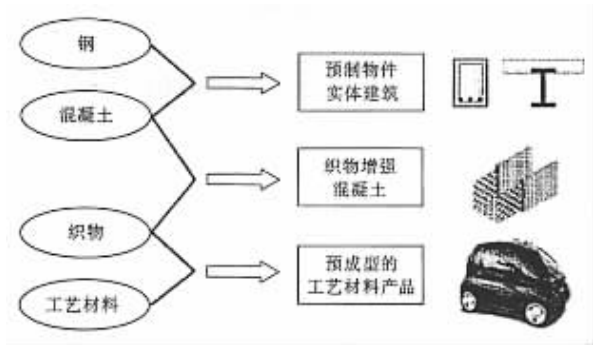


图 2 钢与混凝土 织物与混凝土 织物与塑料

Fig.2 Steel and concrete , Textile and concrete , Textile and plastic

1.1 混凝土的非线性本构关系

1964 年 Saenz 提出混凝土在单轴压缩下的应力应变关系式和 Kupfer 等取得的混凝土在双轴应力状态下的试验研究成果是这一问题的基础。目前人们已经提出了许多双轴应力下的本构关系方程、对应力应变曲线下降段、反复荷载和动荷载的影响等问题也做了大量的工作。混凝土三轴应力下的本构关系研究也取得了一定成绩。

1.2 混凝土中裂缝的形成和扩展

钢筋混凝土构件在受荷过程中表现出非线性特征的主要原因是混凝土逐步开裂。断裂损伤理论在混凝土裂缝形成和扩展过程分析中的应用研究虽然取得了大量的成果 ,但是要达到微观和宏观的统一还有待更加深入的研究。

1.3 钢筋与混凝土之间的相互作用(粘接滑移理论)

钢筋能够和混凝土复合的主要原因之一是钢筋和混凝土之间可靠的粘接。然而影响它的因素较多 ,它对构件裂缝开展影响也很大。因此它目

前仍然是国内外结构工程研究热点之一。

1.4 骨料咬合及主钢筋的梢合作用

该方面的研究不够成熟 ,因此影响了钢筋混凝土构件剪切性能的研究。弯剪在构件受荷过程中同时存在 ,并且相互影响 ,因此 ,在构件分析中 ,更加准确地考虑该因素是完全必要的。

1.5 时间效应

在混凝土本构关系中 ,应当考虑时间座标的存在 ,随着时间的变化 ,混凝土收缩徐变的影响不可勿视。

上述 5 个方面是开展钢筋混凝土结构有限元分析的基础。在研究上述 5 个问题的同时 ,1967 年 Ngo 和 Scordelis 对钢筋混凝土梁进行了有限元分析 ,标志着该领域研究的开始。最初使用的粘接单元模型见图 3。为使分析更加准确 ,过程更加简化 ,人们研究了各种计算单元的划分方法和尽可能减少计算机内存的数学手段。湖南大学沈蒲生教授在 20 世纪 80 年代就开始了用于大型复杂结构的子结构法或称大单元法的研究^[2]。如对框架剪力墙体系 ,假设整个梁和柱是弹性单元 ,将这些构件原有的非线性性能反映在连接单元或称非线性弹簧中 ,而墙体视为二维节间单元 ,与结构的其它部分用位于结点处的非线性连接单元连接。连接单元的应力应变关系再通过局部有限单元确定。

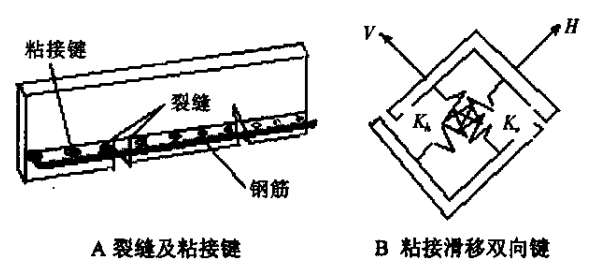


图 3 最初的钢筋混凝土梁有限单元分析中连接键

Fig.3 Initial connected keys in finite element analysis of reinforced concrete beam

