

聚合物—混凝土材料在水下 建筑物中的应用^①

陈贻研

(水利水电科学研究院·北京)

摘 要: 许多情况下, 水工建筑物无法在无干条件干燥条件下施工, 而有水情况下一般砼材料难以胜任, 单纯用高分子材料也有一定困难; 本文对一类很有发展前途的新型材料—聚合物—砼材料的基本性能及其优越性作了介绍; 结合我们自己研制的潮湿水下环氧树脂和水中分散聚合物改性砼讲述了这类材料中聚合物的作用, 提供了部分性能数据资料, 分析了这种砼的作用机理, 描述了聚合物—砼材料在水下建筑物中的应用, 这类材料可用于浇筑水下砼建筑物, 修补水下建筑物裂缝及伸缩缝, 修补水下砼部件破损及缺陷等方面。

关键词: 聚合物砼, 水下建筑物, 水下砼

中国图书分类号: TV43

聚合物—砼材料是利用水泥砼的制造方法和施工技术与近代迅速发展的高分子材料有效结合而产生的一种新型材料的总称, 其确切名称是混凝土聚合物复合材料。它的特点在于其领域是介于聚合物科学、无机胶结材化学及砼工艺学之间的边缘学科。

世界各国对聚合物—砼材料的兴趣与日俱增, 世界上许多国家已经把聚合物—砼材料广泛应用于工程界, 而把聚合物—砼材料应用于水下建筑物的建造与修补也是它的一个重要应用领域。

1 聚合物—砼材料的特点

聚合物—砼材料可按砼中胶结料的不同分为如下三种形式:

① 聚合物改性水泥砼 (Polymer Modified Cement Concrete) 简称 PMC 或 PCC, 它是以水泥和聚合物为胶结料, 与骨料结合而成砼; 即在水泥砼的组成中加入聚合物, 而且是需要加水的。

② 聚合物砼或树脂砼 (Polymer Concrete) 简称 PC, 其胶结料全部为聚合物, 系统中不加入水, 其硬化过程是单体或低聚物聚合交联固化的过程。

③ 聚合物浸渍砼 (Polymer Impregnated Concrete) 简称 PIC, 是将低粘度的单体、预聚物或聚合物等浸渍到已水化硬化的砼空隙中, 再经过聚合等步骤使水泥砼与聚合物成为一整体。

