

ICS 93.040

CCS P28

团 体 标 准

T/GDHS 011—2024

不中断交通条件下桥梁混凝土结构修复 与拼接技术规范

Technical specification for repairing and splicing of bridge concrete structures under
uninterrupted traffic conditions

2024 - 03 - 06 发布

2024 - 03 - 06 实施

广东省公路学会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 原材料	2
4.1 水泥	2
4.2 掺合料	3
4.3 粗集料	3
4.4 细集料	3
4.5 纤维	3
4.6 聚合物	3
4.7 外加剂	3
4.8 水	3
4.9 植筋用胶黏剂	4
5 设计	4
5.1 一般规定	4
5.2 修复与拼接材料技术指标	4
5.3 修复设计	7
5.4 拼接缝设计	8
6 配合比	8
6.1 一般规定	8
6.2 抗振砂浆	8
6.3 抗振混凝土	8
6.4 补偿收缩混凝土	9
6.5 快硬早强混凝土	9
6.6 高性能混凝土	9
6.7 界面剂	9
7 修复施工	9
7.1 一般规定	9
7.2 局部缺陷处理及修复	9
7.3 增大截面加固	9
7.4 桥面整体化层修复	10
7.5 桥面铺装层修复	10
8 拼接施工	10
8.1 一般规定	10
8.2 切割和凿除	10

8.3 植筋	10
8.4 模板	10
8.5 混凝土施工	10
9 交通组织与管控	11
9.1 一般规定	11
9.2 铺装层修复	11
9.3 拼接	11
10 质量检验与验收	12
10.1 一般规定	12
10.2 原材料质量检验	12
10.3 施工过程中质量检验	13
10.4 验收	15
附录A（规范性） 混凝土室内振动试验方法	17
附录B（规范性） 新旧混凝土界面拉伸粘结强度试验方法	18
附录C（规范性） 新旧混凝土抗折强度试验方法	20
附录D（规范性） 现场砂浆和混凝土试件制作与养护方法	22
参 考 文 献	23

前 言

本文件按照GDHS-BZBX-01-2021《广东省公路学会标准编写规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广东长大道路养护有限公司提出。

本文件由广东省公路学会归口。

本文件起草单位：广东长大道路养护有限公司、重庆交通大学、重庆交大建设工程质量检测中心有限公司、广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司、广东广惠高速公路有限公司、保利长大工程有限公司。

主编：易金明

参加编写人员：李古暄、陶宁燕、凌云、吴存全、曹昌玉、盛军、高鹏、张志平、梅迎军、张兰芳、黄维蓉、武建中、孙向东、苏华兴、杨东来、刘志峰、胥吉、崔通

主审：洪显诚

参加审查人员：李海军、王强、陈红、邱志雄、万志勇、许肇峰、魏立新、罗立峰、王树林、王佳胜、庄明融

本文件为首次发布。

引 言

为规范桥梁混凝土结构修复与拼接设计、施工及质量控制，确保不中断交通条件下桥梁混凝土修复与拼接工程质量，编制组依托科技攻关项目在修复与拼接材料设计、施工、交通组织及质量验收等方面取得的成果，结合不中断交通条件下桥梁混凝土结构修复、改扩建工程中混凝土桥梁拼接方面的实践经验，编制本文件。

请各有关单位在执行本文件过程中将发现的问题和意见及时反馈至广东长大道路养护有限公司（地址：广东省广州市花都区花东镇北兴山前大道，邮编：510801），以便修订时研用。

不中断交通条件下桥梁混凝土结构修复 与拼接技术规范

1 范围

本文件规定了不中断交通条件下桥梁混凝土结构修复与拼接工程的原材料、设计、配合比、施工、交通组织与管控、质量检验与验收的要求。

本文件适用于不中断交通条件下桥梁混凝土构件增大截面加固、桥面整体化层修复、水泥混凝土桥面铺装层修复、混凝土构件缺陷修复及混凝土桥梁拼接工程等。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB 20472 硫铝酸盐水泥
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- GB 50550-2010 建筑结构加固工程施工质量验收规范
- GB 5768.4 道路交通标志和标线 第4部分:作业区
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 39147 混凝土用钢纤维
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- JC/T 1017 建筑防水材料用聚合物乳液
- JGJ 55-2011 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 98 砌筑砂浆配合比设计规程
- JGJ/T 283 自密实混凝土应用技术规程
- JGJ/T 178 补偿收缩混凝土应用技术规程
- JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG 5120 公路桥涵养护规范
- JTG 5220-2020 公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
 JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
 JTG H10 公路养护技术规范
 JTG H30 公路养护安全作业规程
 JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
 JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
 JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
 JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范
 JTG/T L11 高速公路改扩建设计细则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

不中断交通 uninterrupted traffic

保持车辆通行状态，包括：交通完全保持正常，或限制通行车辆的轴重或车速，或封闭部分车道。

3.2

桥梁混凝土结构修复与加固 rehabilitation and strengthening of bridge concrete structure

为恢复或提高桥梁混凝土结构承载能力或技术状况而实施的功能性或结构性修复的工程措施。

3.3

桥梁拼接 bridge splicing

在纵向湿接缝处浇筑混凝土将新旧混凝土桥梁连接成整体的工程措施。

3.4

抗振砂浆 anti-vibration mortar

采用水泥、细集料、纤维、聚合物、优质掺合料及外加剂等拌制，在振动环境下凝结硬化后，其力学性能、耐久性能等满足设计要求的砂浆。

3.5

抗振混凝土 anti-vibration concrete

采用水泥、粗集料、细集料、纤维、聚合物、优质掺合料及外加剂等拌制，在振动环境下凝结硬化后，其力学性能、耐久性能等满足设计要求的混凝土。

3.6

界面剂 interface adhesive

在混凝土基面上涂刷或喷涂用于改善界面粘结性能的材料。

3.7

终初凝时间差 time difference between final setting and initial setting

水泥砂浆或水泥混凝土拌合物的终凝时间与初凝时间的差值。

3.8

糙面处理 surface roughening treatment

采用凿毛、抛丸、铣刨或高压水射等方法对混凝土结合面处理成具有一定凹凸差的工程措施。

4 原材料

4.1 水泥

4.1.1 水泥应采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥或低碱度硫铝酸盐水泥。

4.1.2 普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥强度等级应不低于 42.5R 级，其性能应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定。

4.1.3 低碱度硫铝酸盐水泥强度等级应不低于 42.5 级，其性能应符合《硫铝酸盐水泥》（GB 20472）的规定。

4.2 掺合料

- 4.2.1 掺合料宜使用粉煤灰、硅粉、矿渣粉等。
- 4.2.2 粉煤灰性能应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596）中 I 级或 II 级的规定。
- 4.2.3 硅粉性能应符合《矿物掺合料应用技术规范》（GB/T 51003）的规定。
- 4.2.4 矿渣粉性能应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）中 S105 级或 S95 级的规定。