钢筋混凝土结构非线性有限元分析在人们研究和分析大型复杂结构中发挥着越来越重要的作用。目前 ,供设计单位使用的钢筋混凝土结构设计软件(如 PKPM)已经具备了非线性有限元分析的功能。然而 ,这方面的研究还在继续进行着 ,笔者在这方面也开展了一些工作^[3-6]。

2 纤维混凝土的方法与原理

钢筋混凝土已经代替了原始森林包围了人类,但这并不意味着它是一种完美的建筑材料。纤维增强混凝土技术作为改善混凝土性能的手段,它可以使钢筋混凝土的抗裂度、变形、延性以及抗动荷载能力大大提高。近20多年来,纤维混凝土技术发展很快,它的应用领域已经扩展到建筑、交通、水利、矿山、冶金、军事、耐火材料等各个方面。在工程实践中常用的纤维有:石棉纤维、植物纤维、玻璃纤维、尼龙纤维、高密度聚乙烯纤维、聚丙烯纤维、维尼纶纤维、丙纶纤维、晴纶纤维、碳纤维、开夫拉纤维、及钢纤维等。现有的纤维增强混凝土复合材料理论是在纤维增强塑料和纤维增强金属的理论基础上发展起来的。由于混凝土组成和缺陷的复杂性,使纤维增强混凝土理论相对来说不够成熟。最初的理论也是目前依然广泛应用的理论:复合材料理论和纤维间距理论。最早将复合材料理论运用于纤维混凝土的是英国的 R. N. Swamy 和 P. S. Mangat,美国的 A. E. Naaman 和 D. C. Hannant。

2.1 复合理论

其基本假定如下:纤维连续均匀平行排列,并与受力方向一致;纤维与基体粘接完好,即二者之间无相对滑动;纤维与基体均呈弹性变形,并且横向变形相等。如图4所示,外力沿连续纤维方向时,复合材料中应力 f_c :

$$f_c = f_f v_f + f_m v_m = f_f v_f + f_m (1 - v_f)$$

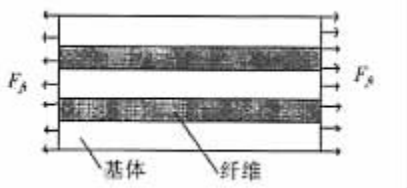


图4 纤维复合材料受力简图

Fig.4 The sketch of forces in fiber reinforced composites

复合材料的弹性模量可通过微分方程得到:

$$\frac{df_c}{d\epsilon_c} = \frac{\partial (f_f v_f)}{\partial f_f} \frac{df_f}{d\epsilon_c} + \frac{\partial (f_f v_f)}{\partial v_f} \frac{dv_f}{d\epsilon_c} + \frac{\partial (f_m v_m)}{\partial f_m} \frac{df_m}{d\epsilon_c} + \frac{\partial (f_m v_m)}{\partial v_m} \frac{dv_m}{d\epsilon_c} = v_f \frac{df_f}{d\epsilon_c} + f_f \frac{dv_f}{d\epsilon_c} + v_m \frac{df_m}{d\epsilon_c} + f_m \frac{dv_m}{d\epsilon_c}$$

由于 $\frac{dv_f}{d\epsilon_c} = 0$, $\frac{dv_m}{d\epsilon_c} = 0$, $d\epsilon_c = d\epsilon_f = d\epsilon_m$

故 $E_c = \frac{f_c}{\epsilon_c} = \frac{f_f v_f + f_m v_m}{\epsilon_c} = E_f v_f + E_m (1 - v_f)$

