

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T —2022

# 既有建筑结构加固工程现场检测技术规程

Technical Standard for Inspection of  
Strengthening Existing Building Structures

（报批稿）

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局 发 布

# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 基本规定 .....	6
4.1 一般规定 .....	6
4.2 检测工作程序与基本要求 .....	6
5 新增混凝土加固工程检测 .....	7
5.1 一般规定 .....	7
5.2 检测内容与方法 .....	7
5.3 结果评定 .....	8
6 灌浆料加固工程检测 .....	9
6.1 一般规定 .....	9
6.2 检测内容与方法 .....	9
6.3 结果评定 .....	10
7 外加砂浆面层加固工程检测 .....	10
7.1 一般规定 .....	10
7.2 检测内容与方法 .....	10
7.3 结果评定 .....	12
8 外粘纤维复合材加固工程检测 .....	12
8.1 一般规定 .....	12
8.2 检测内容与方法 .....	12
9 外加钢构件加固工程检测 .....	13
9.1 一般规定 .....	13
9.2 检测方法及结果评定 .....	13
10 体外预应力加固工程检测 .....	14
10.1 一般规定 .....	14
10.2 检测方法及结果评定 .....	15
附 录 A （规范性） 瞬态冲击法检测结合面粘结质量.....	16
附 录 B （规范性） 瞬态冲击法检测结合面粘结质量记录表.....	18
附 录 C （规范性） 冲击回波法检测结合面粘结质量记录表.....	19
附 录 D （规范性） 采用标称动能 4.5J 回弹仪推定水泥基灌浆料强度.....	20
附 录 E （规范性） 红外热成像法检测结合面粘结质量.....	21

## 前 言

本规程按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本规程由江苏省住房和城乡建设厅提出。

本规程由江苏省住房和城乡建设厅归口。

本规程起草单位：江苏省建筑工程质量检测中心有限公司、江苏省江南建筑技术发展总公司、昆山市建设工程质量检测中心、盐城市建设工程质量检测中心有限公司、南通市建筑工程质量检测中心、苏州工业园区建设工程质量检测咨询服务有限公司。

本规程主要起草人：崇金玲、汤东婴、韩顺有、赵广辉、高峰、张奇伟、孙正华、杨波、顾以明、徐捷、陈森、张绘春、宦文娟、邱学刚。

# 既有建筑结构加固工程现场检测技术规程

## 1 范围

本标准规定了既有建筑结构加固工程现场检测方法、评定等内容。

本规程适用于江苏省既有建筑结构加固工程中有关新增混凝土、外粘纤维复合材、外加砂浆面层、外加钢构件、体外预应力、水泥基灌浆料加固质量的现场检测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50344 建筑结构检测技术标准  
GB 50367 混凝土结构加固设计规范  
GB 50550 建筑结构加固工程施工质量验收规范  
GB/T 50621 钢结构现场检测技术标准  
GB/T 50784 混凝土结构现场检测技术标准  
GB/T 50315 砌体工程现场检测技术标准  
JGJ/T 294 高强混凝土强度检测技术规程  
JGJ/T 152 混凝土中钢筋检测技术标准  
JGJ/T 411 冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程  
JGJ/T 302 建筑工程施工过程结构分析与监测技术规范  
JGJ 8 建筑变形测量规范  
GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范  
GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准  
GB 50367 混凝土结构加固设计规范  
GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范  
GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测  
GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定  
GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**既有建筑结构** existing building structures

在建过程中已建成部分的建筑结构、已建成可以验收和已投入使用的建筑结构。

### 3.2

**结构加固工程** structure strengthening engineering

对可靠性不足的承重结构、构件及其相关部分进行增强或调整其内力，使其具有足够的安全性和耐久性，并力求保持其适用性。

## 3.3

**现场检测 in-site inspection**

对加固结构实体实施的原位检查、测量和检验等工作。

## 3.4

**结构性能检测 inspection of structural performance**

为评估加固工程的结构安全性、适用性、耐久性或抗灾害能力所实施的检测。

## 3.5

**工程质量检测 inspection of structural quality**

为评定加固工程质量与设计要求或与施工质量验收规范规定的符合性所实施的检测。

## 3.6

**基材 substrate**

涂布胶粘剂或其他粘结材料的被粘物之一。在结构加固工程中，系指被粘接的原构件。若原构件为复合材或组合材，则专指其中被粘合部分的材料。

## 3.7

**非破损法检测 nondestructive inspection**

对材料或构件实施的一种不损害其使用性能或用途的检测方法。

## 3.8

**瞬态冲击法 impulse response inspection**

利用锤击产生的瞬态宽频激励，测定瞬态冲击力学参数及构件局部动力响应参数，检测构件缺陷的非破损检测方法。

## 3.9

**冲击回波法 impact echo method**

通过冲击方式产生瞬态冲击弹性波并接收冲击弹性波信号，通过分析冲击弹性波及其回波的波速、波形和主频频率等参数的变化，判断混凝土结构的厚度或内部缺陷的方法。

## 3.10

**超声法 ultrasonic method**

通过测定超声脉冲波的有关声学参数检测非金属材料缺陷的方法。

## 3.11

**雷达法 radar method**

利用不同介质电磁属性和几何形态的差异，根据反射回波在波幅及波形上变化的原理形成图像，并进行分析的方法。

## 3.12

**红外热成像法 infrared thermograph**

利用红外热成像装置将物体表面的温度分布拍摄成可视图像进行分析的方法。

## 3.13

**纤维复合材 fiber-reinforced polymer composite (FRP)**

以具有所要求特性的连续纤维或其制品为增强材料，与基体—结构胶粘剂粘结而成的高分子复合材，简称纤维复合材。在工程结构中常用的有碳纤维复合材、玻璃纤维复合材和芳纶纤维复合材等。