4.3 粗集料

- 4.3.1 应采用质地坚硬、洁净、级配合理、粒形良好、空隙率小的碎石。
- 4.3.2 粗集料性能应符合《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）和《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。

4.4 细集料

- 4.4.1 应选用级配合理、质地均匀坚固、吸水率小、空隙率小的洁净河砂或机制砂，不应使用山砂和海砂。
- 4.4.2 细集料性能应符合《建设用砂》（GB/T 14684）和《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。
- 4.4.3 拼接缝混凝土宜采用细度模数为 2.4~3.0 的河砂或机制砂。

4.5 纤维

- 4.5.1 宜采用钢纤维、合成纤维等，其性能应符合《纤维混凝土应用技术规程》（JGJ/T 221）的规定。
- 4.5.2 混凝土中的纤维最短长度宜大于粗集料最大公称粒径的 1/3，最大长度宜不大于粗集料最大公称粒径的 2 倍，长径比宜为 30~100。
- 4.5.3 砂浆中的纤维长度宜为 6mm~13mm，长径比宜为 50~70。
- 4.5.4 钢纤维应进行防锈蚀处理。

4.6 聚合物

- 4.6.1 聚合物应选用非反应型聚合物乳液，宜选用丙烯酸类、苯丙类、丁苯类、醋酸乙烯类等。
- 4.6.2 聚合物乳液应满足《建筑防水材料用聚合物乳液》（JC/T 1017）的要求。
- 4.6.3 聚合物乳液掺量应根据混凝土的和易性及力学性能确定，宜为胶凝材料质量的 10%~30%。

条文说明

聚合物乳液建议掺量采用 10%~30% 是根据编制组前期大量的试验及工程应用成果提出。

- 4.6.4 掺入聚合物乳液时，应加入消泡剂，新拌浆液含气量应不超过 3%。

4.7 外加剂

- 4.7.1 减水剂、泵送剂、早强剂、缓凝剂、引气剂等性能应符合《混凝土外加剂》（GB 8076）和《混凝土外加剂应用技术规范》（GB 50119）的规定，且 28 天收缩率比应不大于 110%。
- 4.7.2 膨胀剂性能应符合《混凝土膨胀剂》（GB/T 23439）和《补偿收缩混凝土应用技术规程》（JGJ/T 178）的规定。
- 4.7.3 采用的外加剂应不含有氯盐、亚硝酸盐、硫氰酸盐类成分。

条文说明

外加剂中含有氯盐、亚硝酸盐、硫氰酸盐类成分，对桥梁修复和拼接用钢筋混凝土性能有损伤。

4.8 水

- 4.8.1 用水应符合《混凝土用水标准》（JGJ 63）的规定要求，饮用水可直接使用。
- 4.8.2 被检验水样应与饮用水水样进行水泥凝结时间对比试验，对比试验的水泥初凝时间差及终凝时间差应不大于 30min；同时，初凝和终凝时间应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的规定。
- 4.8.3 被检验水样应与饮用水水样进行水泥胶砂强度对比试验，被检验水样配制的水泥胶砂 3d 和 28d 强度应不低于饮用水配制的水泥胶砂 3d 和 28d 强度的 90%。

4.9 植筋用胶黏剂

4.9.1 植筋用胶黏剂应符合《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）及《混凝土结构加固设计规范》（GB 50367）对胶黏剂的要求。受力植筋用胶黏剂应采用 A 级，其余可采用 B 级。

4.9.2 植筋用胶黏剂应具有耐高温老化性能。

条文说明

钢筋焊接中产生的热量会导致植筋胶老化，从而影响锚固效果。

4.9.3 植筋用胶黏剂应耐久，应具有抗振性和抗疲劳性。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 不中断交通条件下桥梁混凝土修复与拼接设计应考虑施工荷载和通行荷载对结构的影响。

5.1.2 设计前应对旧桥承载力进行检测、评估，承载力不满足要求时，应按《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）的规定进行加固设计。

5.1.3 修复与拼接设计应考虑结构或构件的全过程受力特点，临时施工荷载可能导致桥梁结构变形、开裂等超限情况时应采取临时工程措施。

5.1.4 混凝土结合面应进行糙面处理，清洁、润湿后，宜涂刷或喷涂界面剂。

5.2 修复与拼接材料技术指标

5.2.1 修复与拼接材料应满足体积稳定性、抗裂性能及耐久性的要求。

5.2.2 修复加固用混凝土设计强度等级应比原结构混凝土强度等级提高一级，桥梁拼接用混凝土设计强度等级应不低于原结构混凝土强度等级。

5.2.3 修复与拼接材料选用按下列规定进行：

- 桥梁上部结构及桥面系混凝土表面蜂窝、麻面修复时，应采用抗振砂浆；
- 桥面拼接、桥面混凝土局部缺陷修复、小面积桥面整体化层或桥面铺装层修复，应采用抗振混凝土；
- 桥梁上部结构增大截面加固应采用具有补偿收缩的抗振混凝土，桥梁下部结构增大截面加固应采用补偿收缩混凝土；
- 桥面整体化层、桥面铺装层大面积修复，应采用高性能混凝土，桥梁振动明显时应采用抗振混凝土；
- 紧急修复工程，应选用快硬早强混凝土。

5.2.4 砂浆和混凝土的技术指标应符合表 1~表 6 的要求。

表1 抗振砂浆技术指标

性能项目		技术指标		检验方法
		凝固过程非振动条件下	凝固过程振动条件下 (振动频率8Hz, 振幅3mm)	
3d	立方体抗压强度 (MPa)	≥13.0	≥10.0	JTG 3420
28d	立方体抗压强度 (MPa)	≥40.0	≥32.0	JTG 3420
	拉伸粘结强度 (MPa)	≥1.5	≥1.2	附录B
凝结时间	初凝时间 (min)	150~300		JTG 3420
	终初凝时间差 (min)	≤150		JTG 3420
凝固过程振动条件下成型砂浆或混凝土试件的振动方法按本文件附录A进行。				

表2 桥梁修复抗振混凝土技术指标

性能项目		技术指标		检验方法
		凝固过程非振动条件下	凝固过程振动条件下 (振动频率8Hz, 振幅3mm)	
3d	立方体抗压强度 (MPa)	≥30.0	≥24.0	JTG 3420
	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥2.7	≥2.4	JTG 3420
	抗折强度 (MPa)	≥3.8	≥3.5	JTG 3420
凝结时间	初凝时间 (min)	200~300		JTG 3420
	终初凝时间差 (min)	≤150		JTG 3420
初始坍落扩展度 (mm)		550~650		JGJ/T 283
28d	立方体抗压强度 (MPa)	满足设计要求		JTG 3420
	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥4.5		
	抗折强度 (MPa)	≥5.5		