物理量注释略,其中 $V_f + V_m = 1$ 。

对于单向不连续纤维来说,还必须考虑到纤维在开裂面两侧的埋入长度的随机分布问题;对于乱向不连续纤维来说,还必须进一步考虑影响纤维增强效果的方向性问题。

2.2 纤维间距理论

纤维间距理论是建立在断裂力学基础上的理论,该理论认为:在复合材料形成和破坏的过程中,纤维的加入可以有效地提高复合材料受力前后阻止裂缝引发与扩展的能力,达到纤维对混凝土增强与增韧的目的。简单地,可以表示为:

$$K_T = K_\sigma - K_f \quad K_T \leq K_{lc}$$

式中 K_T 为复合材料强度因子; K_σ 、 K_f 分别为外力作用下无纤维时应力强度因子和因纤维掺入产生相反的强度因子; K_{lc} 为临界应力强度因子。

当 $K_T \geq K_{lc}$ 时,材料则发生断裂破坏。将上式展开,式中出现纤维平均间距参数,进而可推出纤维间距和断裂破坏的关系。

除上述两条基本理论之外,国内外学者在这方面还做了大量的研究,其中东南大学孙伟教授在纤维混凝土界面粘接的微观结构与宏观行为关系方面的研究取得了国内外公认的成绩^[7]。目前,国内关于乱向短钢纤维混凝土方面的研究已经在“材料与工艺特性”、“增强机理”、“基本性能”、“结构构件的强度与计算”、“复杂应力下的特性”、“结构设计原理”、“抗震应用”、“叠合梁”、“路面、桥面、机场跑道”、“轨枕”、“预制桩”、“喷射工艺”、“市政构件”等多方面展开^[8-9],笔者在这方面也进行了一些研究^[10-14]。

无论在国内还是国外,都有工程师会问:“纤维能否代替钢筋?”。回答是:“纤维可以代替部分钢筋,并且做出钢筋在某些情况下做不到的事。但是这种乱向短纤维在定向增强复合材料的抗拉能力方面远不如钢筋”。因此,在梁柱等构件中的纤维是对钢筋作用的补充,而不是取代。近年来,国内外学者开始了纤维增强树脂筋(FRP)和碳纤维布(CFRP)加固混凝土结构方面的研究,在不考虑其造价的情况下,它可以取代钢筋和钢板。而我们将要介绍的织物增强混凝土在有耐久性要求的情况下也可以取代钢筋制作薄板等构件。

3 织物增强混凝土研究综述

所谓织物是指将连续纤维粗纱通过纺织技术

加工成的平面或立体织物,织物结构必须有利于受力和粘接,粗纱间距应当大于骨料粒径。用这种织物增强混凝土(通常是细骨料混凝土)的方法称为织物增强混凝土。织物是根据需要经纺织技术织造而成的,粗纱可以看成连续纤维的排列组合。因此,织物是纤维的高级形式,织物增强混凝土是纤维增强混凝土的发展和进步,但它又有着自身的成型方法、力学性能和应用领域。欧美国家部分科学家成立的织物增强混凝土协会(<http://www.rilem.ens-cachan.fr>)标志着该领域的存在和开始。在德国研究联合会 DFG 资助下,亚深工业技术大学(<http://sfb532.rwth-aachen.de>)和德理斯顿工业技术大学(<http://www.tu-dresden.de/biwitb/sfb528>)所做的工作,标志着人类已经在该领域走出了第一步。之后,以色列人 Alva Peled 和 Arnon Bentur 对各种织物在混凝土中的粘接性能做了基础性的试验研究工作。