## 3.14

**结构胶粘剂 structural adhesives**

用于承重结构构件胶接的，能长期承受设计应力和环境作用的胶粘剂。在土木工程中，基于现场条件的限制，其所使用的结构胶粘剂，主要指室温固化的结构胶粘剂。

## 3.15

**体外预应力加固法** structure member strengthening with wire wrapped

通过施加体外预应力，使原结构、构件的受力得到改善或调整的一种间接加固法。

## 3.16

**反拉法** reverse stretch method

对预应力筋（或锚具）施加反向预应力，通过检测仪测定预应力筋有效预应力的一种检测方法。

## 3.17

**等效质量法** tension test method based equivalent mass method

压浆后锚下有效应力的检测方法，通过对锚头敲击诱发其自由振动，并测定其动力响应的方法来推算锚下预应力。

## 4 基本规定

### 4.1 一般规定

4.1.1 现场检测应根据检测项目、目的及现场条件选择适宜的检测方法，宜优先选用对结构或构件无损的检测方法；当选用局部破损的检测方法时，不得降低结构的安全性。

4.1.2 所有检测使用的仪器设备应有产品合格证、有效检定（校准）证书。检测时应确保所使用的仪器设备在检定或校准有效期内，并处于正常状态。

4.1.3 检测的原始记录，应数据准确、字迹清晰、信息完整。当采用自动记录时，应符合相关要求。

4.1.4 现场取样的试件或试样应予以标识。

4.1.5 既有建筑结构加固工程检测分为工程质量和结构性能检测。结构性能检测应提供计数检测、材料强度的计量检测和材料性能检测的结论；工程质量检测应对检测结论进行符合性判定；工程质量的计数检测结果应安结构设计要求 and 结构工程施工依据的国家有关标准进行符合性判定。

### 4.2 检测工作程序与基本要求

4.2.1 既有建筑结构加固工程检测工作程序，宜按图 1 所示进行。

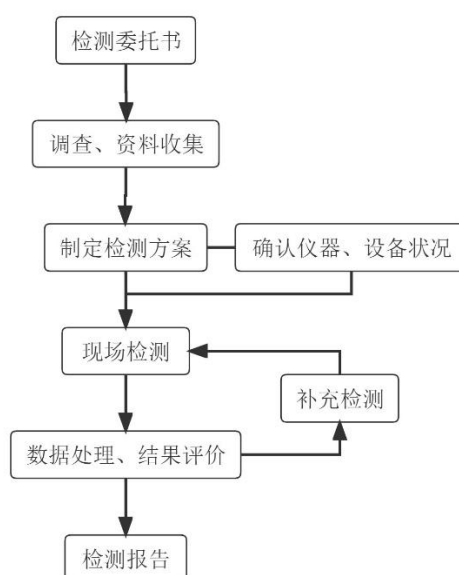


图 1 既有建筑结构加固工程检测工作程序

4.2.2 既有建筑结构加固工程现场检测前应对既有建筑结构的原结构及加固情况进行初步调查及资料收集，包括：

- a) 应明确委托方的检测范围和具体要求。
- b) 应调查被检测建筑结构环境条件，使用期间的加固与维修改造情况，用途与荷载变更情况。
- c) 应检查相关资料，如工程地质勘察报告、原结构设计资料、加固设计图和计算书、设计变更、沉降观测记录、施工记录、材料质保书、材料检验文件、已有的竣工图及竣工验收文件等。

4.2.3 既有建筑结构加固工程的现场检测，应根据委托书的需要和本规程的要求合理确定检测方案；应根据检测目的、结构状况、现场条件和检测项目等选择适宜的检测方法。检测方案应包括下列主要内容：

- a) 工程概况；

- b) 检测目的或委托方的检测要求;
  - c) 检测依据, 主要包括检测所依据的标准及有关的技术资料等;
  - d) 检测项目、选用的检测方法以及检测数量;
  - e) 检测人员和仪器设备;
  - f) 检测工作进度计划;
  - g) 检测中的安全措施;
  - h) 检测中的环保措施。
- 4.2.4 既有建筑结构加固工程检测的抽样方案及符合性判定宜参考现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 中相关规定执行。
- 4.2.5 检测报告
- 4.2.6 检测报告应表达清楚、结论准确、用词规范。
- 4.2.7 检测报告宜包括以下内容:
- a) 委托方、建设单位、加固设计单位、加固施工单位和监理单位名称;
  - b) 工程概况: 包括工程名称、工程地址、结构形式、加固概况、原建筑建造年代、加固施工日期、加固工程实景照片等。
  - c) 检测目的、以往检测及维修等情况;
  - d) 检测项目、检测位置、检测方法、检测设备及依据标准;
  - e) 抽样依据及数量;
  - f) 检测数据汇总及检测结论;
  - g) 检测、审核和批准人员的签名;
  - h) 检测日期、报告签发日期;
  - i) 检测单位资质章。

## 5 新增混凝土加固工程检测

### 5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于既有建筑结构加固工程中混凝土构件增大截面、局部置换混凝土、增设支点等加固方法中新增混凝土的现场检测。

5.1.2 既有建筑结构加固工程中新增混凝土的质量检测可分成下列检测项目:

- a) 新增混凝土强度;
- b) 新增混凝土中钢筋;
- c) 新增混凝土浇筑质量的缺陷;
- d) 新增混凝土与基材结合面粘结质量等。

### 5.2 检测内容与方法

5.2.1 新增混凝土强度的检测应符合下列规定:

- a) 采用回弹法、超声-回弹综合法、后装拔出法等间接法进行现场检测时, 检测仪器、检测技术及计算方法应符合现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 中附录 A 的相关规定。
- b) 采用回弹-取芯法检测混凝土构件抗压强度时, 检测操作应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中附录 D 的相关规定。
- c) 当加固工程新浇筑混凝土试块漏取或不慎丢失的情况时, 应对该组试块所代表的构件, 逐个进行现场非破损法检测, 并据以推定每个构件的混凝土强度, 以替代该组试块用于施工质量



合格评定。当利用本方法核查某一检验批混凝土试块强度试验报告的可信性时，应对该检验批构件进行现场非破损抽样检测。其抽样规则及检测结果的评定方法应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》1 中的相关规定。

#### 5.2.2 新增混凝土中钢筋的检测应符合下列规定：

- a) 新增混凝土中钢筋检测可分为新增混凝土构件中钢筋的间距、公称直径、位置、数量、混凝土保护层厚度等检测项目。
- b) 钢筋的间距、位置、数量及保护层厚度，宜采用非破损法的电磁感应法或雷达法进行检测，宜通过原位实测或取样实测法进行验证；检测技术及数据处理应按照现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 的相关规定执行。
- c) 采用电磁感应法或雷达法检测新增混凝土中配筋时，仪器性能和操作要求应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的相关规定。
- d) 钢筋直径的无损测试结果应采取剔凿或取样称重的方法修正或验证；保护层厚度及加密区的箍筋间距可采用打孔的方法修正或验证。

