



化学植筋在码头胸墙修复中的应用

蔡洪滨¹, 张东领²

(1.中诚国际海洋工程勘察设计有限公司, 山东 青岛 266071;

2.中交一航局二公司, 山东 青岛 266071)

摘要: 化学植筋技术在建筑领域应用十分广泛,但是在港口工程中应用较少。根据后锚固技术理论分析了化学植筋在素混凝土结构中的破坏形式,并在某码头胸墙修复工程中采用群锚化学植筋技术,对破损的素混凝土胸墙进行加固修改,使之恢复原有功能。

关键词: 化学植筋; 胸墙修复; 素混凝土; 群锚

中图分类号: U 657.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)08-0200-04

Application of bonded rebars in repair of wharf's breast wall

CAI Hong-bin¹, ZHANG Dong-ling²

(1. Zhongcheng International Survey & Design Co., Ltd. for Ocean Engineering, Qingdao 266071, China;

2. Second Company of CCCC First Harbor Construction Co., Ltd., Qingdao 266071, China)

Abstract: Bonded rebars technique is widely applied to civil engineering, but rarely applied to marine harbor engineering. In order to study the application of bonded rebars in marine harbor engineering, this article analyzes the failure mode of bonded rebars in plain concrete structure based on the theory of post-install fastenings, which was successfully applied to the repair of a wharf's breast wall.

Key words: bonded rebar; repair of wharf's breast wall; plain concrete; anchor group

化学植筋是后锚固连接技术中的一种,是运用高强度的化学黏合剂(锚固胶),使钢筋、螺杆等与混凝土通过粘结与锁键作用,实现对被连接件产生握裹力,从而达到预埋力。

化学植筋具有施工简便迅速、锚固深度小、不会对基材产生膨胀破坏、密封性好等优点,比其它后锚固连接技术更适合于边距、间距较小的部位。因此化学植筋技术在工业与民用建筑中得到了广泛应用,特别是在新老结构连接、结构加固、设备安装、补埋钢筋、建筑装修以及幕墙施工中得到大量应用。但是受海洋工程所处恶劣环境的影响,化学植筋技术在港口工程中的应用较少,目前主要应用于码头系船柱、护舷等附属设施地脚螺栓的后锚固

中,在素混凝土构件中应用较少。

目前有关后锚固连接技术的国家规范主要有《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006),行业规范主要有《混凝土结构后锚固技术规范》(JGJ 145—2001)、《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS 311—2011)。本文根据化学植筋理论、试验研究、相关规范,并结合码头胸墙修复工程实例,对群锚化学植筋在素混凝土中的应用进行初步探讨。

1 化学植筋技术适用范围

基材混凝土强度等级不应低于C20,且风化混凝土、严重裂损混凝土、不密实混凝土、结构

收稿日期: 2012-02-29

作者简介: 蔡洪滨(1980—),男,硕士,工程师,从事港口、海岸与近海工程设计工作。

抹灰层、装饰层等, 均不得作为锚固基材^[1]。基材混凝土的厚度应满足: $h \geq h_{ef} + 2d_0$ 且 $h > 100$ mm。其中: h_{ef} 为锚栓(钢筋)的埋置深度; d_0 为锚孔直径^[1]。结构加固用的混凝土, 其强度等级应比原结构、构件提高一级, 且不得低于C20级^[2]。

化学植筋的钢筋及螺杆, 应采用HRB400级和HRB335级带肋钢筋及Q235和Q345钢螺杆^[1]。群锚化学植筋最小间距 $s_{\min} \geq 5d$, 最小边距 $c_{\min} \geq 5d$ ^[1]。

满足锚固深度要求的化学植筋及螺杆, 可用于抗震设防烈度 ≤ 8 度的受拉、边缘受剪、拉剪复合受力的结构构件, 及非结构构件的后锚固连接, 且不应产生混凝土基材破坏及拔出破坏(包括沿胶筋界面破坏和胶混界面破坏)^[1]。其它适用范围见文献[1-2]。

2 化学植筋破坏模式及承载力计算

荷载作用下, 化学植筋有钢筋破坏、基材混凝土破坏及钢筋拔出破坏3种破坏模式^[3], 如图1所示。影响化学植筋的因素比较多, 如基材混凝土强度、植筋的埋置深度、群筋的间距、基材配筋、保护层厚度、植筋边距、植筋直径、植筋的植入角度、钻孔直径、锚固胶的种类、植筋的使用环境等。