织物增强混凝土薄板(如图 5)的研究是该领

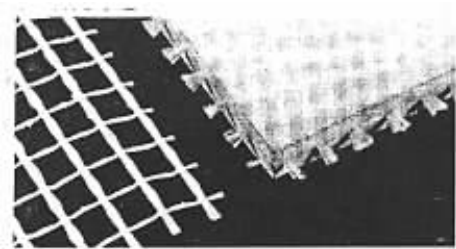


图 5 织物增强混凝土薄板示意图

Fig.5 The textile reinforced concrete sheet

域中重要方面之一,用于增强混凝土的织物产品主要是指用耐碱玻璃纤维粗纱或碳纤维粗纱等通过纺织技术织造而成的网格状产品。其中经纬向双层缝编织物的应用较为广泛。由于碳纤维和玻璃纤维的价格和性能不同,因此,它们织物的应用领域也略有差异。碳纤维以其非常高的弹性模量和强度而著名,通常它的刚度和强度高于高质量的预应力钢。在结构加固方面,这种高刚度的性能是特别受欢迎的,而碳纤维的高强度,在没有预应力的情况下,通常不能充分发挥作用。相比之下,虽然耐碱玻璃纤维弹性模量较小,但是相对价格较低,因此在新建建筑应用中,显得比较有吸引力。预应力碳纤维织物增强混凝土薄板的研究是织物增强混凝土薄板研究的进步和深入。如前所述,当采用高性能织物增强混凝土制作薄板时,采用预拉伸织物使混凝土在受荷前先受压的方法能够更好地发挥高性能织物的作用,提高薄板的抗

裂性能和抗渗性能,有效地阻止腐蚀性气体和液体渗入薄板。因此,可以认为,预应力织物增强混凝土薄板比非预应力织物增强混凝土薄板技术上更加先进。对预应力高性能织物增强混凝土薄板的分析设计理论研究必然引发它在结构工程领域内更加广泛的应用研究。比如,结构全过程设计的研究工作已经在结构损伤分析、结构的耐久性、结构的抗灾性能等方面展开,然而什么样的结构形式是符合结构全过程设计要求的优化的结构形式,和历史上预应力钢筋混凝土结构等优秀的结构形式一样,这种新型的优化的结构形式必将和它所处的时代的新材料有着密切的关系。理想中的预应力高性能织物增强混凝土薄型模板叠合钢筋混凝土结构正具备了这一特征,可以预见,随着该领域研究工作的深入,这种新型结构将可能被人们研究接受和推广。再比如,国内学者在钢丝网增强水泥混凝土方面的研究方法是值得学习的,但是如果采用碳纤维织物增强混凝土薄板代替钢丝网增强水泥混凝土,用于城市大型排污水管内壁的修补,可能也是值得考虑的方案之一。又比如,预应力钢筋混凝土叠合板不能作为有腐蚀性气体的工业厂房内的楼板,如果采用预应力碳纤维织物增强混凝土薄板叠合板,可能就不会受此限制。2000 年,斯图加特大学(Stuttgart Universitaet)的莱茵哈特教授开始了预应力织物增强混凝土薄板的初步研究工作。他们制作预应力织物增强混凝土薄板的混凝土配合比见表 1。

表 1 混凝土配合比

Table 1 Mix ratio of the concrete			kg/m ³
材	料	含量	
水泥	42.5R	480	
粉煤灰		154	
悬浮态微硅	50% water	82	
细砂	0~0.6 mm	460	
中砂	0.6~1.2 mm	920	
水		170	
超塑化剂		17	

该混凝土的特征指标如表 2。

表 2 混凝土的特征指标

Table 2 Performance parameters of the concrete

混凝土的特征指标		1d	7d	28d
抗压强度	N/mm ²	25	62	75
拉伸强度	N/mm ²	5	9	11.5
收缩	mm/m	—	0.5	0.6

他们制作预应力织物增强混凝土薄板的织物结构如表 3 如示。

薄板在双向预应力装置工作台上制作 , 织物中单向预张拉力 15N/mm ; 薄板尺寸 1 000mm × 1 000 mm × 10mm , 试件按标准尺寸切出。薄板在成形后 24h 拆模 , 然后在 20 ℃ 水中养护 26d , 修剪后 , 在标准条件下养护至试验时的 28d。试验时 , 按照 DIN1 170 , 四点弯折试件尺寸取 300 mm × 60 mm × 10 mm。跨度 :250 mm ; 荷载点 :250/3 mm ; 位移量 2 mm/min。

表 3 织物的特征参数

Table 3 Feature parameters of textile structure	
种 类	AR - Sac
材 料	耐碱玻璃纤维
结 构	双向层状 0/90°
重量(每平方米织物)	500 g
粗纱股	2500 tex
每股粗纱理论面积	约 0.9 mm ²
网孔尺寸	10 mm
每股粗纱抗拉强度	约 300 N