#### 5.2.3 新增混凝土的外观缺陷，可采用现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 规定的适用方法进行检测。

#### 5.2.4 新增混凝土的内部缺陷可按下列规定进行检测：

- a) 新增混凝土构件的内部缺陷、新增混凝土与基材结合面粘结质量的检测，均可采用超声波法、冲击回波法、雷达法等非破损方法；可采用局部钻孔、开凿的方法对非破损的检测结果进行验证。
- b) 瞬态冲击法检测新增混凝土的内部缺陷、新增混凝土与基材结合面粘结质量，可按本规程附录 A 的规定进行检测。检测结果应按本规程附录 B 的要求记录。
- c) 冲击回波法检测新增混凝土的内部缺陷、新增混凝土与基材结合面粘结质量，仪器设备要求和检测技术应符合现行行业标准《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JGJ/T 411 的有关规定，检测原始记录宜按本规程附录 C 填写。
- d) 采用超声波法进行新增混凝土构件的内部缺陷、新增混凝土与基材结合面粘结质量检测时，检测方法、记录与判断可按照现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 规定执行。

### 5.3 结果评定

5.3.1 采用回弹-取芯法检测混凝土构件抗压强度时，新增混凝土抗压强度的符合性判定应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中附录 D 的相关规定。其他方法检测混凝土构件抗压强度时，新增混凝土抗压强度的符合性判定应符合现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 相关规定。

5.3.2 钢筋公称直径、数量、钢筋混凝土保护层厚度应按设计文件要求为基准。

5.3.3 工程质量检测时，当抽取构件的全部钢筋的混凝土保护层厚度检测的合格点率为 90 % 及以上时，判定该构件的混凝土保护层厚度检测结果为合格；当抽取构件的全部的钢筋间距检测的合格点率为 90 % 及以上时，判定该构件的钢筋间距检测结果为合格。混凝土保护层厚度的偏差允许值的取值应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

5.3.4 结构性能检测时，应将设计要求的混凝土保护层厚度相同的同类构件作为一个检验批，按本标准 4.2.4 中确定受检构件的数量，检验批混凝土保护层厚度的评定应按现行国家标准《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 相关规定执行。

5.3.5 新增混凝土工程质量的检测应按工程施工时依据的国家有关标准对缺陷进行符合性判定。新增混凝土与基材结合面缺陷不应集中在主要受力部位。

## 6 灌浆料加固工程检测

### 6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于建筑结构加固工程中承重结构混凝土构件、砌体构件增大截面工程中采用水泥基灌浆料的现场检测。

6.1.2 灌浆料加固工程检测可分为外加水泥基灌浆料强度、水泥基灌浆料中钢筋、水泥基灌浆料浇筑缺陷、结合面粘结质量等检测项目。

### 6.2 检测内容与方法

6.2.1 水泥基灌浆料加固工程检测前，应先对下列收集的资料进行调查：

- a) 灌浆料出厂检验报告和进场复验报告；
- b) 现场留样试块的抗压强度检测报告。

6.2.2 水泥基灌浆料层满足下列条件时，可采用回弹法检测水泥基灌浆料层抗压强度：

- a) 应为灌浆料与细石混凝土拌制的混合料，不应为纯灌浆料，并采用灌浆法灌制而成，且细石混凝土粗骨料的最大粒径不应大于 12.5 mm；
- b) 灌浆料层的龄期应不少于 28 d，不宜超过 900 d；
- c) 灌浆料层的厚度应不小于 60 mm；其所配钢筋的保护层厚度实测值应不小于 15 mm；
- d) 灌浆料面层应干燥、清洁、平整。

6.2.3 采用回弹法检测水泥基灌浆料层抗压强度时，检测仪器、检测范围、检测技术及计算方法应符合下列规定：

- a) 回弹仪的技术指标应符合本规程附录 D 规定；
- b) 本规程灌浆料抗压强度检测范围为 C30 ~ C65；
- c) 检测时应在构件上均匀布置测区，每个构件上的测区数不应少于 10 个，每一测区应回弹 16 个测点，每一测点的回弹值应精确至 1；测区应布置在构件混凝土浇筑方向的侧面，并宜布置在构件的两个对称侧面上，当不能布置在对称的可测面上时，可布置在同一可测面上；在构件的重要部位及薄弱部位应布置测区，并应避开预埋件；
- d) 回弹测试时，回弹仪的纵轴线应始终与混凝土成型侧面保持垂直，按水平方向进行弹击，并应缓慢施压、准确读数、快速复位；
- e) 计算测区回弹值时，从每一测区内的 16 个回弹值中分别剔除 3 个最大值和 3 个最小值，将余下的 10 个回弹值按下式计算，其结果作为该测区回弹值的代表值（计算精确至 0.1）：

$$R = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i \quad (1)$$

式中：

$R$  ——测区回弹代表值，精确至 0.1；

$R_i$  ——第  $i$  个测点的有效回弹值。

6.2.4 采用回弹法检测水泥基灌浆料层抗压强度时，抽样规则及强度的推定应符合下列规定：

- a) 灌浆料强度可按单个构件或按批量进行检测，对同批构件按批抽样检测时，构件应随机抽样，抽样数量不宜少于同批构件的 30 %，且不宜少于 10 件。当检验批中构件数量大于 50 时，构件抽样数量可按现行国家标准《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 进行检验批灌浆料的强度推定。
- b) 测区强度换算值应优先采用专用测强曲线和地区测强曲线换算取得。无专用测强曲线和地区测强曲线时，可采用本规程附录 D.0.2 的测强曲线公式，计算结构或构件中第  $i$  个测区灌浆料抗压强度换算值，具体可查表 D.0.2 进行换算。

- c) 结构或构件的测区灌浆料换算强度平均值可根据各测区的灌浆料强度换算值计算。当测区数为 10 个及以上时, 应计算强度标准差。平均值和标准差应按下列公式计算:

$$m_{f_{cu}^c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}^c \quad (2)$$

$$s_{f_{cu}^c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^c)^2 - n(m_{f_{cu}^c})^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中:

$m_{f_{cu}^c}$  —— 结构或构件测区灌浆料抗压强度换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1 MPa;