表3 桥梁拼接抗振混凝土技术指标

性能项目		技术指标		检验方法
		凝固过程非振动条件下	凝固过程振动条件下 (振动频率8Hz, 振幅3mm)	
3d	立方体抗压强度 (MPa)	≥36.0	≥30.0	JTG 3420
	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥2.7	≥2.2	JTG 3420
	新旧混凝土抗折强度 (MPa)	≥3.2	≥2.6	附录C
凝结时间	初凝时间 (min)	200~300		JTG 3420
	终初凝时间差 (min)	≤150		JTG 3420
初始坍落扩展度 (mm)		550~650		JGJ/T 283
28d	立方体抗压强度 (MPa)	满足设计要求		JTG 3420
	轴心抗压强度 (MPa)	≥38.5		
	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥4.5		
	混凝土弹性模量 (MPa)	≥3.60×10 ⁴		
28d收缩率 (με) (100mm×100mm×515mm试件)		≤200		GB/T 50082

表4 补偿收缩混凝土技术指标

性能项目		技术指标		检验方法
		凝固过程非振动条件下	凝固过程振动条件下 (振动频率 8Hz, 振幅 3mm)	
3d	立方体抗压强度 (MPa)	≥36.0	≥30.0	JTG 3420
	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥2.7	≥2.2	JTG 3420
	抗折强度 (MPa)	≥3.8	≥3.2	JTG 3420
凝结时间	初凝时间 (min)	200~300		JTG 3420
	终初凝时间差 (min)	≤100		JTG 3420
初始坍落扩展度 (mm)		550~650		JGJ/T 283
28d	立方体抗压强度 (MPa)	满足设计要求		JTG 3420
	轴心抗压强度 (MPa)	≥38.5		
	劈裂抗拉强度 (MPa)	≥4.5		
	混凝土弹性模量 (MPa)	≥3.60×10 ⁴		
限制膨胀率 (%)	水中 14d	≥0.015		GB/T 23439
	水中 14d 转空气中 28d	≥-0.030		GB/T 23439
28d 收缩率 (με) (100mm×100mm×515mm 试件)		≤200		GB/T 50082

表5 快硬早强混凝土技术指标

性能项目		技术指标		检验方法
		凝固过程非振动条件下	凝固过程振动条件下 (振动频率 8Hz, 振幅 3mm)	
1d	立方体抗压强度 (MPa)	≥30.0	≥24.0	JTG 3420
	抗折强度 (MPa)	≥3.0	≥2.4	JTG 3420
凝结时间	初凝时间 (min)	200~300		JTG 3420
	终初凝时间差 (min)	≤100		JTG 3420
初始坍落扩展度 (mm)		550~650		JGJ/T 283
28d	立方体抗压强度 (MPa)	满足设计要求		JTG 3420
	抗折强度 (MPa)	≥5.5		
28d 收缩率 (με) (100mm×100mm×515mm 试件)		≤200		GB/T 50082

表6 桥梁修复高性能混凝土技术指标

性能项目		技术指标	检验方法标准
3d	立方体抗压强度 (MPa)	≥ 27.0	JTG 3420
	抗折强度 (MPa)	≥ 2.5	JTG 3420
初凝时间 (min)		≥ 360	JTG 3420
初始坍落扩展度 (mm)		550~650	JGJ/T 283
28d	立方体抗压强度 (MPa)	满足设计要求	JTG 3420
	抗折强度 (MPa)	满足设计要求	

条文说明

根据理论计算和现场实测,中小跨径桥梁的基频范围为 2Hz~13Hz,动挠度为 1mm~11mm,而拼接桥梁主要以 20m、30m、40m 跨径为主,确定混凝土凝固过程振动条件为振动频率 8Hz、振幅 3mm,且混凝土在初、终凝期间受振动荷载作用时的力学性能最不利;混凝土初凝至终凝间受振动荷载作用时的强度下降 10%~15%。

5.2.5 混凝土的劈裂抗拉强度、新旧混凝土抗折强度的试验数据离散时,应以强度保证率为 95%时的代表值作为控制指标,并应满足设计要求。

5.2.6 界面剂应符合下列规定:

- 当修复或拼接的结构整体受力,或在施工过程中受行车荷载振动作用时,应在新旧混凝土粘结面、分段浇筑成型的混凝土表面涂刷或喷涂界面剂;
- 界面剂宜采用聚合物改性水泥净浆或砂浆;
- 界面剂流动度应为 $180\pm 30\text{mm}$,28d 抗压强度应不低于原混凝土结构强度。

5.2.7 修复材料设计应综合考虑结构的病害、使用功能、损伤状态及耐久性等,设计要求应满足《混凝土质量控制标准》(GB 50164)、《公路桥涵养护规范》(JTG 5120)等规范要求。

5.2.8 拼接材料设计应满足《高速公路改扩建设计细则》(JTG/T L11)规范要求。

5.3 修复设计

5.3.1 混凝土结构修复设计应综合考虑结构的病害、使用功能、损伤状态及耐久性等,并满足《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367)、《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22)和《公路桥涵养护规范》(JTG 5120)等规范要求。

5.3.2 局部缺陷修复设计应符合下列规定:

- 修复前应对混凝土蜂窝、麻面、破损、露筋、锈胀、空洞等局部病害进行识别;
- 应对局部病害原因进行分析,提出处治材料、工艺及质量要求;
- 处于侵蚀性环境桥梁的钢筋应进行除锈、防锈处理,防锈宜采用渗透型阻锈剂,不应采用以亚硝酸盐类为主成份的阳极型阻锈剂。

5.3.3 增大截面加固设计应符合下列规定:

- 增大截面后的混凝土与原构件混凝土应满足变形协调、共同受力要求;
- 增大截面加固桥梁构件的作用(或荷载)效应,应按下列两个阶段进行计算:
 - 第一阶段:新浇混凝土达到设计强度前,按原构件截面计算,荷载应包括原构件自重、新浇混凝土自重、施工荷载及不中断交通条件下的活载效应;
 - 第二阶段:新浇混凝土达到设计强度后,按加固后整体结构计算,后续施加的二期恒载、活载等应由组合截面承担。
- 增大截面其他加固设计应符合《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367)和《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22)相关规定。