四点弯折试验的主要试验结果见表 4。

表 4 薄板的四点弯曲试验结果

Table 4 The result of four points bending test on plate				
耐碱玻纤	开裂应力	位移	破坏应力	位移
AR - Glass	N/mm ²	mm	N/mm ²	mm
非预应力	7.1	0.34	14.6	17.9
预应力	7.0	0.41	17.8	12.9

2001 年 9 月起 , 本人参加了斯图加特大学预应力织物增强混凝土薄板的进一步研究工作 (1) 在他们的帮助下(他们给我配了一名中国留学生

参考文献 :

[1] 董毓利. 混凝土非线性力学基础[M]. 北京 : 中国建筑出版社 ,1997.

[2] 沈蒲生. 结构分析的计算机方法[M]. 第 2 版. 长沙 : 湖南科学技术出版社 ,1994.

[3] 荀勇. 单层工业厂房上下结构协同分析[A]. 全国青年土木工程科技工作者计算机应用学术会议论文集[C]. 南京 : 东南大学出版社 ,1991.

[4] 荀勇. 钢筋混凝土框架 - 剪力墙结构空间非线性分析的分层分区刚性楼板法[J]. 盐城工学院学报 ,1997 (3) :36 - 41.

[5] 荀勇. 增设支点加固法预加应力参数讨论[J]. 四川建筑科学研究 ,1998 (1) :12 - 14.

[6] 荀勇. 钢筋混凝土小偏心受压构件计算过程分析[J]. 盐城工学院学报 ,1998 (2) :45 - 47.

[7] 孙伟 ,Mandel J A. 纤维对界面层的影响[J]. 硅酸盐学报 ,1989 (3) :266 - 271.

[8] 沈蒲生 ,黄政宇 ,蔡松柏. 高强钢纤维混凝土初步试验[J]. 工程力学 ,1993 (增刊) :395 - 398.

[9] 蒋永生. 钢纤维高强混凝土在结构中应用研究综述[A]. 第四届全国纤维水泥与纤维混凝土学术会议论文集(南京) ,1992.

[10] 荀勇 ,陈伯望. 纤维桥作用的探讨与验证[J]. 湖南大学学报(自然科学版) ,1996 (8) :112 - 116.

[11] Xun Yong. Approach to Compression Strength Computation of Concrete Containing High Volume Steel Fiber[C]. Asia - Pacific Specialty Conference on Fiber Reinforced Concrete(SINGAPORE) ,AUG/1997 ,113 - 116.

助手杨新 , 并安排一名做硕士论文的德国学生克利丝汀) 开展以中国硫铝酸盐水泥为基体的织物增强混凝土的研究工作 , 在该项工作中 , 主要研究了碱性环境对织物增强混凝土性能的影响和解决了混凝土收缩引起的预应力损失问题^[5]。(2) 和德国的博士刻绿格合作开展了织物在混凝土和预应力混凝土中的粘接性能的研究工作。(3) 在回国前 3 个月得到批准 , 根据自己的兴趣做了织物增强混凝土和预应力织物增强混凝土薄板的研究工作。

4 展望

目前国内在织物增强混凝土领域的研究工作还不够深入 , 开展该领域的研究工作重而道远。根据国外的经验 , 开展该领域的研究工作必须研究现代纺织技术、高性能混凝土以及纤维和基体适应性问题、织物和基体界面问题、织物增强混凝土构件设计和成型方法问题、耐久性测试问题、各种力学性能试验与分析问题等。在研究中 , 应当采用微观和宏观相结合的方法 , 运用化学材料分析、纺织力学、有限元力学分析、断裂损伤力学、以及混凝土学、结构工程学等学科的分析方法和试验手段。因此 , 它是纺织、建材、结构 3 学科及其基础学科的综合性研究项目。需要精心组织和合作才能使项目顺利进展。