$s_{f_{cu}^c}$  —— 结构或构件测区灌浆料抗压强度换算值的标准差 (MPa), 精确至 0.1 MPa;

$f_{cu,i}^c$  —— 结构或构件第 i 个测区灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1 MPa;

$n$  —— 测区数。对单个检测的构件, 取一个构件的测区数; 对批量检测的构件, 取被抽检构件测区数之总和。

- d) 结构或构件的灌浆料强度推定值 ( $f_{cu,e}$ ) 应按下列公式确定:

- 1) 当结构或构件测区数少于 10 个时, 应按下式计算:

$$f_{cu,e} = f_{cu,\min}^c \quad (4)$$

式中:

$f_{cu,\min}^c$  —— 结构或构件测区最小灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1 MPa。

- 2) 当结构或构件测区数不少于 10 个或按批量检测时, 应按下式计算:

$$f_{cu,e} = m_{f_{cu}^c} - 1.645s_{f_{cu}^c} \quad (5)$$

- e) 对按批量检测的结构或构件, 当该批构件灌浆料强度标准差出现下列情况之一时, 该批构件应按单个构件检测:

- 1) 该批构件的灌浆料抗压强度换算值的平均值 ( $m_{f_{cu}^c}$ ) 不大于 30.0 MPa, 且标准差 ( $s_{f_{cu}^c}$ ) 大于 5.50 MPa;

- 2) 该批构件的灌浆料抗压强度换算值的平均值 ( $m_{f_{cu}^c}$ ) 大于 30.0 MPa, 且标准差 ( $s_{f_{cu}^c}$ ) 大于 6.50 MPa。

6.2.5 新增水泥基灌浆料层钢筋检测, 应符合本规程 5.2.2 的规定。

6.2.6 新增水泥基灌浆料层外观质量缺陷检测, 应符合本规程 5.2.3 的规定。

6.2.7 结合面粘结质量可采用冲击回波法、超声法检测, 应符合本规程 5.2.4 的规定。

### 6.3 结果评定

6.3.1 新增水泥基灌浆料层钢筋检测的评定应符合本规程 5.3.3 ~ 5.3.4 的要求。

6.3.2 新增水泥基灌浆料层外观缺陷、内部缺陷、结合面粘结质量的评定应符合本规程 5.3.5 的要求。

## 7 外加砂浆面层加固工程检测

### 7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于既有建筑结构加固工程中外加砂浆面层的检测。

7.1.2 既有建筑结构加固工程中外加砂浆面层的质量检测可分为外加砂浆面层抗压强度、面层厚度、配筋、外加砂浆面层外观缺陷及结合面粘结质量等检测项目。

### 7.2 检测内容与方法

7.2.1 满足下列条件时，可采用回弹法检测承重构件外加砂浆面层的抗压强度：

- a) 外加面层的砂浆为水泥砂浆；在砂浆组份中允许含有聚合物及常用的外加剂，但不得有石灰或粘土；
- b) 砂浆的龄期应不少于 28 d；
- c) 砂浆面层的厚度应不小于 25 mm；其所配钢筋或钢丝绳的保护层厚度实测值应不小于 15 mm；
- d) 砂浆面层应干燥、平整，且浮灰、起砂等表面缺陷已清理干净。

7.2.2 采用回弹法检测承重构件外加砂浆面层的抗压强度时，应符合下列规定：

- a) 砂浆回弹仪的技术指标应符合现行国家标准《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 的相关规定。
- b) 对承重构件外加砂浆面层进行回弹和碳化深度测试时，测区应均匀布置，回弹测点应避开钢筋或钢丝绳的位置，可采用钢筋探测仪测定，将钢筋或钢丝绳的位置标出。
- c) 回弹检测的步骤及检测结果的计算分析，应按现行国家标准《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 的规定执行。
- d) 承重构件外加层测区  $i$  的砂浆抗压强度平均值  $f_{2i,c}$  按下式确定：

$$f_{2i,c} = \eta_c f_{2i} \quad (6)$$

式中：

$f_{2i}$  ——按现行国家标准《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 “回弹法”一章计算确定的测区  $i$  的砂浆抗压强度平均值；

$\eta_c$  ——砂浆面层抗压强度修正系数，一般取等于 1.2；若有可靠的对比试验数据，可按试验结果确定。

- e) 当需推定检测批砂浆抗压强度值时，应按《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315 的规定执行。

7.2.3 外加砂浆面层配筋检测可分为外加砂浆面层中配筋的间距、公称直径、位置及保护层厚度等检测项目。外加砂浆面层配筋检测，应符合下列规定：

- a) 检测前宜清除饰面层再进行外加砂浆面层配筋检测；聚合物砂浆面层厚度可局部破损后采用钢尺进行检测。
- b) 配筋的间距、位置、数量及保护层厚度，宜采用非破损的电磁感应法进行检测，可凿开进行钢筋直径验证，配筋的公称直径宜通过原位实测或取样实测法进行验证。
- c) 外加砂浆面层配筋检测的检测技术及数据处理，可按照现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的规定进行。

7.2.4 外加砂浆面层外观缺陷检测，应遵守下列规定：

- a) 外加砂浆面层外观缺陷的检测内容及评定，可按现行国家标准《建筑结构加固工程施工验收规范》GB 50550 中相关规定进行。
- b) 外加砂浆面层外观缺陷，可采用目测与尺量的方法检测，宜检测全部外加面层；应记录其位置、形态、范围、数量、深度，可采用表格或图形的形式。

7.2.5 外加砂浆面层与基材结合面粘结质量可采用冲击回波法、红外热成像法进行检测。检测时，宜先采用红外热成像法进行全面检查，再采用瞬态冲击法对可疑部位进行详测，可采用局部破损对可疑区域进行验证。

- a) 采用冲击回波法检测时，可按《冲击回波法检测混凝土缺陷技术规程》JGJ/T 411 规定的方法进行检测。检测结果应按本规程附录 C 的要求记录。
- b) 采用红外热成像法检测时，可按本规程附录 E 的规定进行检测。检测结果可按本规程附录 F 记录。