5.3.4 桥面整体化层修复设计时,应采取与上部结构形成有效连接,满足变形协调、共同受力要求,按加固后构件整体截面计算。

5.3.5 水泥混凝土桥面铺装层修复设计应符合下列规定：

- a) 当桥面铺装层仅作为功能层时，可参照《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 执行；
- b) 当桥面铺装层作为结构层时，应采取加剪力钉和钢筋网片等措施与上部结构形成有效连接，满足变形协调、共同受力要求，按完成铺装后构件整体截面计算。

5.4 拼接缝设计

5.4.1 应考虑新旧桥梁沉降差、挠度差以及混凝土收缩徐变的影响。

5.4.2 应结合理论计算挠度和旧桥实测挠度，合理确定拼接缝材料、工艺及施工质量控制标准。

5.4.3 拼接缝连接应符合下列规定：

- a) T 梁、小箱梁及中小跨径现浇箱梁的拼接应采用翼缘板湿接缝连接；
- b) 空（实）心板拼接应采用边板翼缘板湿接缝或铰缝连接，采用铰缝拼接时新旧结构的沉降差不宜大于 5mm。

5.4.4 湿接缝应采用抗振混凝土，混凝土从浇筑到终凝期间，行车导致的旧桥接缝处的沉降差不超过 5mm，不满足要求时应采用限速或其他增强新旧桥协同变形能力的措施。

6 配合比

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土配合比设计应满足混凝土拌合物工作性、力学性能和耐久性等的要求，且应满足经济性、低碳和可持续发展的生态要求。

6.1.2 混凝土配合比设计参考《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）、《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T J22）进行，且应符合设计文件要求。

6.1.3 混凝土配合比设计阶段，试件成型过程中振动方法应符合附录 A 的要求。

6.1.4 当原材料发生变化时，应重新进行配合比的设计与检验。

6.2 抗振砂浆

6.2.1 抗振砂浆的配合比设计应符合《砌筑砂浆配合比设计规程》（JGJ/T 98）的要求，在砂浆中宜掺入短切钢纤维或合成纤维或聚合物乳液等。

6.2.2 抗振砂浆的立方体抗压强度试验应按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）的规定进行。

6.3 抗振混凝土

6.3.1 抗振混凝土的试配抗压强度应按式（1）确定，如无满足附录 A 的振动成型设备时，按普通混凝土成型试件，按式（2）计算试配抗压强度。

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \dots\dots\dots (1)$$

$$f_{cu,0} \geq 1.3f_{cu,k} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$f_{cu,0}$ ——混凝土试配抗压强度（MPa）

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，取混凝土的设计强度等级值（MPa）；

条文说明

《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55-2011）中 4.0.1 条第 2 款，试配抗压强度取设计抗压强度的 1.15 倍；大量研究成果表明，不中断交通情况下施工混凝土在凝结过程中受到振动荷载作用，混凝土强度下降 10%~15%，所以试配抗压强度取设计抗压强度的 1.3 倍。

6.3.2 应根据抗振混凝土设计强度等级，按照《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55）、《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T 50476）的要求，确定水胶比、胶凝材料用量、单位体积用水量及砂率。

6.3.3 应按最大松堆密度法优化集料级配，集料空隙率应不大于 42%。

6.3.4 纤维体积率应根据工作性、试配抗压强度与抗折强度确定。

6.3.5 应至少设计三个不同的配合比，在单位用水量不变的情况下，宜将水胶比相应增加和减少 0.02~0.05，根据工作性在±2%范围内调整砂率。

6.4 补偿收缩混凝土

6.4.1 补偿收缩混凝土配合比设计的试配抗压强度应满足 6.3 条的要求，且限制膨胀率要求符合表 4 的规定。

6.4.2 应根据设计要求的限制膨胀率，采用实际工程使用的材料，经混凝土配合比试验后确定膨胀剂的类型及掺量。

6.4.3 有耐久性要求的补偿收缩混凝土，其配合比设计应符合《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T 50476）的规定。

6.5 快硬早强混凝土

快硬早强混凝土配合比设计的试配抗压强度应满足6.3条的要求。

6.6 高性能混凝土

高性能混凝土配合比设计应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。

6.7 界面剂

界面剂配合比设计的材料参数参照表7取值，并通过试验验证确定。

表7 界面剂配合比的材料参数取值

界面剂类型	水胶比	聚合物掺量 (%)	砂灰比	减水剂 (%)	消泡剂 (%)
聚合物改性水泥净浆	0.20~0.25	0~20	/	0~0.5	0~0.5
聚合物改性水泥砂浆	0.25~0.30	10~30	1.1~1.4	0~0.5	0~0.5

注：用水量包括聚合物乳液、外加剂以及砂中的水。

7 修复施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工前应对桥梁混凝土结构病害的特征、类型和范围、桥面交通通行状况以及工程影响范围内其他建（构）筑物和设施的现状等进行调查、核实，如与设计差异较大，需动态修改设计。

7.1.2 确定浇筑时间段时，应考虑混凝土初凝至终凝时间处于当日交通量小的时段。

7.1.3 施工过程中，应采取工程措施减少施工对相邻桥梁结构物和设施影响。

7.1.4 应采用与原结构混凝土相容性好的修复材料。

7.1.5 原混凝土结构修复基面糙面处理后凹凸差应不小于 6mm，裸露钢筋应除锈、防锈。

7.1.6 界面剂涂刷或喷涂厚度应均匀一致，不遗漏，且应在 30min 内用完，涂刷或喷涂后应及时浇筑混凝土。

7.1.7 若原结构构件表面处于潮湿或渗水状态，修复前应进行疏水、止水处理。

7.2 局部缺陷处理及修复

7.2.1 混凝土结构表面出现剥蚀、缺块、坑洞、疏松、露筋、蜂窝等缺陷时，应调查确定需修复的区域，缺陷区混凝土凿除深度应不小于 10mm。

7.2.2 混凝土结构表面出现风化、剥落、露筋及面积小于 $(25 \times 25) \text{ cm}^2$ 、深度小于 3cm 的缺陷时，应采用抗振砂浆修复。

7.2.3 混凝土结构表面出现面积大于 $(25 \times 25) \text{ cm}^2$ 、深度大于 3cm 的缺陷时，应采用抗振混凝土修复。

7.2.4 修复后表面应与原结构表面平齐、光滑平整、无明显气泡，且应无鼓包、褶皱等缺陷。

7.2.5 修复施工后，应进行养护。

7.3 增大截面加固

7.3.1 钢筋安装应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）、《公路桥梁加固施工技术规范》

(JTG/T J23) 的要求。

7.3.2 钢筋焊接时应采取措施避免烧伤混凝土。

7.3.3 混凝土搅拌、运输、卸料、振捣等过程中应采取措施防止离析。

7.4 桥面整体化层修复

7.4.1 凿除破损桥面铺装层后，应对桥面整体化层进行检查评估，不满足设计要求的部位应凿除。

7.4.2 凿除整体化层施工中，应不损伤梁体结构以及邻近不需更换的整体化层。整体化层凿除后应对基面进行糙面处理，处理后的基面应无松动混凝土、无灰尘、无油污、无杂物。

