

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/ T 550—2012

钢板-混凝土组合加固混凝土桥梁 设计与施工技术规范

2012 - 04 - 11 发布

2012 - 05 - 10 实施

陕西省质量技术监督局 发布

前 言

本标准由西安公路研究院、长安大学提出。

本标准由陕西省交通运输厅归口。

本标准起草单位：西安公路研究院、长安大学。

本标准主要起草人：袁卓亚、石雄伟、王春生、马毓泉、冯威、王茜、许冰、高珊等。

本标准由西安公路研究院负责解释。

本标准为首次发布。

钢板-混凝土组合加固混凝土桥梁 设计与施工技术规程

1 范围

本标准规定了钢板-混凝土组合加固混凝土桥梁的加固设计、施工准备与施工组织、加固施工、施工质量检验等内容。

本标准适用于钢板-混凝土组合加固混凝土桥梁的设计和施工。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50204 混凝土工程施工质量验收规范
- GB 50367-2006 混凝土结构加固设计规范
- GBJ 107 混凝土强度检验评定标准
- JTG F80/1-2004 公路工程质量检验评定标准
- JTG/TJ22-2008 公路桥梁加固设计规范
- JTJ D62 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桥梁加固 strengthening of existing bridge

对桥梁的主要承重结构、构件及其相关部分采用增强、局部更换或调整其内力等措施，使其满足相关设计规范及标准要求。

3.2

钢板-混凝土组合加固 steel plate-concrete composite strengthening

通过在钢板上焊接栓钉、既有混凝土表面植筋、既有构件和加固钢板间浇注混凝土等措施使加固部分与原构件形成整体共同工作的加固方法。

3.3

原构件 existing structure member

桥梁实施加固前的既有构件。

3.4

植筋 bonded rebars

以专用的结构胶黏剂将螺杆锚固或带肋钢筋于构件混凝土中。

3.5

自密实混凝土 self-compacting concrete

由水泥、矿粉、细骨料、粗骨料、膨胀剂、外加剂和水按一定比例配置形成的无需振捣能够密实的混凝土。其特点是具有高流动性，保证混凝土能自流密实成型；具有高粘聚性，保证混凝土流动及停放过程中不发生离析现象；具有高保水性，保证混凝土硬化过程表面无泌水；硬化过程不收缩，具有微膨胀性能。

3.6

栓钉焊接 stud welding

将栓钉一端与钢板表面接触通电引弧，待接触面熔化后，给栓钉一定压力完成焊接。

4 钢板-混凝土组合加固设计

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于钢筋混凝土和预应力混凝土承重构件的加固，以提高承重构件的承载力和刚度。

4.1.2 依据原桥梁设计图、竣工图及检测评估报告进行加固设计，设计人员应对桥梁主要病害进行现场核对。

4.1.3 加固设计计算过程中材料参数的取值，应根据桥梁现场的检测结果，充分考虑结构病害、材料劣化、新旧材料的结合性能及材料性能差异。

4.1.4 加固设计计算过程中设计荷载应根据加固目的选取，需维持原设计荷载等级的桥梁采用原设计荷载等级进行计算，需提高设计荷载的桥梁采用目标设计荷载等级进行设计计算。