- c) 采用瞬态冲击法检测时,可按本规程附录 A 的规定进行检测。检测结果应按本规程附录 B 的要求记录。
  - d) 结合面粘结质量的检测结果应记录空鼓的分布情况并应按总有效粘结面积(无缺陷面积)与总粘结面积之比的百分数表示。
- 7.2.6 外加砂浆面层与基材间的正拉粘结强度检测的检测仪器、检测技术可按现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 中附录 U 的相关规定进行。

### 7.3 结果评定

- 7.3.1 外加砂浆面层抗压强度的符合性判定应符合现行行业标准《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 相关规定。
- 7.3.2 外加砂浆面层配筋的检测,应以设计文件的规定为基准。
- 7.3.3 当抽取构件的全部配筋的砂浆保护层厚度检测的合格点率为 90 % 及以上时,判定该构件的砂浆保护层厚度检测结果为合格;当抽取构件的全部的配筋间距检测的合格点率为 90 % 及以上时,判定该构件的钢筋间距检测结果为合格。保护层厚度的偏差允许值的取值应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的相关规定。
- 7.3.4 外加砂浆面层工程质量的检测应按工程施工时依据的国家有关标准对缺陷进行符合性判定,且外加砂浆面层与基材结合面缺陷不应集中在主要受力部位;外加砂浆面层与基材间的正拉粘结强度评定方法应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 附录 U 的相关规定。

## 8 外粘纤维复合材加固工程检测

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 本章适用于既有建筑结构加固工程中外粘纤维复合材织物、预应力碳纤维复合板加固质量的现场检测。
- 8.1.2 外粘纤维复合材加固质量的现场检测,包括其与基材混凝土之间的粘结质量、纤维复合材(织物)搭接长度。

### 8.2 检测内容与方法

- 8.2.1 外粘纤维复合材与基材混凝土的正拉粘结强度检测前,应收集下列资料:
- a) 被加固混凝土构件的受力形式及纵向受力钢筋的配筋率等基本信息。
  - b) 被加固构件的混凝土抗压强度资料。
- 8.2.2 外粘纤维复合材与基材混凝土的正拉粘结强度现场检测的方法应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 附录 U 的要求。
- 8.2.3 外粘纤维复合材与基材混凝土的有效粘结面积可采用红外热成像法、瞬态冲击法进行检测。
- a) 可将粘贴的纤维复合材或预应力碳纤维复合板分区,逐区测定粘贴面的空鼓情况。
  - b) 采用瞬态冲击法检测时,应按本规程附录 A 的规定进行检测。检测结果应按本规程附录 B 的要求记录。
  - c) 采用红外热成像法检测时,应按本规程附录 E 的规定进行检测。检测结果按本规程附录 F 的要求记录。
  - d) 粘结质量的检测结果应记录单个空鼓面积,空鼓的分布情况并应按总有效粘结面积(无缺陷面积)与总粘结面积之比的百分数表示。
- 8.2.4 纤维复合材(织物)搭接长度可采用钢卷尺进行测量,对抽取的构件中所有搭接长度进行检测,可采用局部破损进行验证。检测时,应同时测量纤维复合材受力方向(顺纹方向)每端的搭接长度、非

受力方向（横纹方向）每边的搭接长度，读取 2 处的测量值，计算平均值，精确至 1 mm。

### 8.2.5 结果评定

8.2.6 外粘纤维复合材料与基材混凝土的正拉粘结强度检测，其检测结果应符合表 1 要求。

表 1 现场正拉粘结强度的合格指标

种类	项目	基材混凝土实测 强度等级	合 格 指 标	
纤维复合材织物（碳纤维、 芳纶纤维、玻璃纤维等）	正拉粘结强度及 其破坏形式	C15 ～ C20	≥1.5 MPa	且为混凝土内聚破坏
		≥C45	≥2.5 MPa	
预应力碳纤维复合板		≥C25	≥2.0 MPa	
注 1：采用纤维复合材织物加固时，若基材混凝土实测强度检测结果介于 C20～C45 之间，允许按换算的强度等级以线性插值法确定其合格指标				
注 2：本表给出的是单个试件的合格指标。检验批的合格评定，应按《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的合格评定标准进行				

8.2.7 外粘纤维复合材料与基材结合面缺陷应按工程施工时依据的国家有关标准对缺陷进行符合性判定。

8.2.8 外粘纤维复合材料的搭接长度应以设计文件的规定为基准，偏差允许值的取值应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的相关规定。

## 9 外加钢构件加固工程检测

### 9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于既有建筑结构加固工程中外包型钢加固、粘贴钢板加固、钢结构构件加固及增设支点加固工程中外加钢构件的质量检测。

9.1.2 外包型钢、粘贴钢板加固工程的现场检测，包括结构胶粘剂粘合钢板与基材混凝土的正拉粘结强度检测、钢材焊缝表面质量及内部缺陷的检测、防腐或防火涂层厚度检测；钢结构构件加固工程质量的现场检测，包括既有建筑结构加固工程中钢构件焊缝表面质量及内部缺陷的检测、螺栓和铆钉连接质量的检测、防腐或防火涂层厚度检测；增设支点加固工程的现场检测，包括支撑体系的尺寸检测、钢支撑连接质量检测、钢构件的变形检测。

9.1.3 焊缝质量的无损探伤检测应在外观检查合格后进行。

### 9.2 检测方法及结果评定

9.2.1 结构胶粘剂粘合钢板与基材混凝土的正拉粘结强度检测的检测仪器、检测技术及评定标准可参考《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 附录 U 执行。

9.2.2 焊缝外观质量的检测方法及结果评定应符合下列要求：

- 焊缝外观质量的检测应在焊缝清理完毕后进行，主要检测裂纹、焊瘤、表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤、未焊透、根部收缩、压痕、咬边和接头不良等缺陷的情况。一般采用目测，辅以 2~6 倍放大镜并在合适的光照条件下进行。焊缝的外观质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中相关规定。
- 焊缝尺寸的检测可分为焊缝焊脚尺寸、焊缝余高和错边检测，焊缝的尺寸允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 中相关规定。

9.2.3 焊缝表面质量的检测方法及结果评定应符合下列要求：

- 焊缝磁粉检测

1) 磁粉检测适用于铁磁性材料熔化焊缝表面或近表面缺陷的检测,磁粉探伤检测方法应参照国家现行标准《焊缝无损检测 磁粉检测》GB/T 26951 的规定;