^① 本工作是在买淑芳高级工程师指导下进行的。

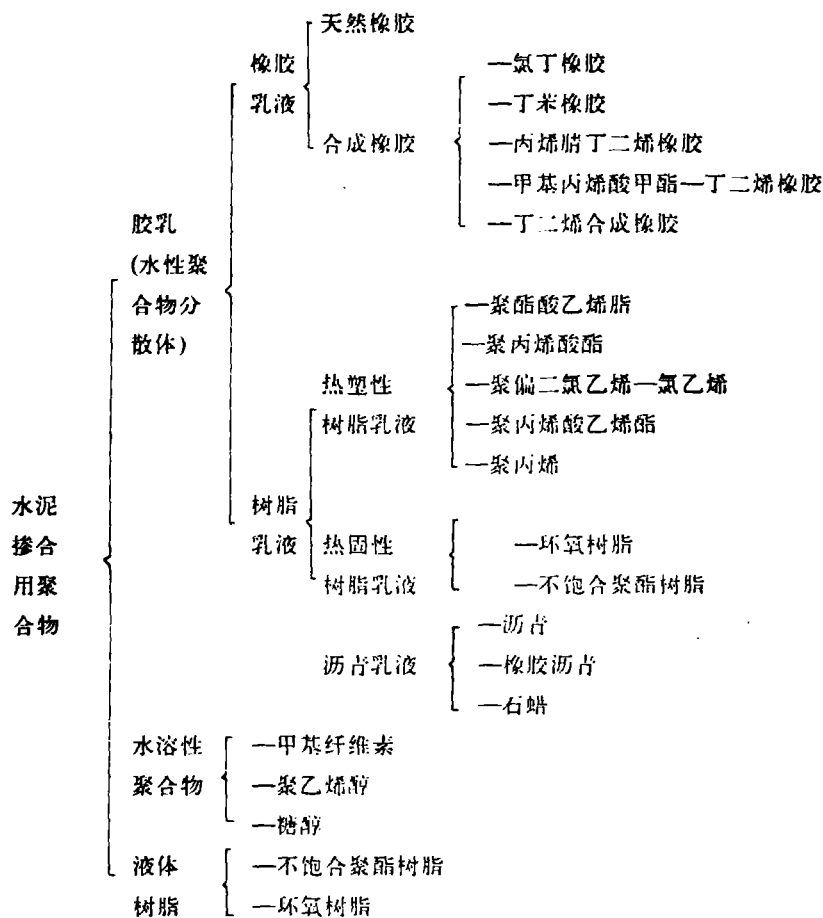


表1 水泥掺合用聚合物材料

制备聚合物—砼复合材料的聚合物品种很多, 表1列出与水泥掺合用的聚合物种类。

人们根据需要选用各种不同的聚合物及其它添加剂对砼材料进行改性, 以得到一类具有优良性能的新型建筑材料。聚合物的加入克服了普通砼材料的缺点, 同时扩大了它的应用范围。表2所示为各种不同类型的聚合物—砼复合材料。

胶结料	骨料	最终材料
水 泥	砾石+砂	普通砼 CC
	纤维增强	纤维增强砼 FRCC
聚合物+水泥	砾石+砂	聚合物水泥砼 PCC
	粉煤灰、硅粉	高强聚合物水泥砼 PCC
	纤维增强	纤维增强聚合物水泥砼 FRPCC
砼 + 单体 / 聚合物		聚合物浸渍砼 PIC
树脂	砾石+矿	聚合物砼 PC

表2 聚合物—砼复合材料

选择聚合物时需遵循如下原则: 1)对水泥的水化和胶结性能无不良影响; 2)在水泥碱性介质中不被水解或破坏; 3)对钢筋无锈蚀作用。

掺加聚合物后的砼材料各项性能指标与普通砼相比均有不同程度的提高, 表3中列出部分对比数据:

聚合物—砼材料与普通砼性能比较

表3

性 能	参比波特点水泥砼	PIC	PC	PCC
抗压强度	1	3—5	1.5—5	1—2
抗拉强度	1	4—5	3—6	2—3
弹性模量	1	1.5—2	0.05—2	0.5—0.75
吸水性	1	0.05—0.10	0.05—0.2	—
冻融循环 循环次数/百分重量损失	700/25	2000—4000/0—2	1500/0—1	—
抗酸性	1	5—10	8—10	1—6
抗腐蚀性	1	2—5	5—10	10

由于这类材料具有普通砼无法比拟的优点, 它被成功地应用于路面铺筑, 机场路道的修补, 砼管、隧道衬砌, 矿井支柱, 堤坝面层, 溢洪道的保护层及各种装饰性构件等方面。研究适用于水下施工和补强、防渗处理的聚合物—砼材料不仅有重要的学术价值, 而且有较显著的社会效益和经济效益。

2 聚合物—砼材料在水下建筑物中的应用

我国兴建了许多水工砼建筑物, 由于施工质量问题, 运行条件的影响及管理中的存在的问题, 使为数不少的建筑物存在不同程度的病害, 有些已严重危及工程的安全运行。如丰满水电站, 系日伪时期在松花江上建造的, 已运行五十余年, 多年来坝体严重渗漏, 目前尚缺乏理想的水下坝面修复材料和技术进行防护处理, 又如西北地区的盐锅峡水电站, 砼建筑物被硫酸盐侵蚀程度很深, 刘家峡电站泄洪洞存在严重的冲蚀问题, 需经常进行维修……在许多情况下, 要使长期运行的水工建筑物在无水干燥条件下施工是不可能的。对这样的工程问题, 用一般的砼材料难以完全解决问题, 而采用高分子材料也有一定困难。如不饱和聚酯, 室温冷硫化橡胶及一般环氧树脂, 不能在高潮湿(相对湿度80—100%)或水中使用。常规固化环氧树脂的固化剂, 多是脂肪族胺类, 由于其易挥发及易溶于水, 在高温或水中不能很好地固化环氧树脂。因此, 进行水下应用的聚合物—砼复合材料的研究便具有十分重要的意义。