4.1.5 钢板-混凝土组合加固桥梁构件的作用（或荷载）效应，按如下两阶段进行计算：

——第1阶段：现浇混凝土层达到强度标准值之前，构件按原构件截面计算，荷载应考虑加固时包括原构件自重在内的恒载、新加钢板、新浇混凝土层及施工荷载。

——第2阶段：新增混凝土层达到强度标准值后，构件按加固后整体截面计算，作用（或荷载）应考虑包括加固后构件自重在内的恒载、二期作用的恒载及使用阶段的可变作用。

4.1.6 实桥加固计算，可将钢板当作等面积的钢筋来处理，计算加固后截面的配筋率时，应将新增混凝土考虑在内。

4.2 加固设计计算基本假定

4.2.1 在不同受力阶段，截面变形符合平截面假定。

4.2.2 在极限状态下，原构件受压区边缘混凝土的应变达到极限值，截面受压区应力简化为矩形计算，混凝土强度取抗压强度设计值。

4.2.3 在极限状态下，原构件受拉区钢板与钢筋均为理想弹塑性材料，钢板与钢筋取抗拉强度设计值，不考虑受拉区混凝土的抗拉强度。

4.2.4 加固混凝土与原梁混凝土截面、钢板与加固混凝土截面共同工作性能良好，变形协调，无相对滑移，共同受力。

4.3 抗弯承载力加固计算

4.3.1 采用钢板-混凝土组合加固对混凝土矩形截面梁进行抗弯加固时，计算图示见图1，其正截面抗弯承载力按公式（1）～（6）计算：

4.3.2 采用钢板-混凝土组合加固对混凝土 T 形截面梁进行抗弯加固时，计算图示见图2，正截面抗弯承载力按公式（7）～（9）计算：

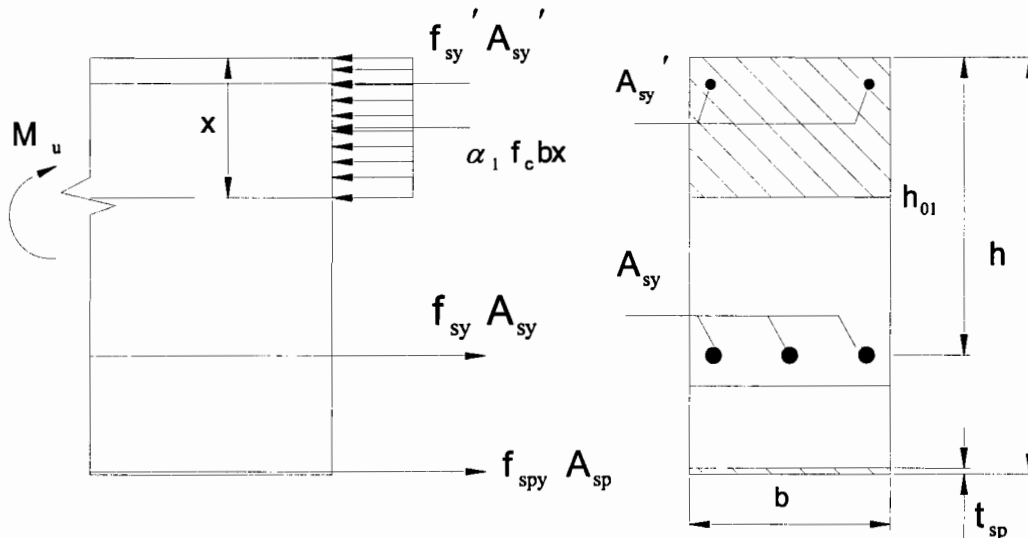


图1 钢板-混凝土组合加固矩形梁正截面抗弯承载力计算图示

$$\alpha_1 f_c b x + f_{sy}' A_{sy}' = \psi_{sp} f_{spy} A_{sp} + f_{sy} A_{sy} \quad \text{..... (1)}$$

$$M_u = f_{sy} A_{sy} \left(h_{01} - \frac{x}{2} \right) + \psi_{sp} f_{spy} A_{sp} \left(h - \frac{t_{sp}}{2} - \frac{x}{2} \right) + f_{sy}' A_{sy}' \left(\frac{x}{2} - a_s' \right) \quad \text{..... (2)}$$

$$\gamma_0 M_d \leq M_u \quad \text{..... (3)}$$

$$\psi_{sp} = \frac{(0.8 \varepsilon_{cu} h/x) - \varepsilon_{cu} - \varepsilon_i}{f_{spy} / E_{sp}} \quad \text{..... (4)}$$

以上公式的适用条件为：

$$\xi_{sp} = \frac{x}{h} \leq \xi_{b,sp} \quad \text{..... (5)}$$

配有受压钢筋时还应满足：

$$x \leq 2a_s' \quad \text{..... (6)}$$

式中：

α_1 ——为受压区混凝土矩形应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值，当混凝土强度等级小于C50时， $\alpha_1 = 1.0$ ；当混凝土强度等级为C80时， $\alpha_1 = 0.94$ ，其间接线性内插法确定；