7.4.3 整体化层修复应采用钢筋与梁体结构连接，钢筋布设应满足设计要求。

7.4.4 混凝土浇筑施工过程中，应采取措施防止钢筋错位。

7.5 桥面铺装层修复

7.5.1 应按照设计要求铺设钢筋网，施工应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的要求。

7.5.2 应在混凝土拌合物初凝前完成浇筑与捣实，宜采用高频低幅平板震动器结合振捣梁振捣，不应过振。

7.5.3 混凝土终凝前应进行二次抹面，抹平后应立即覆盖并洒水养护，并按《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30) 进行切缝、刻槽等处理。

8 拼接施工

8.1 一般规定

8.1.1 拼接缝应采用抗振混凝土、补偿收缩混凝土或快硬早强混凝土。

8.1.2 拼接施工前，应对桥梁的振动频率、振幅进行检测，分析确定桥梁最大变形及部位，施工过程中应对变形持续监控。

8.1.3 拼接缝混凝土浇筑前，应对混凝土结合面进行糙面处理，糙面处理后凹凸差应不小于 6mm；拼接部位的混凝土表面应充分湿润。

8.1.4 拼接缝混凝土一联原则上应一次连续浇筑，当需要分段浇筑时，应从跨中正弯矩区向两边负弯矩区延伸直至施工终止面。

8.1.5 拼接缝应待新老桥的沉降基本稳定、收缩徐变大部分完成后再实施。

8.2 切割和凿除

8.2.1 应根据旧桥翼板切割部位及大小选择机械切割或高压水切割，切割过程中应保留旧桥翼板原结构钢筋。

8.2.2 应检查旧桥混凝土现浇层厚度和梁板厚度，不满足设计要求时，应采取处理措施。

8.3 植筋

8.3.1 按设计要求植筋，工艺应符合《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23) 的规定。

8.3.2 钢筋宜先焊接后种植，焊接时应采取措施避免烧伤混凝土和损坏植筋用胶黏剂。

8.4 模板

8.4.1 拼接缝模板应具有足够的强度和刚度，与梁体接触面应密贴并具有一定的搭接长度，接缝应严密不漏浆，模板周围应采用高强止浆橡胶条止浆。

8.4.2 混凝土应达到设计强度 90% 以上方可拆除底模。

8.5 混凝土施工

8.5.1 混凝土施工应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的规定。

8.5.2 拌制应符合下列规定：

- a) 混凝土原材料应精确计量，粗细集料称量的允许误差应为 $\pm 1\%$ ，其余材料应为 $\pm 0.5\%$ ；
- b) 生产混凝土时材料温度不宜高于 60°C ；
- c) 当环境温度超过设计文件要求时，混凝土搅拌应采取降温和防晒措施；

- d) 应采用强制式搅拌机拌和混合料；
 - e) 拌制抗振混凝土时,先投入集料和纤维干拌 50s~60s,然后加入粉料和部分拌和水搅拌 50s~60s,最后加入外加剂和剩余拌和水搅拌 60s~90s,直至拌匀为止；
 - f) 混凝土应拌制均匀,应不出现离析、泌水现象；
 - g) 补偿收缩混凝土、快硬早强混凝土、高性能混凝土的拌制参照抗振混凝土拌制的方法进行。
- 8.5.3 浇筑应符合下列规定：
- a) 混凝土浇筑时,应使拌合物初凝至终凝阶段处于拼接桥梁上车流量相对较小的时段。
 - b) 应不在风力大于 6 级或降雨天气浇筑混凝土,混凝土入模温度应不超过 30℃,混凝土表面的接触物与混凝土表面温度之差应不大于 15℃。
 - c) 浇筑施工过程中,混凝土拌合物中不应加水。
- 8.5.4 振捣应符合下列规定：
- a) 采用插入式振动器时,宜快插慢拔,应避免振动棒碰撞模板、钢筋及其他预埋件；
 - b) 振捣过程中,每点振捣时间不宜超过 30s；
 - c) 混凝土浇筑完成后,应及时对混凝土裸露面修整、抹平,终凝前应进行二次抹面；严禁通过洒水或撒灰辅助抹面。
- 8.5.5 养护应符合下列规定：
- a) 混凝土浇筑完成后,应及时覆盖和洒水养护；
 - b) 当气温低于 10℃时,应覆盖保温养护；
 - c) 混凝土浇筑完成后应保湿养护不宜少于 7d,补偿收缩混凝土养护期不宜少于 14 d,确无条件达到要求的养护时间时,应通过试验确定养护时间。
 - d) 当温度较低时,应采用保温养护、加热养护、蒸汽养护或其他快速养护等特殊养护措施。

条文说明

混凝土养护时间不宜少于7d,主要是为防止混凝土干缩开裂。补偿收缩混凝土需要比普通混凝土有更加严格的养护措施,只有这样才能发挥其膨胀作用,保湿养护是补偿收缩混凝土施工中最重要的一环之一。养护期不宜少于14 d,是为保证早期膨胀量得以充分发挥,避免后期膨胀过大留下隐患。

9 交通组织与管控

9.1 一般规定

- 9.1.1 施工作业前,应对施工路段交通量和桥梁振频振幅进行调查与监测,应根据设计计算及实体桥梁监测结果制定施工期间交通组织方案和应急预案。
- 9.1.2 可采用封闭临近车道、限制车速等方式减小振动荷载的不利影响。
- 9.1.3 现场应配置专职安全生产管理人员,施工前应对作业人员进行安全教育培训和安全技术交底。
- 9.1.4 施工作业区设置应符合《道路交通标志和标线 第4部分:作业区》(GB 5768.4)、《公路养护安全作业规程》(JTG H30)、《公路养护技术规范》(JTG H10)及交通组织方案的要求。

9.2 铺装层修复

- 9.2.1 修复施工前,交通管控参照《道路交通标志和标线 第4部分:作业区》(GB 5768.4)、《高速公路改扩建工程交通组织设计规范》(T/GDHS 007)执行。
- 9.2.2 作业区交通标志设置参照《道路交通标志和标线 第4部分:作业区》(GB 5768.4)执行。

9.3 拼接

- 9.3.1 应根据道路技术条件、交通量、交通荷载、运行速度、车道宽度及车道数、拼接缝材料特性等因素,确定桥梁拼接时施工路段的通行速度;如缺少相关资料时,限速值按《公路养护安全作业规程》(JTG H30)规定进行。
- 9.3.2 上部结构拼接施工时,应根据拼接材料设计要求、浇筑时间、环境温湿度及强度发展特点等,确定施工期间限速时段,增设交通标志。
- 9.3.3 临时交通标志的设置参照《道路交通标志和标线 第4部分:作业区》(GB 5768.4)和《高速公路改扩建工程交通组织设计规范》(T/GDHS 007)进行。