2) 磁粉检测可允许有线型缺陷和圆型缺陷存在,当缺陷磁痕为裂纹缺陷时,直接评定为不合格,评定为不合格时,应对其进行返修,且返修后应进行复检。

#### b) 焊缝渗透检测

1) 渗透检测适用于钢结构焊缝表面开口缺陷的检测,渗透探伤检测方法应参照国家现行标准《无损检测 渗透检测方法》JB/T 9218 的规定;

2) 渗透检测可允许有线型缺陷和圆型缺陷存在,当缺陷磁痕为裂纹缺陷时,直接评定为不合格,评定为不合格时,应对其进行返修,返修后应进行复检。

#### 9.2.4 焊缝内部缺陷的检测方法及结果评定应符合下列要求:

a) 对设计要求全焊透的一、二级焊缝或钢材等强对接焊缝的质量,应采用超声波进行内部缺陷的检测,超声波探伤不能对缺陷作出判断时,应采用射线探伤;

b) 超声波探伤方法和缺陷的分级应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 的规定;

c) 射线探伤方法和缺陷的分级应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 中检测方法与评定的规定。

9.2.5 外包型钢与缀板、箍板以及其他连接件等焊接后,其焊缝应平直,焊波应均匀,无虚焊、漏焊,且焊缝尺寸及连接质量应符合本规程第 9 章 9.2.2、9.2.3、9.2.4 中的相关规定。

#### 9.2.6 螺栓和铆钉连接质量的检测应符合下列要求:

a) 普通螺栓和铆钉应检测是否松动、断裂及缺失,可采用观察或锤击的方法检测。

b) 受拉螺栓应检测是否采用双螺母或用弹簧垫片防松;应检测普通螺栓螺杆外露丝扣数。

c) 高强螺栓应检测螺栓丝扣外露扣数,连接摩擦面是否干燥、整洁、涂漆,高强螺栓连接副终拧扭矩检验应在施拧后 1 小时至 48 小时内完成,检验方法及结果评定可参考《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定执行。

9.2.7 外加钢材的防腐或防火涂层厚度检测的检测技术及结果评定应按现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 执行。

9.2.8 外加钢构件应检测其全部尺寸,每个尺寸在构件的 3 个部位量测,取 3 处测试值的平均值作为该尺寸的代表值,钢材的厚度可采用超声测厚仪测定。

9.2.9 增设支点加固工程中外加钢构件变形检测符合《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 有关规定。在增设支点加固工程施工阶段及使用过程中,对外加钢构件及主体结构中重要构件的各阶段的应力、变形等进行监测和分析,对结构安全性能进行评估。测量方法及要求参考《建筑变形测量规范》JGJ 8、《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982、《建筑工程施工过程结构分析与监测技术规范》JGJ/T 302 等规范执行。

9.2.10 增设支点加固工程中支撑体系构件的尺寸检测及评定可按本章 9.2.8 的规定执行;钢支撑体系连接质量的检测,可按本章 9.2.2 ~ 9.2.6 的规定执行,且应符合设计及《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 中相关要求。

## 10 体外预应力加固工程检测

### 10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于既有建筑结构加固工程采用无粘结钢绞线、高强钢筋、普通钢筋为预应力拉杆进行钢筋混凝土结构构件体外预应力加固质量的现场检测。

10.1.2 既有建筑结构加固工程中体外预应力加固工程的检测可分为锚具及夹具、锚固区混凝土、有效

预应力、紧固连接件、杆件尺寸、线形符合性、防腐防火涂层等检测项目。

## 10.2 检测方法及其结果评定

10.2.1 体外预应力加固工程现场检测前，应收集下列资料并进行调查：

- a) 锚具及夹具、预应力拉杆、撑杆、锚垫板等的出厂检测报告、复试报告；
- b) 预应力张拉记录；
- c) 加固构件的长期使用的环境温度情况。

10.2.2 宜对体外预应力加固工程的全部锚具及夹具进行外观缺陷检测。

10.2.3 锚固区混凝土检测可分为外观缺陷、内部缺陷，混凝土实体强度检测项目。检测方法及结果评定参照本规程第四章相关规定执行。

10.2.4 紧固连接件的检测可分为尺寸、位置偏差、缺陷、构造、其与原结构连接质量检测项目。尺寸、位置偏差的检测，应以设计文件的规定为基准。紧固连接件工程质量的检测应按工程施工时依据的国家有关标准对缺陷进行符合性判定。焊缝表面质量和内部缺陷的检测方法及结果评定应按本规程第八章的相关规定执行。钢材的厚度、品种检测技术及结果评定应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 相关规定。

10.2.5 预应力杆件尺寸、线形符合性检测采用全站仪、三维激光扫描仪或尺量的方法，检测其位置、尺寸、规格、数量是否符合设计要求，是否受损伤或变形。预应力筋定位控制点的竖向控制位置的允许偏差应符合表 2 的规定：

表 2 竖向控制位置的允许偏差

构件截面高度 $h$ (mm)	$h \leq 300$	$300 < h \leq 1500$	$h > 1500$
允许偏差 (mm)	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$
注：检测数量为预应力筋总数的 5%，且不少于 5 束，每束不应少于 5 处；竖向位置偏差合格率应达到 90% 以上，且不得有超过表中数值的 1.5 倍的尺寸偏差			

10.2.6 预应力筋为钢绞线的，应全数检查钢绞线，钢绞线出现断裂或滑脱的数量不应超过同一截面钢绞线总根数的 3%，且每根断裂的钢绞线断丝不得超过一丝；对多跨双向连续板，其同一截面应按每跨计算。

10.2.7 采用反拉法或等效质量法检测有效预应力时，应符合下列规定：

- a) 有效预应力的检测值与工程设计规定检验值的相对允许偏差为  $\pm 5\%$ 。检测数量应为预应力总数的 3%，且不得少于 5 束。
- b) 反拉法检测时应严格控制夹片位移量，确保检测过程中对原有结构承载力不产生影响。

10.2.8 体外预应力及被加固构件的防腐或防火涂层厚度检测时，检测仪器、检测方法及结果评定，应符合现行国家标准《钢结构现场检测技术标准》GB/T 50621 的规定。



## 附录 A

(规范性)