M_u ——构件加固后正截面极限抗弯承载力；

M_d ——构件加固后的弯矩组合设计值；

A_{sy} 、 A'_{sy} ——原构件受拉区、受压区纵向受力钢筋的截面面积；

f_{sy} 、 f'_{sy} ——原构件纵向受拉、受压钢筋抗拉、抗压强度设计值；

A_{sp} ——受拉钢板面积；

f_{spy} ——加固钢板抗拉设计强度；

h_{01} ——原构件的截面有效高度；

x ——混凝土受压区高度；

a'_s ——受压区钢筋合力点至截面受压边缘的距离；

h ——构件加固后的截面高度；

t_{sp} ——为加固钢板厚度；

f_c ——混凝土轴心抗压强度实测值；

b ——矩形梁宽度；

ψ_{sp} ——考虑二次受力影响时，受拉钢板有可能达不到抗拉强度设计值而引进的折减系数，

物理意义是钢板的实际应变与屈服应变之比；当不考虑二次受力影响时， $\psi_{sp} = 1$ ；当 $\psi_{sp} > 1$ 时，取

$\psi_{sp} = 1$ ；

ε_i ——考虑二次受力影响时的应变滞后；

E_{sp} ——加固钢板弹性模量；

ε_{cu} ——受压区混凝土极限压应变；

$\xi_{b,sp}$ ——界限相对受压区高度；

γ_0 ——结构重要性系数。

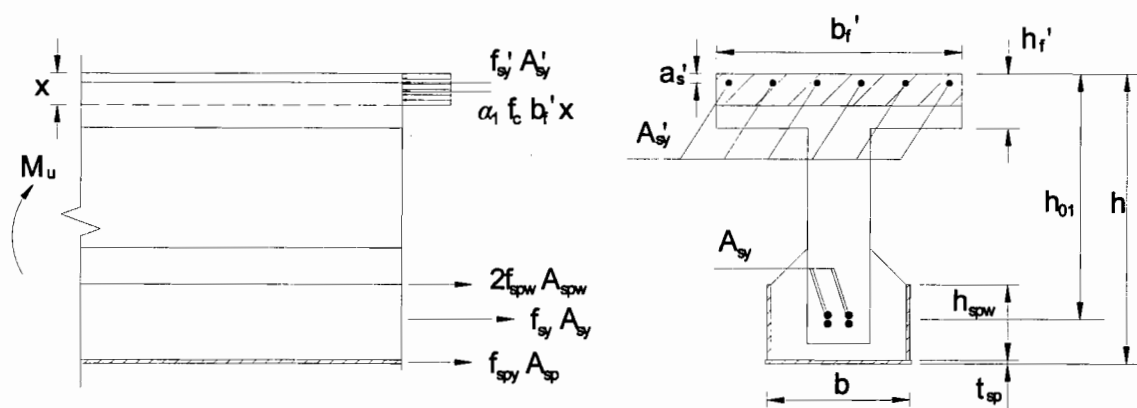


图2 钢板-混凝土组合加固T形截面梁抗弯承载力计算图示

$$\alpha_1 f_c b_f' x + f_{sy}' A_{sy}' = f_{spy} A_{sp} + 2 f_{spy} A_{spw} + f_{sy} A_{sy} \dots\dots\dots (7)$$

$$M_u = f_{sy} A_{sy} \left(h_{01} - \frac{x}{2} \right) + \psi_{sp} f_{spy} A_{sp} \left(h - \frac{t_{sp}}{2} - \frac{x}{2} \right) + 2 \psi_{sp} f_{spy} A_{spw} \left(h - \frac{h_{spw}}{2} - \frac{x}{2} \right) + f_{sy}' A_{sy}' \left(\frac{x}{2} - a_s' \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$\gamma_0 M_d \leq M_u \dots\dots\dots (9)$$

式中:

α_1 ——为受压区混凝土矩形应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值,当混凝土强度等级小于C50时, $\alpha_1 = 1.0$,当混凝土强度等级为C80时, $\alpha_1 = 0.94$,其间按线性内插法确定;

M_u ——构件加固后正截面极限抗弯承载力;

M_d ——构件加固后的弯矩组合设计值;

A_{sy} 、 A_{sy}' ——原构件受拉区、受压区纵向受力钢筋的截面面积;

f_{sy} 、 f_{sy}' ——原构件纵向受拉、受压钢筋抗拉、抗压强度设计值;

A_{sp} ——受拉钢板面积;

f_{spy} ——加固钢板抗拉设计强度;

h_{01} ——构件加固前的截面有效高度;

x ——混凝土受压区高度;

a_s' ——受压区钢筋合力点至截面受压边缘的距离;

α_1 ——为受压区混凝土矩形应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值,当混凝土强度等级小于C50时, $\alpha_1 = 1.0$, 当混凝土强度等级为C80时, $\alpha_1 = 0.94$, 其间按线性内插法确定;

M_u ——构件加固后正截面极限抗弯承载力;

