

混凝土建筑物工程水下补强加固技术（二）注册建筑师考试  
PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/542/2021\\_2022\\_\\_E6\\_B7\\_B7\\_E5\\_87\\_9D\\_E5\\_9C\\_9F\\_E5\\_c57\\_542759.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/542/2021_2022__E6_B7_B7_E5_87_9D_E5_9C_9F_E5_c57_542759.htm)

### 2.2.2 水下不分散混凝土的力学性能

水下不分散混凝土的力学性能包括抗压强度、劈拉强度、剪切强度和握裹强度，试验按SD10582和GB8185进行，试件为现场钻孔取芯样，试件尺寸及其检测结果见表1所示。由表中可见：(1)水下不分散混凝土芯样抗压强度为25.6MPa，与现场回弹试验检测的抗压强度值(25.2MPa)相当接近，强度表里一致，达到设计标准(C20)，说明加盖模板和泵送挤压两条工艺措施非常有效；(2)水下不散混凝土在水下浇筑成型并在水中养护的试件强度与在机口取样成型自然状态养护的试件强度(水上试件)的比值为83.6%，强度损失约16%；(3)水下不分散混凝土的劈拉强度约为抗压强度的10%，与文献[4]的数据基本一致；(4)水下混凝土的剪切强度约为抗压强度的1/6 ~ 1/7，与混凝土的常规比值基本相符[5]。(5)握裹强度(3.90MPa)与文献[5]现场取样结果(3.30MPa)相近，但与其室内试验结果(8.6MPa)相差较多，这是由于现场取样难以做到锚筋居中且不偏斜，因而可以认为实际的水下不分散混凝土的握裹强度大于3.9MPa.

### 2.2.3 新老混凝土的结合性能

在老混凝土的表面，通过浇筑新混凝土来加固结构，使其发挥整体结构性能，这种新老混凝土结合的关键是结合界面能否有效地传递和承担应力。一般而言，结合面能够较好地传递压应力，而传递拉力和剪力会受诸多因素的影响，且一般情况下都会被削弱。为此，着重测试新老混凝土结合面的抗拉和抗剪性能。混凝土结合面的结合性能

试验成果见表2.由表2可见，所有试件的破坏面均为新老混凝土的结合面，用结合强度系数K(表示新老混凝土结合面强度与整体新混凝土强度的比值)，作为结合面的粘结性能评定指标，可以得出劈拉结合强度系数为0.45，剪切结合强度系数为0.56.由此可见，新老混凝土的结合强度约为整体新混凝土强度的一半(不包含锚筋作用)，表明水下施工环境对新老混凝土结合面的强度有一定影响，而锚固增强是非常有效和必要的措施。研究表明[5]，锚筋能提高劈拉强度70%左右，提高剪切强度50%左右。表2 新老混凝土结合性能试验成果

----- 力学性能 试件尺寸/ 龄期/ 破坏荷载/ 强度值/ 结合强度系数 破坏位置 cm d kN MPa K

----- 轴拉强度 D=10 48 8800 1.12 新老混凝土结合面 劈拉强度 D=10,H=10 48 17900 1.14 0.45 土结合面 剪切强度 D=10,H=10 48 21650 2.16 0.56

----- 2.2.4 PBM混凝土嵌槽的结合性能 PBM系互穿网络高分子材料，拥有不同高分子的互补和协同效应，体现出高分子合金性能。由它制备的砂浆或混凝土具有优越的性能。用PBM混凝土嵌槽修补裂缝，是为了达到恢复结构整体性、防水性及耐久性的目的，并为裂缝灌浆做好准备。PBM嵌槽的力学性能试验成果见表3，其破坏位置皆在PBM混凝土与老混凝土的结合面上，说明结合面仍是强度薄弱环节。结合强度系数K(表示PBM混凝土结合面的剪切强度、抗弯强度与整体老混凝土的剪切强度、抗弯强度比值)值为0.4 ~ 0.55，可见

其总体粘结性能约为老混凝土的50%，对于裂缝修补而言，整体性能的恢复有了一定的改善。因此，PBM不失为一种水下修补可选用的优良材料。表3 PBM混凝土嵌槽与老混凝土力学性能试验成果

----- 力学性能 试件尺寸/cm 破坏荷载/kN 强度值/MPa 结合强度系数K PBM破坏位置

----- D H L PBM OC PBM OC

----- 轴拉强度 4.5 8.0 12.0 2810 0.78 PBM与老混凝土结合面  
 剪切强度 4.5 4.5 12.0 6680 12050 3.30 5.95 0.55 抗弯强度 4.5 4.5  
 9.0 1610 3450 1.59 4.00 0.40

----- 注：OC为老混凝土。2.2.5 LW HW混合液灌缝的粘结强度及防渗效果 LW、HW为水溶性聚氨酯化学灌浆材料，LW具有快速高效的防渗堵漏性能，HW具有防渗堵漏和固结补强的双重性能，两者可视工程需要以任意比例互溶。为了检验其堵漏和补强效果，特制备了一组直径D=15cm，含有LW HW混合液灌缝的劈拉试件，该混合液灌缝的劈拉强度为0.22MPa.根据测试，堵漏效果良好。