10 质量检验与验收

10.1 一般规定

10.1.1 修复工程项目应符合《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG 5220)的规定。

10.1.2 拼接工程宜与新建桥梁一起进行质量检验与验收,应符合《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTG F80/1)的规定。

10.1.3 施工质量检验内容应包括原材料质量检验和施工过程中质量检验。

10.1.4 应对拼接缝混凝土外观质量、强度进行检测。

10.1.5 浇筑混凝土前,应有下列项目的检查记录:

- a) 界面处理及喷涂界面剂质量;
- b) 新增钢筋、植筋品种、规格、数量和位置;
- c) 新增钢筋或植筋与原构件钢筋连接构造及焊接质量;
- d) 植筋用胶黏剂饱满度;
- e) 植筋深度、抗拔力;
- f) 预埋件规格、质量。

10.2 原材料质量检验

施工过程中,应按表8规定的项目与频度检验原材料。每个检查项目的平行试验次数或单次试验的试样数应按相关试验规程执行。未列入表中材料的检查项目和频度应符合设计要求。

表8 原材料质量项目及频度

材料	检查项目	检查频度	数量	检验方法
水泥	强度 比表面积 安定性 凝结时间	每批1次 每批1次 每批1次 每批1次	袋装不超过200t为一批,散装不超过500t为一批,不足一批时,按一批计。	GB/T 17671 GB/T 8074 GB/T 1346 GB/T 1346
掺合料	活性指数 烧失量 需水量比 细度 SO ₃ 含量 含水量	每批1次 每批1次 每批1次 必要时 必要时 必要时	50t为一批,不足50t时按一批计。	GB/T 51003
粗集料	外观 颗粒组成 针片状颗粒含量 含泥量 泥块含量 压碎值 坚固性 有害物质含量 碱活性	随时 随时 随时 随时 随时 必要时 必要时 必要时	不超过 400m ³ 或 600t为一验收批,小批量进场的宜以不超过 200m ³ 或 300t 为一验收批进行检验;当质量稳定且进料量较大时,可以 1000t 为一验收批。	GB/T 14685
细集料	外观 颗粒组成 有机物含量 含泥量(含粉量) 泥块含量 坚固性 有害物质含量 氯离子含量 碱活性 亚甲基蓝MB值	随时 随时 随时 随时 必要时 必要时 必要时 必要时		GB/T 14684

表 8（续）原材料质量项目及频度

材料	检查项目	检查频度	数量	检验方法
钢纤维	抗拉强度 形状、尺寸	每批1次 随时	每批由同一类型、同一尺寸规格、同一强度等级的钢纤维组成，每批应不大于100t。	GB/T 228.1 GB/T 39147
合成纤维	断裂强度 断裂伸长率 耐碱性能	每批1次 每批1次 每批1次	每批由同一类型、同一尺寸规格、同一强度等级的合成纤维组成，每批应不大于100t。	GB/T 21120
外加剂	减水率 抗压强度比 泌水率比 收缩率比 氯离子含量 碱含量	每批1次 每批1次 每批1次 每批1次 每批1次	按每50t为一检验批，不足50t时也应按一个检验批计。	GB 8076
聚合物	容器中状态 存储稳定性	每批1次 每批1次	按每50t为一检验批，不足50t时也应按一个检验批计。	JC/T 1017
<p>注1：“随时”是指需要经常检查的项目，其检查频度可根据材料来源及质量波动情况由建设单位及监理单位确定；</p> <p>注2：“必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据需要商定的检查频度；当对粉料质量有怀疑或受潮或存放时间超 3个月时，应重新取样复验，并应按其复验结果使用。</p> <p>注3：钢纤维、合成纤维及聚合物的质量查验出厂合格证或厂家所提供的检测报告，当有怀疑时，取样送至有资质的机构进行检测。</p>				

10.3 施工过程中质量检验

10.3.1 施工现场应对砂浆和混凝土拌合物抽样检验，每工作班应制作 3 组及以上试件，并置于构件旁与构件同条件养护，力学性能应符合 5.2 条的规定。

10.3.2 植筋检验应按《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220）执行。

10.3.3 混凝土局部缺陷修复施工质量检验应符合《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG 5220）的规定，且实测项目应符合表 9 的规定。

表9 混凝土局部缺陷修复实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土或砂浆强度（MPa）	满足设计要求	混凝土按 JTG 5220-2020 附录 D 砂浆强度按 JTG 5220-2020 附录 F
2	钢筋除锈	满足设计要求	目测：100%
3	平整度（mm）	5	2m 直尺：每个构件测 3 处
4	新旧材料结合状况	无松动、分离	敲击法或钻芯取样：每个分部工程部少于 3 处
5	保护层厚度（mm）	+8, -5	钢筋检测仪：抽查 30%，每处测 3 点~5 点
注：项次3仅当修补面积大于5m ² 时进行检查。			

10.3.4 桥面铺装层钢筋实测项目应符合表 10 的规定。

表10 桥面铺装层植筋及修复钢筋实测项目

项次	检查内容	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	植筋	钻孔深度 (mm)	+10,0	尺量: 抽查 5%且不少于 5 根
2		植筋拉拔力 (kN)	满足设计要求	按 GB 50550-2010 附录 W 检查 检测植筋总数 1%且不少于 3 根
3		植筋数量 (根)	满足设计要求	观察: 100%
4	钢筋(网)安装	钢筋网长宽 (mm)	±10	尺量: 逐边测
5		网眼尺寸 (mm)	±10	尺量: 测 5 个网眼
6		网眼对角线 (mm)	±15	尺量: 测 5 个网眼
7		安装位置	±20	尺量: 测每网片边线终点
8		保护层厚度 (mm)	±5	尺量: 每构件每 3m ² 检查一处, 且每侧 不少于 5 处。
9		桥面高程 (mm)	±10	水准仪: 桥面每侧每跨测 3 点