M_d ——构件加固后的弯矩组合设计值;

A_s 、 A'_s ——原构件受拉区、受压区纵向受力钢筋的截面面积;

A_p ——预应力钢筋截面面积;

A_{spw} ——侧向加固钢板面积;

A_{spb} ——底部加固钢板面积;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

f_{sy} 、 f'_{sy} ——原构件纵向受拉、受压钢筋抗拉、抗压强度设计值;

f_{py} ——预应力钢筋抗拉强度设计值;

f_{spy} ——加固钢板抗拉设计强度;

x ——混凝土受压区高度;

a'_s ——受压区钢筋合力点至截面受压边缘的距离;

h ——构件加固后的截面高度;

h_{b1} ——原构件的受拉主筋中心到受压上翼缘顶部的距离;

h_{b2} ——原构件的受拉预应力筋中心到受压上翼缘顶部的距离;

h_{spv} ——侧向加固钢板高度;

h_{spw} ——侧向加固钢板实际宽度;

t_{sp} ——为加固钢板厚度;

b ——组合加固后箱梁下翼缘的宽度;

b'_f ——箱梁上翼缘的有效受压宽度;

ψ_{sp} ——意义同公式(4)。

4.4 抗剪承载力加固计算

4.4.1 采用钢板-混凝土组合加固对混凝土梁进行抗剪加固时,斜截面抗剪承载力按下列公式计算:

$$V_u = \alpha_1 \alpha_3 \left(1.964 - \frac{0.964}{1 + 12.807 \Gamma^{-2.168}} \right) \sqrt{(2 + 0.6P) \sqrt{f_{cu,k} \rho_{sv} f_{sv}}} (0.43 \times 10^{-3} A_0 \psi_{cs} + 0.45 \times 10^{-3} A_h) \cdots \cdots (13)$$

式中:

α_1 ——异号弯矩影响系数, 计算简支梁和连续梁近边支点梁段的抗剪承载力时, $\alpha_1 = 1.0$; 计算连续梁和悬臂梁近中间支点梁段的抗剪承载力时, $\alpha_1 = 0.9$;

α_3 ——受压翼缘的影响系数, 对矩形截面, 取 $\alpha_3 = 1.0$; 对具有受压翼缘的T形或工字形受压截面, 取 $\alpha_3 = 1.1$;

P ——加固后计算截面斜裂缝范围纵向钢筋的配筋百分率, $P = 100\rho$, $\rho = (A_{s1} + A_{s2}) / (A_0 + A_h)$, A_{s1} 和 A_{s2} 分别为原构件斜截面纵向钢筋面积和原构件底面新增钢板的面积;

A_h ——新增混凝土的面积和侧向钢板换算得到的混凝土面积之和;

ψ_{cs} ——与原构件斜裂缝有关的修正系数, 加固前未出现斜裂缝时, 取 $\psi_{cs} = 1.0$; 斜裂缝宽度小于 0.2 mm 时, 取 $\psi_{cs} = 0.835$; 斜裂缝宽度大于 0.2 mm 时, 取 $\psi_{cs} = 0.78$;

$f_{cu,k}$ ——原混凝土立方体抗压强度;

ρ_{sv} ——箍筋的配筋率;

f_{sv} ——箍筋的抗拉强度;

其中:

$\bar{r} = \frac{r}{r+1}$, r 为剪力连接程度, r 为新旧混凝土之间的剪力连接程度与侧向钢板和新加混凝土之间

连接程度的最小值;

$A_0 = bh_0$, b 为原构件的腹板宽度, h_0 为原构件的正截面有效高度。

4.5 新旧混凝土结合计算

4.5.1 在构件受拉区采用钢板-混凝土组合加固的受弯梁, 原构件与新增混凝土之间结的抗剪承载力按下式计算:

$$\gamma_0 V_d \leq 0.12 f_{cd} b h_0 + 0.85 f_{sv} \frac{A_{sv}}{S_v} h_0 \dots\dots\dots (14)$$

式中:

γ_0 ——桥梁结构的重要性系数, 按照 JTJ D62 规定选取;

V_d ——加固后最大剪力组合值;

f_{cd} ——混凝土抗压强度设计值, 当原构件与现浇混凝土不同时, 取两者中较低者;

b ——新旧混凝土的结合面宽度;

h_0 ——加固后构件截面的有效高度;

f_{sv} ——结合面配置的植筋或锚栓抗拉强度设计值;