在把聚合物材料与砼复合使用及解决砼建筑物水下修复方面我们已经做了一些研究工作并取得了一定的成果。

2.1 潮湿水下环氧树脂砂浆

我们所研制的环氧树脂固化剂是一种有机物—金属复合材料, 外观为棕色油状液体,

能在潮湿或水下固化环氧树脂, 用液固化剂制备的环氧树脂砂浆的主要力学性能指标示于图1。

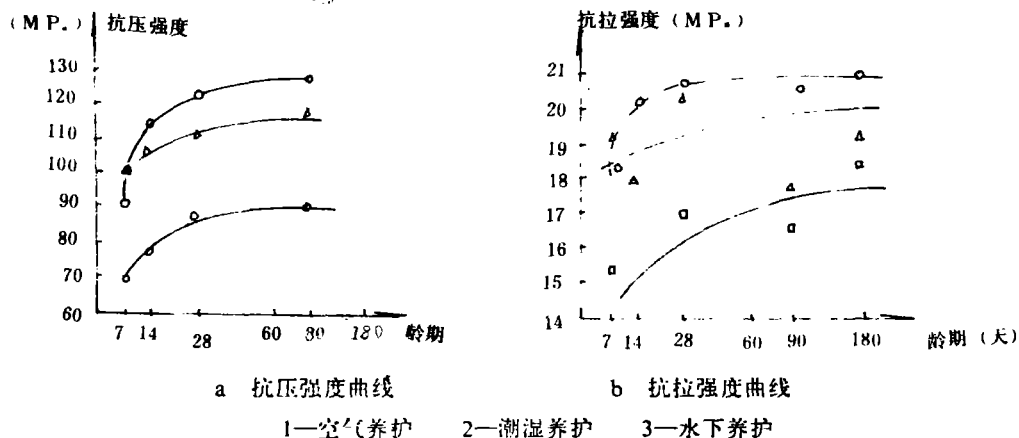


图1 潮湿水下环氧砂浆力学性能曲线

试验结果表明该种砂浆的抗压强度水下固化可达到 90MPa, 抗拉强度达 18MPa, 在空气中粘结强度为 4.5MPa, 潮湿条件下为 3.5MPa, 水下 3.0MPa 左右。由这些数据可知这种新型水下环氧材料尚能满足一般工程要求, 在国内水工建筑物的修复中发挥了较好的作用, 如北京市永定河引水工程高井渡槽砼开裂、破损及伸缩缝漏水的处理, 就是采用水下环氧材料进行水下施工的。自 80 年施工完成至今已十年时间, 工程一直安全运行。

该渡槽是高井电厂及城区工农业供水要道, 自 50 年代建成以来从未停水检修过, 经二十多年运行, 由于地震、温差、冻胀、地基沉降等原因, 伸缩缝止水材料腐烂, 缝宽加大、漏水, 砼破损开裂严重, 总漏水量达 173 升/分。对此情况采用水下修复, 具体措施为: 从迎水面对伸缩缝进行补漏处理, 用水下环氧砂浆为粘合剂将氯丁胶板与伸缩缝两侧砼牢固粘结止水, 见图 2。施工中为解决潜水员在流动

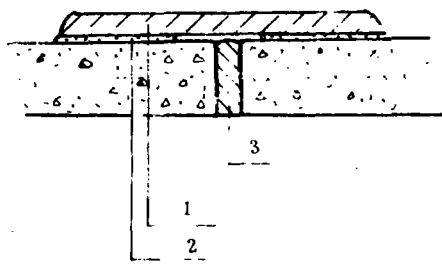


图2 环氧砂浆粘橡皮板

水中操作困难问题, 制作了活动挡水板, 同时解决了水下喷砂打毛清理砼面, 橡皮板水下粘贴就位及水下模板 (尤其是扭曲面) 的支撑加压等技术问题。

2.2 水下不分散聚合物改性水泥砼

这种砼的英文全名为 Nondispersible Underwater Polymer Modified Concrete, 简称 NDC。它是近年来国外一项新的研究成果。这种砼在水中不分离, 能自流平、自密实、不泌水, 德、美、英、日等国都进行了开发研究, 并已在工程上普遍应用。英国的 Fosroc 公司、Taylor Woodrow 工程公司在许多工程建筑和修补中都已采用, 如英国国内的桥梁、港口水下砼施工, 阿联酋的海上钻井平台施工, 塞浦路斯大型船坞工程, 西非冈比亚桥梁建筑, 比利时海防工程大面积砼修补以及苏格兰西海岸防波堤工程。日本在电厂、河床保护等水下工程中也已大量应用。我们也进行了此项研究, 并已取得一定成果,

将进行现场小规模应用。

NDC 是一种聚合物改性砼 (PMC), 其主要原理为具有某些性能的聚合物的加入, 由于该聚合物有一定的极性, 能与水泥颗粒发生离子或共价结合, 如图 3 所示, 聚合物吸附水泥颗粒, 保护水泥, 通过聚合物联系形成空间柔性网络, 提高砼的粘聚力, 限制水泥拌合物的分散及水泥的流失。另外所加的聚合物还起到超塑化剂的作用, 使砼具有极好的流动性。