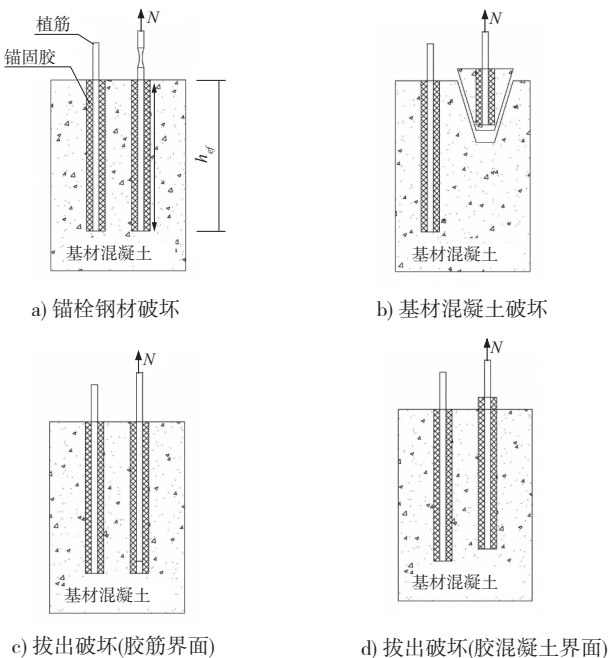


图1 化学植筋破坏形式

2.1 钢筋破坏

当植筋埋置深度在 $15d$ (d 为植筋直径) 以上时则通常钢筋先达到屈服, 为钢筋拉断破坏, 化学胶的粘结还没有破坏, 此时极限承载力由钢筋强度控制, 植筋承载力与植筋深度无关^[4]。

在《混凝土结构后锚固技术规程》中, 群锚在轴心拉力与弯矩共同作用下(图2), 按弹性分析时, 受力最大锚栓的拉力设计值应按下列规定计算:

$$\text{当 } \frac{N}{n} - \frac{My_1}{\sum y_i^2} \geq 0 \text{ 时, } N_{sd}^h = \frac{N}{n} + \frac{My_1}{\sum y_i^2} \quad (1)$$

$$\text{当 } \frac{N}{n} - \frac{My_1}{\sum y_i^2} < 0 \text{ 时,}$$

$$N_{sd}^h = (NL + M)y'_1 / \sum y_i'^2 \quad (2)$$

式中: M 为弯矩设计值; N_{sd}^h 为群锚中受力最大锚栓的拉力设计值; y_1, y_i 为锚栓1及 i 至群锚形心轴的垂直距离; y'_1, y'_i 为锚栓1及 i 至受压一侧最外排锚栓的垂直距离; L 为轴力 N 作用点至受压一侧最外排锚栓的垂直距离。

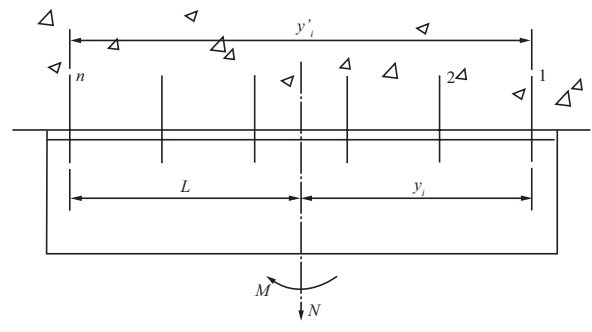


图2 群锚拉力和弯矩共同作用

单根植筋极限承载力计算公式为^[1]:

$$N_{Rd,s} = A_s f_{stk} / \gamma_{RS,N} \quad (3)$$

式中: $N_{Rd,s}$ 为钢筋破坏受拉承载力设计值; A_s 为钢筋截面面积; $\gamma_{RS,N}$ 为钢筋破坏受拉承载力分项系数, 对结构构件取 $1.3 f_{stk} / f_{yk} \geq 1.55$, 对非结构构件取 $1.2 f_{stk} / f_{yk} \geq 1.4$; f_{yk}, f_{stk} 为钢筋屈服强度标准值, 钢筋极限抗拉强度标准值。

对于大多数钢材来说均可满足 $1.3 f_{stk} / f_{yk} \geq 1.55$, 故公式(3)又可写成 $N_{Rd,s} = A_s f_{yk} / 1.3$ ^[5]。