10.3.5 增大截面加固和桥梁拼接的植筋和钢筋安装实测项目应符合表 11 的规定。

表11 增大截面加固和桥梁拼接的植筋和钢筋安装实测项目

项次	检查内容	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1	植筋	钻孔深度 (mm)	+10,0	尺量: 抽查 5%且不少于 5 根	
2		植筋拉拔力 (kN)	满足设计要求	按 GB 50550-2010 附录 W 检查 检测植筋总数 1%且不少于 3 根	
3		植筋数量 (根)	满足设计要求	观察: 100%	
2	钢筋安装	受力钢筋间距 (mm)	±10	尺量: 逐边测	
3		构造钢筋间距 (mm)	±10	尺量: 测 5 个网眼	
4		弯起钢筋位置 (mm)	±20	尺量: 测每网片边线中点	
5		钢筋骨架尺寸 (mm)	长	±10	尺量: 测 5 个网眼
6			宽、高	±5	尺量: 测每网片边线终点
7		保护层厚度 (mm)	±5	尺量: 每构件每 3m ² 检查一处, 且每侧不少 于 5 处。	

10.3.6 施工过程质量检验内容主要包括:

- a) 基面处理后混凝土的表面特征;
- b) 界面剂用量、厚度及均匀性;
- c) 钻孔间距、孔深、孔径及洁净度;
- d) 钢筋网位置、间距、保护层厚度、焊接或绑扎质量;
- e) 混凝土铺装层表面刻槽的间距、槽宽和槽深;
- f) 混凝土外观尺寸与质量。

10.3.7 现场砂浆或混凝土试件应按附录 D 制作, 并应采用现场同等条件养护, 达到规定龄期后测试性能应符合 5.2 条的规定。

10.4 验收

10.4.1 应对工程全面检查，不符合设计、技术标准规定的质量缺陷应整修和处理。

10.4.2 桥面铺装层局部修复工程验收实测项目应符合表 12 的规定。

表12 桥面铺装层局部修复验收实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	补强混凝土 28d 抗压强度(MPa)	在合格标准内	按照 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	结合面处理	满足设计要求	目测: 100%
3	平整度 (mm)	≤5	3m 直尺: 检查水平方向 每跨检查 3 处~5 处。
4	横坡 (%)	±0.15%	水准仪: 每跨检查 3 个断面
5*	构造深度 (mm)	0.8~1.2	铺砂法: 长度不大于 200m 时测 3 处, 每增加 100m 增加 1 处
注: *表中项次5构造深度适用于水泥混凝土面层。			

10.4.3 桥面铺装层修复工程验收实测项目应符合表 13 的规定。

表13 桥面铺装层修复验收实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土 28d 抗压强度 (MPa)	在合格标准内	按照 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	厚度 (mm)	+10, -5	对比桥面浇筑前后标高检查: 每 100m 测 5 处。
3	结合面处理	满足设计要求	目测: 100%
4	平整度 (mm)	≤3	3m 直尺: 检查水平方向 每跨检查 3 处。
5	横坡 (%)	±0.15	水准仪: 每 100m 检查 3 个断面
6	构造深度	满足设计要求	铺砂法: 每 200m 检查 3 处
7	外观鉴定	桥面排水良好, 泄水孔无堵塞现象; 桥面混凝土表面脱皮、印痕、缺角掉边等缺陷面积不得大于受检面积的 0.2%; 桥面铺装接缝处平整, 无明显高差; 桥面线形良好, 无突变, 无明显折变。	目测、丈量

10.4.4 增大截面加固验收实测项目应符合表 14 规定。

表14 增大截面加固验收实测项目

项次	检查内容	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1	新增混凝土	混凝土 28d 抗压强度(MPa)	满足设计要求	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查	
2	加固构件	断面尺寸 (mm)	高度	+5, -10	丈量: 每跨 3 个断面
3			顶宽	±30	
4			箱梁底宽	±20	
5			顶、底、腹板或梁肋厚	+10,0	

表 14 (续) 增大截面加固验收实测项目

项次	检查内容	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
6	加固构件	长度 (mm)	+5,-10	尺量: 每梁测底面中线
7		相邻梁段间错台 (mm)	≤5	尺量: 测底面、侧面
8		平整度 (mm)	≤8	尺量: 沿梁长方向每侧面每 10m 检测 1 处
9	后浇筑的混凝土密实度	密实度*	无明显空洞、脱空	雷达法: 对称布置 2 条测线
注: * 对加固质量有怀疑时进行测定。				

10.4.5 桥梁拼接验收实测项目应符合表 15 规定。

表 15 桥梁拼接验收实测项目

项次	检查内容	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土	混凝土强度 (MPa)	满足设计要求	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2		钢筋保护层厚度 (mm)	不小于设计值	钢筋测定仪: 每 10m 检查 3 处
3		裂缝宽度 (mm)	≤0.10	裂缝宽度测定仪
4		平整度 (mm)	≤5	3m 直尺: 逐处检查, 每 5m 测 1 处

附录 A
(规范性)
混凝土室内振动试验方法

- A.1 本方法适用于不中断交通条件下桥梁结构混凝土配合比设计的室内试件成型后的模拟振动试验。
- A.2 仪器与材料应符合下列规定：
- a) 可调振动频率和振幅的混凝土振动台：振动频率宜在 1Hz~11Hz、振幅宜在 1mm~11mm 内可调；
 - b) 试模：应符合《混凝土试模》JG 237 的有关规定，当混凝土强度等级不低于 C60 时，宜采用铸铁或铸钢试模成型。
- A.3 应根据实测桥梁的振动频率和振幅设计振动方案；若无实测数据时，中、轻交通量时宜采用振动方案 Z1，重交通量时宜采用振动方案 Z2。振动方案如表 A.1 所示。

表A.1 振动方案

振动方案	起振时间 (min) (混凝土初凝后)	频率 (Hz)	振幅 (mm)	每次连续振动时间 (min)	振动间隔时间 (min)	振动终止时间 (min)
Z1	5	8	3	5	5	终凝时间
Z2	10	8	3	10	5	终凝时间

- A.4 混凝土拌合物全部灌入试模捣实，初凝后应按设计的振动方案放到振实台上振动；振动的频率和振幅应按实际工程桥梁受振情况选择，若无振动数据应按振动方案 Z2 进行振动。

附录 B

(规范性)

新旧混凝土界面拉伸粘结强度试验方法

B.1 本方法适用于测试和评价水泥混凝土层-粘结层-旧水泥混凝土层的拉伸粘结强度，试验应在新浇筑混凝土完成 28d 后进行。

B.2 仪器与材料应符合下列规定：

- a) 拉伸粘结强度检测仪：室内外能按照规定拉伸速度拉伸试件，拉伸时无明显振动和偏心的拉拔仪均可使用，拉伸速率应为 (25 ± 15) kPa/s；
- b) 钢直尺：分度值应为 1mm；
- c) 混凝土钻芯机：直径 50mm；
- d) 拉头：用于粘结在待测面或试件表面，便于施加拉力，采用不锈钢或黄铜制作，直径为 $50\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ；
- e) 胶粘剂：粘结强度宜大于 3.0MPa。