A_{sv} ——结合面上植筋或锚栓总截面面积；

S_v ——植筋或栓钉的间距。

4.6 植筋锚固计算

4.6.1 单根植筋锚固承载力设计值计算、植筋的锚固深度确定和植筋用粘结剂的粘结强度设计值的取用按照 JTG/TJ22—2008 的有关规定进行。

4.6.2 植筋设计计算应防止混凝土发生劈裂破坏。

4.7 构造要求

4.7.1 新浇混凝土强度等级宜比原构件混凝土强度等级提高一级，且不低于 C30。

4.7.2 混凝土结构加固用的植筋应为热压带肋钢筋，宜采用 HRB335 热轧带肋钢筋，也可采用 HRB400 级和 RRB400 级热轧带肋钢筋，不得使用光圆钢筋。

4.7.3 植筋沿梁的纵向应交错布置；植筋沿梁纵向的最大间距不宜大于加固混凝土厚度的 4 倍，且不大于 400 mm，植筋的净混凝土保护层厚度不宜小于 15 mm。

4.7.4 加固用植筋的直径应不小于 8 mm，不宜大于 28 mm。

4.7.5 用于抗弯能力补强的钢板厚度一般为 6 mm~10 mm，用于抗剪能力提高的钢板厚度一般采用 8 mm~16 mm；沿梁的纵向钢板加固的长度应根据实际需要确定。

4.7.6 栓钉连接件是通过焊接的方式和加固钢板形成整体，栓钉连接件的设计和安装应符合以下要求：

- a) 栓钉长度不宜小于其杆径的 4 倍；
- b) 栓钉外侧边缘与钢板边缘之间的距离不应小于 20 mm，沿梁轴线方向的间距不应小于杆径的 6 倍，最大间距不宜大于加固混凝土厚度的 4 倍，且不大于 400 mm；垂直于梁轴线方向的间距不应小于杆径的 4 倍；
- c) 栓钉与植筋的交叉范围应不小于 30 mm；
- d) 栓钉顶面混凝土厚度不宜小于 15 mm。

4.7.7 新旧混凝土结合面处，原构件表面应凿毛成凹凸不小于 6 mm 的粗糙面，以利于新老混凝土的良好结合。

4.7.8 新增混凝土厚度一般取 60 mm~200 mm

4.7.9 钢板涂层由底层、面层配套组成，厚度不宜小于 200 μm 。

4.7.10 钢板除锈等级不应低于 $\text{Sa}2\frac{1}{2}$ ，喷射或抛射的表面粗糙度宜为 40 μm ~75 μm ，并不应大于涂层厚度的 1/3。

5 施工准备与施工组织

5.1 施工准备

5.1.1 施工前，应对加固桥梁主要病害进行复查，在桥梁加固施工过程中，应加强观测与检查，及时反馈信息以便优化设计。

5.1.2 桥梁加固施工使用的主要材料，其物理力学性能指标应满足设计要求，并应符合国家相关规范及标准要求。

5.2 施工组织设计

5.2.1 应按照现场条件、设计文件和相关技术规范及标准要求编制可操作性强的施工组织设计。

5.2.2 施工组织设计应包括以下内容：编制说明、旧桥概况（含技术状况评定结果）、施工准备及施工总体策划、施工组织机构、加固施工方案、交通组织方案、资金计划、总体进度计划及进度图、质量管理和质量保证体系、安全生产、环境保护等。

5.3 施工安全及环境保护

5.3.1 桥梁加固施工应严格遵守安全操作规程，建立健全安全生产管理制度。对于不中断交通施工的桥梁，应采取必要交通安全保障措施。

5.3.2 施工期间应采取必要措施保护生态环境，化学材料应密封保存，远离火源，施工完成后，现场不应遗留有害化学物质。

5.3.3 桥梁加固施工应尽量减少对原构件的损伤。

6 钢板-混凝土组合加固施工

6.1 施工要点

6.1.1 构件结合面凿毛凹凸差不宜小于 6 mm，并露出粗骨料。

6.1.2 钻孔孔径、孔深以及植筋胶的性能和各项指标应参照 JTG/T J22—2008 及构造要求共同确定。钻孔的位置与原梁纵向受拉钢筋应保持 10 mm ~ 20 mm 的距离，以免钻孔时损伤原结构钢筋。