2.2 基材混凝土破坏

当钢筋埋深小于 $6d$ 时易发生混凝土锥体破

坏，化学植筋应避免这类破坏形式的发生，因为这时化学胶和钢筋的材料强度都没有充分发挥作用，将造成浪费^[5]。

《混凝土结构后锚固技术规程》给出了化学植筋受拉时混凝土锥体破坏承载力的回归公式：

$$N_{uc} = 15(h_{ef} - 30)^{1.5} \sqrt{f_{cu}} \quad (4)$$

式中： h_{ef} 为钢筋锚固深度； f_{cu} 为混凝土立方体抗压强度。

2.3 钢筋拔出破坏

1) 钢筋沿胶筋界面拔出破坏时，受拉承载力计算公式为^[1]

$$N_{u,pa} = 17.5h_{ef}d\sqrt{f_v} \quad (5)$$

式中： f_v 为锚固胶的钢-钢黏结抗剪强度； d 为钢筋直径。

2) 钢筋沿胶混凝土界面拔出破坏时，受拉承载力计算公式为

$$N_{u,pc} = 5.6h_{ef}D\sqrt{f_{cu}} \quad (6)$$

式中： D 为锚孔直径； f_{cu} 为混凝土立方体抗压强度。

3 工程实例

某港已建重力式方块结构码头，因后期使

用要求将15 m长岸段范围内的部分胸墙凿除（宽1.5 m，高2.6 m），现在需要将胸墙恢复原样，并安装35 t系船柱一个及护舷，见图3。

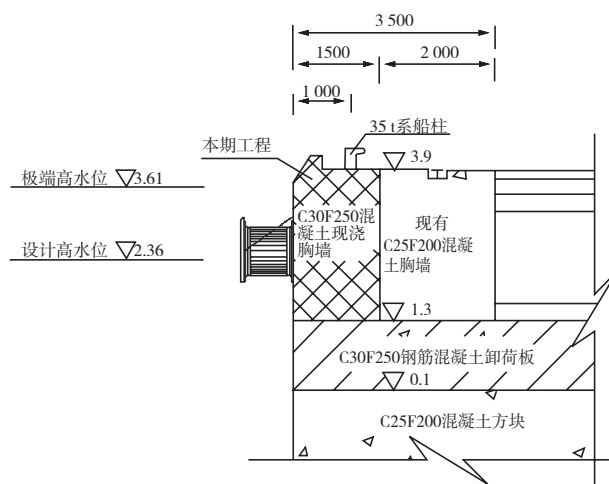


图3 码头胸墙现状

3.1 荷载

新浇筑胸墙所受荷载主要有：系缆力 $F=455$ kN，波吸力 $P=590$ kN，新浇筑胸墙自重 $G=826$ kN。

3.2 新浇筑胸墙抗滑、抗倾稳定性验算

由表1可知，新浇筑胸墙不满足抗滑、抗倾稳定性要求，可采取植筋措施。

表1 新浇筑胸墙抗滑、抗倾稳定性计算

工况	抗滑验算			抗倾验算		
	稳定力/kN	滑动力/kN	安全系数	稳定力矩/(kN·m)	倾覆力矩/(kN·m)	安全系数
自重+系缆力	454	455	0.99	496	1 411	0.35
自重+波吸力	413	590	0.70	459	470	0.98

3.3 植筋计算

1) 荷载。

根据抗滑、抗倾计算可知，植筋所受的的外部荷载为： $N=177$ kN， $M=915$ kN·m。

2) 钢筋直径。

假定在胸墙立面上植两排钢筋，间距1 m，见图4，根据式（2），群锚中受力最大锚栓的拉力设计值为 $N=72$ kN。

由式（3）可求得 $A_s=280$ mm²，选直径20 mm的HRB335钢筋， $A_s=314.2$ mm²。锚固长度取 $15d$ ，为300 mm。

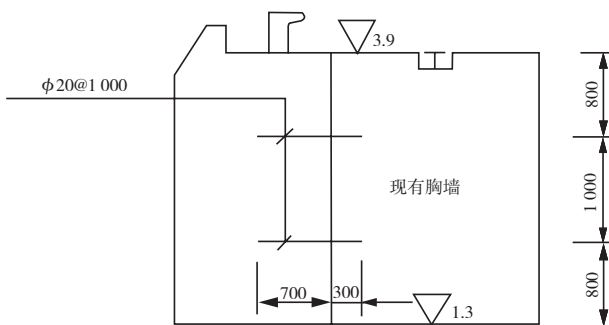


图4 码头胸墙植筋

3) 混凝土锥体破坏验算。

原胸墙混凝土标号为C25F200，根据《混凝土结构加固设计规范》，结构加固用的混凝土，

其强度等级应比原结构、构件提高一级, 故新浇筑胸墙混凝土标号采用C30F250。根据公式(4)计算: $N_{cu}=252 \text{ kN} > 72 \text{ kN}$, 满足要求。