NDC 材料主要特点如下: 1) 抗分散性, 通常砼水下施工为全分散的, 约有 30% 的细颗粒流失, 使砼强度损失很大, 而 NDC 材料水泥流失量可低于 5%, 水下砼具有空气中砼相近的强度。图 4 所示是

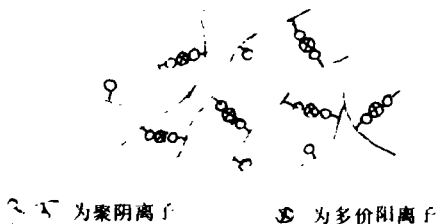


图 3 水泥中多价阳离子与极性聚合物链之间形成桥键示意图

抗分散剂 USCA 掺量与溶液透光率的关系; 2) 高流动性, 由于聚合物的超塑化作用, 使 NDC 坍落度可达 23-26cm, 因而水中浇筑不需振捣, 能自流平, 自密实; 3) 此种砼有较高的保水性, 泌水率小于 0.01%, 对钢筋粘结力好; 4) 聚合物的加入使砼的凝结时间延长, 允许两次浇筑之间有较长的时间间隔而不产生冷缝; 5) 普通砼水中浇筑强度损失 50% 以上, 而 NDC 材料有很大提高, 聚合物的掺入, 有效地增加了砼的粘度, 吸附住了水泥颗粒, 防止了水泥的流失, 同时由于聚合物成膜密实, 阻止了水份的侵入, 维持了设计水灰比, 保证砼强度达到水上砼强度的 80-100%; 由于这种聚合物—砼材料有很好的流动性而且有一定的亲水性, 聚合物水泥可以一起向被修补砼基体的孔隙及毛细管内浸润, 在这些孔隙及毛细管内充满新的被聚合物增强的水化产物, 从而保证了 NDC 与基体之间的力学共生, 增加了砼的粘附力, 保证了 NDC 与老砼的粘结性; 另外显微照相表明聚合物形成的纤维像桥一样横跨在微细裂缝上, 较好地阻止裂缝的形成和扩展, NDC 材料的断裂韧性, 变形性能比普通水泥砼有较大提高, 弹性模量也明显降低。表三所示是 NDC28 天力学强度;

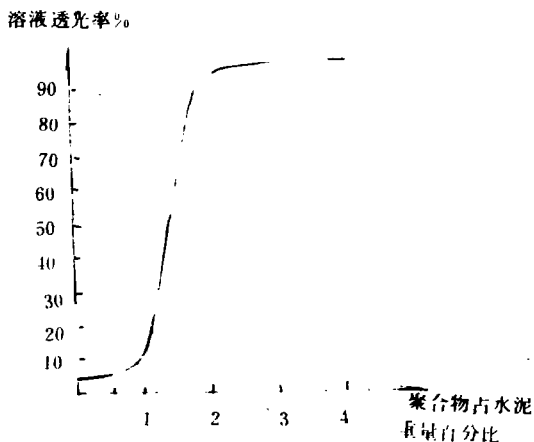


图 4 USCA 掺量与溶液透光率

NDC28 天力学强度 (MPa)

表 3

抗压强度	抗拉强度	抗折强度	粘结强度		抗压静弹模
			毛面	光面	
30.7	2.74	5.37	1.77	1.72	2.08×10^4

条件: 水中直接浇筑成型 20 ° C 水中养护。

6) 由于聚合物的加入, 增加了砼的密实度, 提高了其抗渗性, 抗碳化及抗化学品侵蚀性,

因而也提高了钢筋的抗锈蚀能力, 从钢筋锈蚀试验极化曲线图 5 可以看出, NDC 材料极化程度均在参比标准试件之上, 说明此聚合物对钢筋锈蚀无不良影响, 而且还有利于钢筋的抗锈蚀。7) 此种砼干缩较大, 湿胀不大, 说明它用于水下建筑物是合适的。

NDC 材料的优越性

是明显的, 相信在不久的将来, 我国水下建筑物建造及修复也能大量使用这种材料。

3 结语

聚合物—砼材料对现有砼材料的性能有很大的改进, 是一类很有发展前途的新型材料。潮湿水下环氧材料对于高潮湿及水下砼建筑物的修复补强在国内工程实践中得到应用, 而且已经过十多年的

考验, 实践证明此项技术是有效的。水下砼 NDC 材料除了具备许多聚合物改水性水泥砼的一般特点外, 还具有抗分散性, 使得浇筑水下砼强度容易得到保证, 施工复杂程度、技术熟练程度要求可以降低, 其应用前景也是十分广阔的。