开创国内织物增强混凝土研究的新领域意义重大 , 必须坚定不移地做出长期努力 , 从基础研究和应用开发两方面 , 为促进国内相关行业的技术进步做出贡献。

合稳定常数 β 分别为 5.56×10^7 、 1.62×10^{10} 、 1.91×10^8 、 4.85×10^6 。该表面活性剂与金属离子的络合稳定性顺序为 $\text{Ni}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ 。

参考文献：

- [1] 牛金平,董万田,韩向丽.烷基二苯醚双磺酸盐类表面活性剂的多功能性和应用前景[J].日用化学品科学,2002,25(4):17-19.
- [2] 杜巧云,郭金波.一种多功能表面活性剂的合成[J].精细化工,2002,19(增刊):57-59.
- [3] Holmberg K. Polymable surfactants[J]. Progress in organic coatings, 1992, 20: 325-327.
- [4] 朱红军.可分解性表面活性剂的研究进展[J].精细化工,2002,19(增刊):6-10.
- [5] 袁淑军,吕春绪,蔡春.一种席夫碱型表面活性剂的合成及其表面活性[J].精细化工,2002,19(11):626-627,660.
- [6] 袁淑军,蔡春,吕春绪.双亲性席夫碱铜配合物的合成及苯甲醇的催化氧化[J].应用化学,2003,20(3):278-280.
- [7] 罗庆尧,邓延伟,蔡汝秀,等.分光光度分析[M].北京:科学出版社,1998.
- [8] 高吉刚,周杰,盛锋,等.络合物稳定常数及有机试剂纯度的光度法测定[J].分析化学,2002,30(5):594-597.

Study on the Stability of Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} Complex of a New Surfactant with the Schiff Base Structure

YUAN Shu-Jun^{1,2}, YAN Jin-Long¹, CAI Chun², LU Chun-Xu²

(1. Department of chemical engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China; 2. College of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Jiangsu Nanjing 210094, China)

Abstract: The Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} complexes of a new surfactant with the Schiff base structure were formed in borax buffer solution at 25°C, and the stability constants of the complexes were determined by spectrophotometric method. The experiment showed that the new surfactant as the ligand has strong ability to coordinate with metal ions and steadily form complexes. The stability of the complexes has following sequence: $\text{Ni}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$.

Keywords: surfactant; complex; stability constant; spectrophotography

(上接第 5 页)

- [12] 荀勇,沈蒲生.高强混凝土与高含量钢纤维高强混凝土等边三桩承台的试验研究[J].特种结构,1997(10):41-43.
- [13] Xun Yong. Flexure Strength of Concrete(DSP)Containing High Volume Fraction of Steel Fiber[C]. Proceedings of the international Conference on Fiber Reinforced Concrete(GuangDong), NOV/1997, 277-279.
- [14] 荀勇.高含量钢纤维混凝土增强机理研究[A].全国纤维水泥与纤维混凝土学术会议论文集[C].中国铁道出版社(北京),1998(10):68-73.
- [15] Xun Yong, Sun Wei, Reinhardt H W. Sulfo-aluminate cement of China for prestressed textile reinforced concrete in Germany [A]. 3rd Asia-Pacific Specialty Conference on Fiber Reinforced Material(ChangSha)2003, 11.

Summarize on the Mechanics Principle and Methods for Strengthening Concrete

XUN Yong

(Department of Construction Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract: Since concrete is a kind of brittleness material with lower tensile strength and ductility, therefore, people use it extensively, at the same time, study and discuss the method continuously that improves its performance. The law of composite material is the major method that people adopt. First, the complex of reinforcing bar and concrete has produced the reinforced concrete structure subject. Second, the complex of fiber and concrete has formed the fiber reinforced concrete subject. In recent years, some western scientists are raising the research upsurge that strengthens concrete with new textile. This paper looks back the major content of reinforced concrete and fiber reinforced concrete subject briefly, summarizes the abroad research of textile reinforced concrete in recent years.

Keywords: 纤维混凝土; Fiber reinforced concrete; Textile reinforced concrete; Composite materials; Mechanics principle