4) 钢筋拔出破坏验算。

①钢筋沿胶筋界面拔出破坏。

本工程采用B级胶, 根据《混凝土结构加固设计规范》, B级胶钢-钢拉伸抗剪强度标准值 $\geq 13 \text{ MPa}$ 。根据式(5)计算: $N_{u,pa}=379 \text{ kN} > 72 \text{ kN}$, 满足要求。

②钢筋沿胶混凝土界面拔出破坏。

植筋钢筋直径为20 mm, 根据《混凝土结构加固设计规范》, 钻孔直径设计值 $D=25 \text{ mm}$ 。根据式(6)计算: $N_{u,pc}=159 \text{ kN} > 72 \text{ kN}$, 满足要求。

5) 构造要求验算。

化学植筋混凝土基材厚度为2 000 mm, $h_{ef}+2d_0=350 \text{ mm} < 2 000 \text{ mm}$, 满足构造要求。钢筋间距为1 000 mm $> 5d (=100 \text{ mm})$, 边距为1 000 mm $> 5d (=100 \text{ mm})$, 均满足要求。

3.4 锚固胶

1) 锚固胶的选择。

锚固胶又称植筋胶, 是一种在常温下固化的高分子聚合物。目前常见的国外锚固胶有德国喜利得和慧鱼、美国辛普森等, 国内的有南京天力信、固特优、施美尔等。本工程选择的是喜利得HY-150 MAX型锚固胶。该锚固胶的材质主要是改性氨基甲酸酯+无机成分, 具有固化时间快、适用温度广、强劲而稳定的粘结力沿锚固深度均匀分布等特点, 其主要特性如表2所示。

表2 喜利得HY-150 MAX锚固胶主要特性

基材温度/℃	凝胶时间/min	固化时间/min
-10	180	720
-5	40	240
0	20	120
5	8	60
20	6	30
30	3	30
40	2	30

2) 注胶工艺。

注胶的程序为: 定位→钻孔→清孔→除尘→钢筋除锈→注胶→植筋→固化、保护→检测。

在除尘时, 应保证孔内无水、冰、油、脂等异物。注胶时应缓慢进行, 以确保孔内无气泡或孔隙。注胶及植筋固化、保护期间应在低潮位时进行。

3) 检测方法。

根据《混凝土后锚固技术规范》的规定, 需要对化学植筋进行抗拔承载力现场检验。本工程采用随机抽样非破坏性检验方法, 抽检数量按植筋总数的1‰选择, 且不少于3根, 实取3根进行检验。

检验设备采用油压千斤顶, 并配备精密仪器表、锚具、钢支架组合等辅助设备。检验方法采用连续加载, 以均匀加载至设定荷载或锚固破坏, 总加荷时间为2~3 min。检验标准为混凝土基材无裂缝、植筋无滑移, 且2 min持荷期间荷载降低 $\leq 5\%$ 时为合格。

4 结语

本文对素混凝土结构中植筋的设计进行了简要计算, 由于植筋技术在理论及实践中还有很多需要进行研究和改进的地方, 因此本文的计算仅供参考, 并需要实践的进一步验证。

参考文献:

- [1] JGJ 145—2004 混凝土结构后锚固技术规程[S].
- [2] GB 50367—2006 混凝土结构加固设计规范[S].
- [3] 万墨林《混凝土结构后锚固技术规程》(JGJ 145—2004)简介[J]. 建筑结构, 2004 (9): 63-66.
- [4] Bilal Shamad, Rania A L Hammoud, Jakob Kunz. Evaluation of bond strength of bonded-in or post-installed reinforcement, [J]. ACI Structural Journal, 2006, 100: 775-786.
- [5] 袁廷朋, 陆洲导, 邴涛. 后锚固化学植筋受拉承载力计算及设计[J]. 结构工程师, 2007 (4): 97-100.

(本文编辑 武亚庆)