## 瞬态冲击法检测结合面粘结质量

- A.1 本附录适用于现场条件下检测新增混凝土、砂浆面层加固材料、纤维复合材与基材结合面的质量。
- A.2 此方法用于快速确定结合面空鼓、空洞等不良结合缺陷的区域位置。宜和超声波法结合使用，确定缺陷的具体大小及深度。
- A.3 瞬态冲击法检测系统宜满足下列技术要求：
- 瞬态冲击法检测系统宜由力锤、速度传感器、信号采集分析仪等组成。
  - 数据采集与记录宜采用多通道宽频道的数据采集存储系统，其 A/D 转换器位数应不小于 12 位。
  - 力锤、传感器应与信号采集分析仪相连接，锤击冲击力信号数据和传感器获取的振动速率信号数据都应记录在信号采集分析仪中。
  - 速度传感器频率下限应不大于 20 Hz，横向灵敏度应小于 5 %；检测系统应满足能测量 20 Hz ~ 1000 Hz 频率范围的要求。
  - 信号采集分析仪应具有数据调整、收集及基本的数据处理数功能。
  - 仪器工作环境温度在 -10 °C ~ +50 °C 之间，工作环境湿度不应大于 90 %。
- A.4 检测方法应符合下列要求：
- 检测构件应随机抽取，抽样数量应满足本规程第 4 章 4.2.4 的要求。
  - 相邻两测点间距不应大于 20 cm，测点应均匀分布，避开预埋件；对检测出缺陷的区域应进行缺陷区域边界判定，判定时相邻测点间距不应大于 5 cm。
  - 检测宜在加固层进行外粉刷之前进行，检测前应清除测试区域表面的附着物，且检测表面不应有蜂窝、麻面以及疏松层。
  - 传感器与测试构件间，宜使用耦合剂。不使用耦合剂测试时，应用力压紧传感器，以减少两者之间的空气含量。
  - 力锤敲击位置离传感器宜为 50 mm ~ 60 mm。
- A.5 数据处理及结果评定
- 检测过程中，应对数据做预处理：信号标定、变换；消除趋势项；滤波处理。
  - 信号数据获取后，将速度响应时程曲线与力锤的力响应时程曲线进行傅里叶变换，将锤击冲击力信号数据和振动速率信号数据信号分解成对应的幅值分量和频率分量。
  - 按下式绘制瞬态冲击导纳曲线：

$$Y(f) = \frac{V(f)}{F(f)} \quad (7)$$

式中：

 $Y(f)$  ——以频率为变量的瞬态冲击函数； $V(f)$  ——以频率为变量的速率函数； $F(f)$  ——以频率为变量的敲击力度函数。

- d) 进行转换后的数值分析，按下式计算瞬态冲击比值

$$Y_R^i = \frac{\bar{Y}_i}{Y_0} \quad (8)$$

式中：

 $\bar{Y}_i$  ——第 i 测点 30 Hz ~ 200 Hz 的频率区间范围内瞬态冲击均值，精确到  $10^{-5}$  m/s N； $Y_0$  ——无缺陷点瞬态冲击值，精确到  $10^{-5}$  m/s N； $Y_R^i$  ——第 i 测点的瞬态冲击比值。

- e) 无缺陷点瞬态冲击值取值方法为,选取构件上三个无缺陷点,计算各个无缺陷点 30 Hz~ 200 Hz 的频率区间范围内平均瞬态冲击值,取这三个点的平均值作为无缺陷点瞬态冲击值。当所取三个无缺陷测点中,存在大于平均值 30 %的测点,则选取三个测点中的最小值作为无缺陷点瞬态冲击值。
- f) 当瞬态冲击比值大于 1.3 时,同时瞬态冲击曲线中瞬态冲击值分布不均匀,可判断检测区域存在缺陷。
- g) 当某些测点的瞬态冲击比值被判为异常值时,可结合异常测点的分布及波形状况确定加固层与原结构间存在粘结质量缺陷的位置及范围。

## 附录 B

(规范性)

## 瞬态冲击法检测结合面粘结质量记录表

B.1 瞬态冲击法检测结合面粘结质量记录表参见表 B.1。

表 B.1 瞬态冲击法检测结合面粘结质量记录表

工程名称							
建设单位					设计单位		
施工单位					监理单位		
序号	构件名称	检测部位	均值 (m/s N)	无缺陷点值 (m/s N)	比值结果	缺陷情况 描述	备注
备注：(可画图示意检测部位)							

检测：

记录：

测试日期： 年 月 日

## 附录 C

(规范性)

## 冲击回波法检测结合面粘结质量记录表

C.1 瞬态冲击法检测结合面粘结质量记录表参见表 C.1。

表 C.1 瞬态冲击法检测结合面粘结质量记录表

委托编号			工程名称	
测试日期			检测依据	
施工日期			检测环境/构件表面状态	
结合面	<input type="checkbox"/> 钢—混 <input type="checkbox"/> 混—混		混凝土设计强度等级	
上层设计厚度	mm		构件名称	
仪器设备	型号: _____ 编号: _____			
	参数	采样频率= _____ kHz; 采样点数= _____ 点; 滤波方式: _____		
构件表观波速 (m/s)				
测区/测点/测线 编号	计算/冲击回波测得厚度值 T (m)	结果图 (振幅谱图、厚度图 等) 编号	粘结质量描述 (分布位置 等情况)	
检测部位 (测区、 测点/测线) 分布示 意图				

测试:

记录:

第

页共

页

## 附录 D

(规范性)

## 采用标称动能 4.5J 回弹仪推定水泥基灌浆料强度

D.1 标称动能为 4.5J 的回弹仪应符合下列规定：

- a) 水平弹击时，在弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪的标称动能应为 4.5 J；
- b) 在配套的洛氏硬度为 HRC60±2A 钢砧上，回弹仪的率定值应为 88±2。