6.1.3 钢板、栓钉的材料性能、品种和规格均应符合 JTG/T J22—2008 及相关行业技术规范的规定，焊接质量和焊接工艺应符合国家现行行业标准的规定。钢板表面应进行防腐处理。

6.1.4 在浇筑混凝土前，原混凝土表面应清洗干净并保持清洁湿润。

6.1.5 钢板-混凝土组合加固宜采用满堂支架法进行施工。

6.2 施工工序及注意事项

6.2.1 构件结合面处理

凿除既有构件混凝土缺陷部分并凿毛新旧混凝土结合面表面，确保结合面凹凸差不宜小于 6 mm，并露出粗骨料。

6.2.2 植筋定位、钻孔

依据设计图纸进行植筋钻孔定位，若植筋孔位处存在钢筋，可适当调整钻孔位置。

6.2.3 清洁孔壁、钢筋

清洁孔壁、钢筋可采用下列方法：

- a) 将喷嘴伸入成孔底部并吹入洁净的压缩空气，向外拉出喷嘴，反复 3 次；
- b) 将硬毛刷插入孔中清刷 3 次；
- c) 再将喷嘴伸入成孔底部并吹入洁净的压缩空气，向外拉出喷嘴，反复 3 次；
- d) 对植筋的锈迹与油污进行清理；
- e) 植筋前用丙酮或工业酒精擦拭孔壁、孔底。

6.2.4 注胶、植筋

注胶、植筋应符合以下要求：

- a) 植筋用粘结剂应采用专用灌注器或注射器进行灌注，灌注量一般为孔深的 2/3，灌注的方式应不妨碍孔洞中的空气排出并应保证植入钢筋后有少许胶黏剂溢出；
- b) 注入粘结剂后应立即单向旋转插入钢筋，直至达到设计深度，植入钢筋应基本位于钻孔中心并垂直于结合面；
- c) 粘结剂完全固化前不得触动植筋。粘接剂固化时间与环境温度的关系应按产品说明书确定；
- d) 植筋位置的原结构混凝土不得有局部缺陷，若有局部缺陷，应先进行补强或加固处理后再植筋。

6.2.5 钢板加工制作

钢板加工制作应符合以下要求：

- a) 钢板切割边缘表面应光滑、无毛刺、咬口及翘曲等缺陷；
- b) 钢板黏合面可用喷砂或平砂轮打磨至露出金属光泽且应有一定的粗糙度，打磨纹路应与钢板受力方向垂直；
- c) 若采用锚栓连接时，应按锚栓实际位置对钢板钻孔，孔的边缘应清除毛刺；
- d) 钢板对接与交接焊缝质量等级应不低于二级，对接焊缝应焊透。

6.2.6 栓钉焊接

栓钉焊接应符合以下要求：

- a) 焊接前栓钉不得带有油污，两端不得有锈蚀，若有油污或锈蚀应在施工前采用化学或机械方法进行清除；
- b) 瓷环应保持干燥状态，如受潮应在使用前经 120° ~150° 烘干 2 h；
- c) 焊接作业区域的相对湿度不得大于 90%，严禁雨雪天气露天施工；
- d) 栓钉根部焊脚应均匀、全部熔合并 360° 施焊。
- e) 施工过程中应对焊缝质量随时进行检查，发现有缺陷时，应及时进行修补。

6.2.7 混凝土浇筑

混凝土浇筑应符合以下要求：

- a) 填充至既有梁体与加固钢板之间的混凝土应具有较好的流动性，浇筑过程中应采取必要措施确保混凝土密实，与原构件混凝土和钢板紧密结合；
- b) 混凝土的浇筑应连续进行，如因故必须间断时，其间断时间应小于前层混凝土的初凝时间；
- c) 泵送时应考虑自密实混凝土性能、构件形状、配筋状况，应根据试验结果和施工实际确定混凝土浇注的速度；
- d) 对现场浇筑的混凝土应进行监控，当运抵现场的混凝土坍落度低于设计坍落度下限值时不得施工，可采取经试验确认的可靠方法调整坍落度；
- e) 最大自由落下高度不宜超过 2 m，最大水平浇筑段长应视具体情况而定，但一般不宜超过 10 m；
- f) 对上部封闭空间部位的浇筑，应在上部留有排气孔；为防止浇筑不均匀及表面起泡，可在钢板外侧辅助敲击；
- g) 浇筑混凝土期间，应防止支架、钢筋、模板等的移动和变形，当发现有松动、变形、移位时，应及时处理；
- h) 在混凝土浇筑期间及浇筑后 7 d 内应封闭全桥交通，确保混凝土在其强度达到设计强度 70%之前未受扰动及新旧混凝土紧密结合。