3 工程应用 3.1 工程概况 黄沙港闸是淮河入海尾闾江苏省里下河地区四大港排涝挡潮的控制工程之一，1972年6月竣工，设计日均流量200m<sup>3</sup>/s，左岸第一孔为通航孔净宽8m，其余15个排水孔，每孔净宽5m，排水孔中墩为混凝土与砌石混合结构，厚0.9m，闸底板采用素混凝土反拱底板型式，底板厚0.5m，底板与闸墩连成整

体不分缝，成为16跨连拱结构。运行至今已有多孔反拱底板出现裂缝，裂缝分布在底板拱顶顺水流方向，缝宽1~2mm，严重的7号孔反拱底板两处向上冒水。经过沉陷观测资料的分析计算，认为反拱底板的裂缝是由于拱脚不均匀沉陷引起的，沉陷已基本趋于稳定。经多方案比较及模拟施工现场试验，决定采用水下修补方案。

### 3.2 施工工艺

#### 3.2.1 底板裂缝处理

(1)沿缝凿槽。沿底板裂缝走向用风钻一个连接一个地钻孔，孔深为42mm，钻孔直径为42mm，然后修成42mm×42mm的U型槽。(2)钻灌浆孔。沿裂缝走向骑缝钻灌浆孔和出浆孔，每2m长为一个灌浆单元，布置灌浆孔和出浆孔各2个，孔距65cm，孔深20cm。(3)在灌浆孔内安装灌浆塞，并将灌浆管接至水面以上与灌浆泵相连接。(4)嵌缝。采用PBM混凝土封缝胶嵌入凿好的U型槽内并挤压密实。固化前用压板压紧，固化后拆掉压板。(5)灌浆。由于闸底板下面的粉砂层可能有淘空现象，故用压力泵通过灌浆孔向裂缝及底板下灌LW与HW混合液，由稀到稠。压力控制在0.1~0.15MPa。待出浆管溢出LW与HW混合液时将其扎紧封堵，保持压力3min，第一次灌浆完成。间隔1~2d后进行第二次灌浆。

#### 3.2.2 反拱底板补强

(1)打毛。由潜水员在水下用风镐将底板混凝土表面打毛，露出粗骨料，并用高压水枪把碴屑冲除干净。(2)钻插筋孔。按孔距60cm用风钻钻插筋孔，孔深20cm，孔径42mm。用高压水枪把屑冲除干净，并用真空吸管将孔内砂粒吸干净。(3)锚固插筋。在插筋孔内安放药卷式水下锚固剂，并插入20长40cm的钢筋(锚筋外露20cm)和20长45cm的螺栓(螺栓外露25cm)，螺纹长不小于5cm，既可作锚筋用，又可作固定钢模板用)，锚筋和螺栓间隔布置。(4)钢筋就位。将在岸上绑好

的 12@150钢筋网整体吊装下水就位，钢筋网布置在新浇水下混凝土的上部，混凝土保护层为6cm.钢筋与插筋之间用水下电焊联接。(5)架立钢模。模板采用4mm钢板和 75 × 8角钢拼接而成，用螺帽固定钢模板，并控制模板与反拱底板之间的距离符合设计要求(20cm)。在模板的适当位置预留混凝土进料口和溢出口。进料口设在反拱底板顶部，溢出口设在模板四角，溢出口设活页盖板，并可封牢。(6)浇筑混凝土。在岸上按事先通过试验确定的配合比搅拌C25水下不分散混凝土(考虑水下浇筑混凝土强度损失，提高一个等级配置)，用混凝土泵直接送到浇筑仓内，待模板四角预留的孔洞中溢出混凝土后，把预留洞封堵，直到最后一个预留孔洞中溢出混凝土并把预留洞封堵为止。(7)拆模。在混凝土浇筑3 ~ 5d后进行拆膜，拆膜后对混凝土进行检查，将露出混凝土表面的螺栓进行割除。黄沙港闸7号、8号两孔反拱底板修补加固完工后，经检测各项指标满足设计要求

#### 4 结论

本文研究提出的混凝土建筑物水下补强加固技术，通过现场模拟施工试验和工程的实际应用，验证了这一新技术是可行、实用的、经济的。所采用的水下不分散混凝土、PBM聚合物混凝土、LW HW浆液等作为水下加固修补的原材料是有效的，与之相应的施工方案和施工工艺是科学的，水下修补加固技术施工质量是可以控制的。检测得到的成果足以表明经加固修补后的混凝土结构各项力学性能指标皆满足预期的工程要求。水下修补加固技术已成功地应用于黄沙港闸反拱底板的裂缝修补，该项技术适用于所有水工、海岸工程等结构的混凝土水下补强加固或兴建，尤其在无法或难于修筑围堰的情况下，运用该项技术更是切实可行。由于不须弃水施工，大大节约工

期，减少投资。混凝土水下补强加固技术，是混凝土水下病害整治的一条新途径，具有显著的经济效益，推广应用前景广阔。（百考试题建筑师）100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)