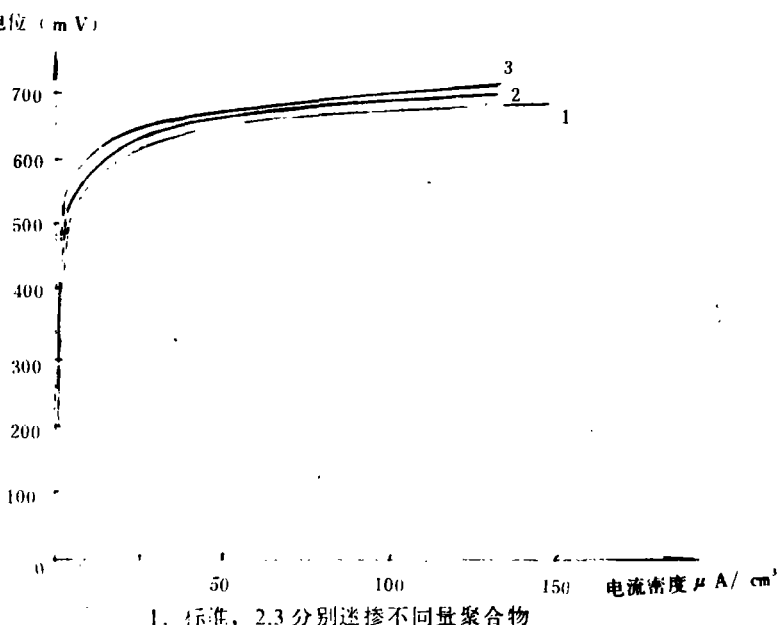


图5 阳阴极化曲线

参 考 文 献

- [1] Ю.С. 契尔金斯基, 张留城等译. 聚合物水泥砼. 中国建筑工业出版社, 1987年2月
- [2] 张仪鹏, 王德森. 耐腐蚀砼. 化学工业出版社, 1987年4月
- [3] David W. Fowler. Status of Concrete - Polymer Materials. Polymers in Concrete 6th ICPIC, 1990.
- [4] Franco Sandrdini. Concrete Polymers Materials Developments in Italy. Polymers in Concrete 6th ICPIC, 1990
- [5] 买淑芳. 砼裂缝修补方法, 砼建筑物修补通讯. 1991年第一期
- [6] 陈贻研. 于桥电厂水轮机尾水管顶板砼渗漏处理. 砼建筑物及修补. 1990.1
- [7] 水利水电科学研究院结构材料所. 新型水下不分散聚合物改性砼. 水科院. 1990年11月
- [8] 洪乃丰. 钢筋锈蚀电化学综合评定法. 工业建筑 1985年第1期

The Applies of Polymer-Concrete Materials in Underwater Structures

Chen Yiyan

(Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power Research)

Abstract: In many cases, it is impossible to construct hydraulic structure under dry circumstances. The normal concrete is incompetent to use underwater, it's also inefficient to use polymer materials merely. In this paper, we introduced the main property and its advantages of a prospective new type material-Polymer-Concrete. Combine with our research work on underwater epoxy mortar and nondispersible underwater concrete, we provided some property data, explained the effects of polymers, analysed the mechanism of these concrete and described the applies of polymer-concrete materials in underwater structures. These materials can be used in concrete placing of underwater structures, repairing of the crack and damaged part of the underwater structures.

Keyword: Polymer concrete, Underwater structure, Underwater concrete

(上接 38 页)

[3] 傅金筑. 垫层钢管. 全国第二届钢管学术讨论会材料, 1987.7

[4] 西北科研所. 垫层材料. 全国第二届钢管学术讨论会材料

[5] 李志能 王秋玲. 不同垫层材料对压力管道联合作用的影响

Calculation on Elastic Cushion for Penstock of Manwan Water Power Project

Wang Zhongyong

Li Linian

(Kunming Hydroelectric Investigation and Design Institute)

Abstract: A large number of calculations are performed using structure's line-elastic finite program, with varied elastic module and thickness of the cushion which is used in Manwan project in this paper, and the regularity of effect of elastic cushion on the structure is summarized. It is illuminated that the effect of cushion on the structure depend on the ratio of thickness and module of cushion. If the ratio exceed a special value, the effect keep unvaried approximately. It is applied to the design of the embedded penstock of Manwan project, and is referencable to similar project

Keywords: elastic cushion, ratio of thickness and module, synthetical benefit coefficient.