6.2.8 钢板防护

钢板防护应符合以下要求：

- a) 钢板防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能等应符合国家有关标准和设计要求；
- b) 涂装前钢板表面应符合设计要求和国家有关标准的规定。处理后的钢板表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。

7 施工质量检验

7.1 一般规定

- 7.1.1 本章适用于钢板-混凝土组合加固施工各环节的质量检验。
- 7.1.2 组合加固所用材料性能、品种和规格均应符合国家、行业相关标准的规定，并满足设计要求。仪器具标定、设备校验应符合国家、行业标定及校准规程的规定。
- 7.1.3 焊工必须经过考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及认可范围内施焊。
- 7.1.4 施工单位应有完整的施工记录，所用原材料、半成品和成品的质量检验结果，材料配比、拌合加工控制检验和试验数据，自检数据等质量保证资料。
- 7.1.5 各施工环节质量检验合格率应在 95%以上，方可进入下一道工序施工。

7.2 植筋施工质量检验

7.2.1 钻孔要求

钻孔孔径应满足表1的要求，直径允许偏差为 ± 1 mm；钻孔深度、垂直度和位置的允许偏差应满足表2的要求。

表1 植筋直径与对应的最佳钻孔直径

单位为毫米

钢筋直径	最佳钻孔直径	钢筋直径	最佳钻孔直径
8	12	20	24
10	14	22	28
12	16	25	32
14	18	28	35
16	20	32	40
18	22		

表2 植筋直径与对应的最佳钻孔直径

植筋位置	钻孔深度允许偏差/mm	钻孔垂直度允许偏差	位置允许偏差/mm
上部结构	+20, 0	$\pm 1^\circ$	± 5

7.2.2 植筋要求

植筋应符合以下要求：

- a) 孔内粘结剂应饱满，不得有未固结现象；
- b) 植筋表面不得有油污、裂纹及其它损伤，钢筋不得弯曲 90° 以上。

- c) 植筋应进行现场抗拔力非破损检验，检验荷载为植筋受拉承载力的 1.15 倍。试验方法应符合 GB 50367-2006 的要求。

7.2.3 其它注意事项

- a) 严禁采用将粘结剂直接涂抹在钢筋上植入孔中的植筋方式；
b) 施工中的废孔应采用高于构件混凝土 1 个强度等级的水泥砂浆或粘结剂填实。

7.2.4 植筋施工实测项目

植筋施工实测项目应符合表3要求。

表3 植筋施工实测项目

序号	检查项目	规定值或允许偏差/mm	检查方法和频率
1	孔深	+20	尺量：按植筋总数 10%抽查
2	直径	±2	
3	间距	±5	
4	垂直度	±1°	量角器：按植筋总数 10%抽查
5	抗拔力	荷载满足 7.2.2 要求	按植筋总数 3%抽取，并不少于 5 根

7.3 钢板加工制作检验

7.3.1 钢板厚度、型钢的规格尺寸及允许偏差、焊接材料的品种、规格、性能等应符合国家相关标准和设计要求，焊条、焊剂等在使用前应按产品说明书及焊接工艺文件进行烘焙和存放。

7.3.2 当钢板的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢板厚度负允许偏差值的 1/2，钢板端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

7.3.3 设计要求全焊透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷做出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级和探伤方法应符合 GB 11345 和 GB 3323 的规定，详见表 4。

表4 一、二级焊缝质量等级与缺陷分级

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷 超声波探伤	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷 射线探伤	评定等级	II	III
	检验等级	AB 级	AB 级
	探伤比例	100%	20%

7.3.4 要求熔透的角对接焊缝，焊脚尺寸不应小于 $t/4$ (t 为钢板厚度)，焊脚尺寸偏差为 0~4 mm；

7.3.5 要求熔透的角对接焊缝，焊脚尺寸不应小于 $t/4$ (t 为钢板厚度)，焊脚尺寸偏差为 0~4 mm；

7.3.6 焊缝不得存在气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤、焊瘤等缺陷。

7.3.7 钢板加工制作实测项目应符合表 5 要求。

表5 钢板加工制作实测项目

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度/mm		±5	尺量：全部检查
2	高度/mm		±2	尺量：全部检查
3	宽度/mm		±3	尺量：全部检查
4	对角线长度/mm		±3	尺量：全部检查
5	梁底高程/mm		±10	水准仪：钢板两端、中点各1处
6	连接	焊缝尺寸	符合设计要求	量规：全部检查
		焊缝探伤		超声：全部检查
				射线：按设计规定检查，设计无规定时按10%抽查