D.2 采用标称动能为 4.5J 回弹仪时，结构或构件的第  $i$  个测区灌浆料强度换算值可按表 D.0.2 直接查得。

表 D.0.2 采用标称动能为 4.5J 回弹仪时测区混凝土强度换算值

R	$f_{cu,i}^c$	R	$f_{cu,i}^c$	R	$f_{cu,i}^c$	R	$f_{cu,i}^c$
32.0	24.5	39.0	34.5	46.0	45.8	53.0	58.4
33.0	25.9	40.0	36.0	47.0	47.5	54.0	60.3
34.0	27.2	41.0	37.6	48.0	49.2	55.0	62.2
35.0	28.6	42.0	39.1	49.0	51.0	56.0	64.2
36.0	30.0	43.0	40.8	50.0	52.8	57.0	66.2
37.0	31.5	44.0	42.4	51.0	54.7	58.0	68.2
38.0	33.0	45.0	44.1	52.0	56.5	59.0	70.2
注 1：表内未列数值可用内插法求得，精确至 0.1MPa 注 2：表中 R 为测区间回弹代表值， $f_{cu,i}^c$ 为测区灌浆料强度换算值 注 3：表中数值是根据曲线公式 $f_{cu,i}^c = 0.06343R^{1.71899}$ 计算求得							

## 附录 E

## (规范性)

## 红外热成像法检测结合面粘结质量

- E.1 本附录适用于现场条件下检测纤维复合材、砂浆面层加固材料与基材结合面的质量。
- E.2 对于抽取的构件，宜先采用此方法进行检测。
- E.3 红外热成像法检测加固材料与基材结合面粘结缺陷用的红外热成像仪工作波段宜为  $8\ \mu\text{m} \sim 14\ \mu\text{m}$  长波范围。
- E.4 检测方法应符合下列要求：
- 室外检测时宜在晴朗天气下进行检测。工作环境温度宜在  $0\ ^\circ\text{C} \sim 40\ ^\circ\text{C}$  之间，湿度不宜大于 90 %。
  - 检测宜在加固层进行外粉刷之前进行，检测部位不得有污渍、阴影等遮挡物。
  - 检测方案的最佳检测时间：宜在 3 小时内空气温差达到  $+5\ ^\circ\text{C}$  后半小时内降温小于  $1\ ^\circ\text{C}$  时进行检测。
  - 宜在与目标距离相等的不同方位扫描同一个部位，检查临近物体的热辐射是否对受检构件表面造成影响。
  - 检测时，红外热像仪镜头及被测部位应避免灯光及阳光的直射。
  - 拍摄距离宜控制在  $10\ \text{m} \sim 50\ \text{m}$  范围内。
  - 对于门窗、墙体转角等边界检测区域及建筑物的阴阳角、外表面凹凸的墙体宜采用瞬态冲击法等非破损检测方法进行验证。
  - 对于大的立面，可分区域进行拍摄，相邻图像间应有重合部分，处理拍摄结果时，进行拼接合成、修正。
  - 拍摄的红外热像图可采用负片效果进行缺陷分析。
  - 加固材料与基材结合面缺陷温度异常参考值：一般情况下室外为  $0.4\ ^\circ\text{C}$  以上，室内为  $0.3\ ^\circ\text{C}$  以上。
- E.5 参考热图谱

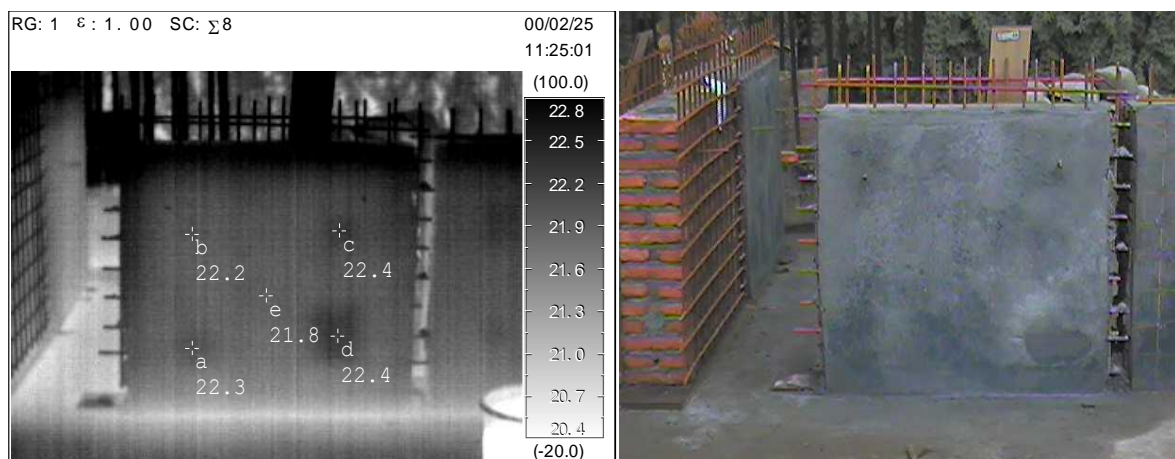


图2 外加砂浆面层与基材结合面粘结缺陷

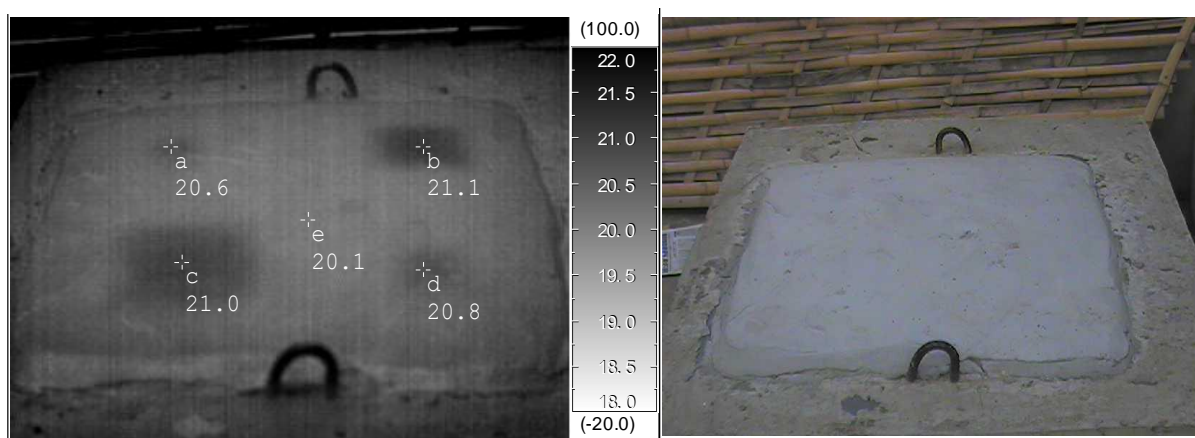


图3 外贴纤维复合材与基材结合面粘结缺陷