7.4 栓钉焊接质量检验

7.4.1 栓钉根部焊脚应均匀，360° 范围内焊缝应饱满，电弧焊最小焊脚尺寸应符合表6要求。

表6 采用电弧焊方法的栓钉焊接接头最小焊脚尺寸

栓钉直径/mm	角焊缝最小焊脚尺寸/mm
10, 13	6
16, 19, 22	8
25	10

7.4.2 栓钉焊厚度偏差应不大于±2 mm，倾斜角度偏差 $\theta \leq 5^\circ$ 。

7.4.3 焊缝咬边深度应不大于±0.5 mm，且最大长度不得大于1倍的栓钉直径。

7.4.4 焊缝无气孔、夹渣、裂纹等缺陷。

7.4.5 现场弯曲试验应采用锤击方法在焊缝不完整或焊缝尺寸较小的方向，沿原轴线弯曲30°，当焊接部位无裂纹时为合格。

7.4.6 栓钉焊接实测项目应符合表7的要求。

表7 栓钉焊接实测项目

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	栓钉位置 /mm	横向偏位	±3	尺量：按栓钉总数10%抽查
		纵向偏位	±3	
2	外观	焊缝外形尺寸	满足表6的规定	尺量：按栓钉总数10%抽查
		焊缝缺陷	满足7.4.4的规定	目测、放大镜：全部检查
		焊缝咬边	满足7.4.3的规定	钢尺、焊缝量规：按栓钉总数10%抽查
		栓钉焊后高度	满足7.4.2的规定	尺量：按栓钉总数10%抽查
		栓钉焊后倾斜角度	满足7.4.2的规定	尺量、量角器：按栓钉总数3%抽查

表7 栓钉焊接实测项目(续)

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
3	焊缝完整性	弯曲试验	沿原轴线弯曲 30° 焊接部位无裂纹	锤击: 按栓钉总数 1% 抽查, 且不少于 5 根。

7.5 自密实混凝土浇筑质量检验

7.5.1 预拌混凝土到达施工现场后应逐车检测坍落度, 不得发生外沿泌浆和中心骨料堆积现象。

7.5.2 混凝土强度的检验评定应符合 GBJ 107 等相关标准的规定。

7.5.3 自密实混凝土的含气量与合同规定值之差不应超过 $\pm 1.5\%$ 。

7.5.4 氯离子含量和碱骨料反应检测指标应符合 GB 50010 的要求。

7.5.5 自密实混凝土浇筑质量的检验与验收应按 GB 50204 和 JTGF80/1-2004 的规定执行。

7.5.6 自密实混凝土浇筑实测项目应符合表 8 的要求。

表8 自密实混凝土浇筑实测项目

序号	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度/MPa	在合格标准范围内	试块抽取组数参见 JTGF80/1-2004 的规定
2	断面尺寸/mm	+5, -0	尺量: 每构件检查 3 个断面

7.6 钢板防护质量检验

7.6.1 涂料技术性能指标、涂装遍数、涂装厚度均应符合设计和相关技术规范的要求。

7.6.2 构件不应误涂、漏涂, 涂层不应脱皮和返锈等。涂层应均匀, 无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

7.6.3 构件不应误涂、漏涂, 涂层不应脱皮和返锈等。涂层应均匀, 无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等。

7.6.4 每涂完一层后, 必须检测干膜总厚度。每个点的量测值如小于设计值应加涂一层涂料。

7.6.5 钢板防护实测项目应符合表 9 的要求。

表9 钢板防护实测项目

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	除锈清洁度		符合设计要求	比照板目测: 100%
2	粗糙度/ μm	外表面	70~100	粗糙度仪检查: 每段检查 6 点, 取平均值
		内表面	40~80	
3	总干膜厚度/ μm		符合设计要求	漆膜测厚仪检查: 检查频率按设计规定执行, 无规定时, 每 10 m^2 测 3~5 个点, 每个点附近测 3 次, 取平均值
4	附着力/MPa		符合设计要求	划格或拉力试验: 按设计规定频率检查