B.3 试样制作应符合下列规定：

- a) 按旧混凝土配合比成型尺寸为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 400\text{mm}$ 的小梁试件，标准养护至 28d；
- b) 28d 龄期时，将小梁试件取出，打磨成型面表面浮浆，并确保表面平整；
- c) 用切割机沿成型面将试件切割为两半，切割后的试块尺寸为 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 400\text{mm}$ ；
- d) 将切割后的试块放入试模，切割面朝上，浇筑新混凝土，成型后的复合小梁试件标准养护至规定龄期。

B.4 试验步骤应按下列规定进行：

- a) 在新浇筑混凝土达到规定龄期时进行拉伸粘结强度试验取样，取样数量应不少于 7 个；
- b) 在钻取芯样前，应使用打磨机对新浇筑混凝土表面进行打磨，表面应干净、平整；
- c) 用钻芯机在新浇筑混凝土上钻取芯样，芯样直径为 50mm，钻芯应深入旧混凝土，且钻入旧混凝土的深度应不大于 10mm。相邻芯样圆心之间间距应不小于 100mm，以避免钻芯过程中振动对界面粘结造成损伤；
- d) 清洗、干燥测点表面；
- e) 拉头底部涂布一层粘结剂，并快速粘附在需测试点表面，养护待测；
- f) 养护并完全固化后，安装好拉拔仪，开动并进行拉拔测试，拉伸速率为 (25 ± 15) kPa/s；
- g) 试验拉断时，读取最大拉力作为试验结果。

B.5 观察并记录断裂面状态，并按以下标准对新老混凝土界面拉伸粘结强度检测结果的有效性进行评定：

- a) 当破坏发生在新旧混凝土连接界面时，如图 B.1a)所示，检测结果可认定为有效；
- b) 当破坏发生在新浇筑混凝土层内部时，如图 B.1b)所示，检测结果可认定为有效；
- c) 当破坏发生在旧混凝土内，如图 B.1c)所示，检测数据大于或等于粘结规定值时，检测结果可认定为有效；试验数据小于粘结强度规定值时，检测结果认定为无效；
- d) 当破坏发生在粘结层，如图 B.1d)所示，检测数据大于或等于粘结强度规定值时，检测结果可认定为有效；检测数据小于粘结强度规定值时，检测结果认定为无效；
- e) 当破坏特征不符合列项 a) ~d) 的情况时，检测结果无效，需重做试验。

B.6 数据处理应符合下列规定：

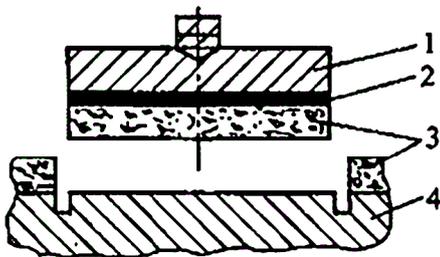
- a) 试样拉伸粘结强度应按式 (B.1) 计算。

$$R_i = \frac{4F_i}{\pi D^2} \dots \dots \dots (B.1)$$

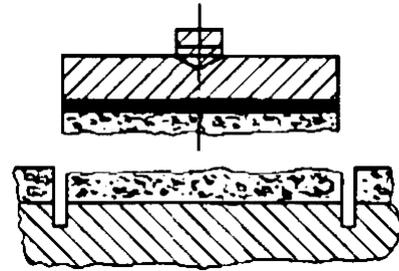
式中：

- R_i ——第 i 个试样的粘结强度 (MPa)；
 F_i ——第 i 个试样的最大拉力 (N)；
 D ——试样的断面直径 (取值为 50mm)。

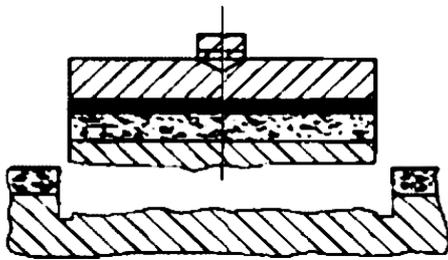
- b) 应取拉伸粘结强度试验结果有效的 7 个试样数据的平均值作为试验结果，准确至 0.1MPa。当 7 个测定值中有一个超出平均值 20%，应去掉最大值和最小值，并取剩余 5 个试样粘结强度的平均值作为试验结果。当剩余 5 个测定值中有一个超出平均值的 20%，应再次去掉其中的最大值和最小值，取剩余三个试样粘结强度的平均值作为试验结果。当 5 个测定值中有两个超出平均值的 20%，该组试验结果应判定为无效。



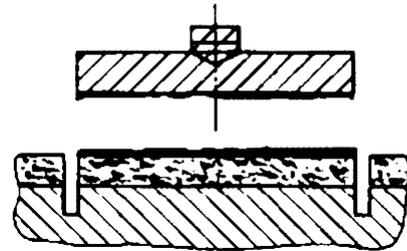
a) 破坏发生在新旧混凝土界面



b) 破坏发生在新浇筑混凝土层内



c) 破坏发生在旧混凝土内



d) 破坏发生在粘结层

标引序号说明：

- 1——顶部拉拔板
2——粘结层
3——新浇筑混凝土
4——旧混凝土层

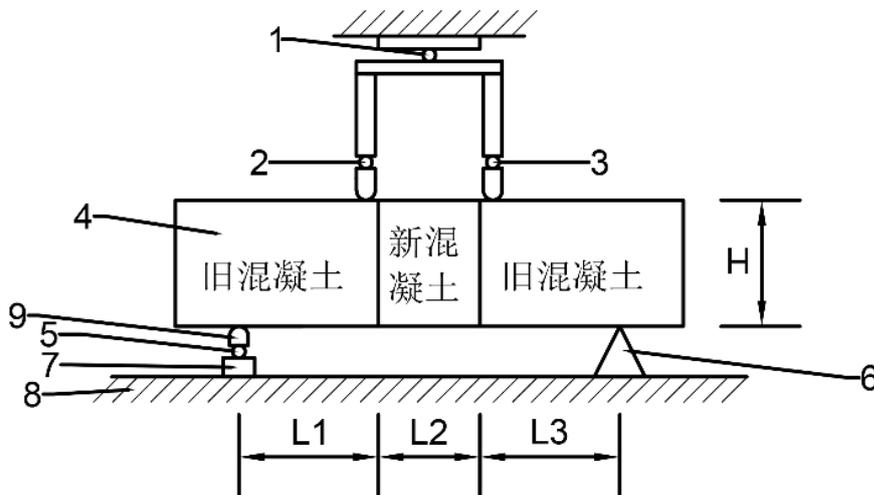
图 B.1 断裂面破坏状态

附录 C
(规范性)
新旧混凝土抗折强度试验方法

C.1 本方法适用于评价新旧混凝土界面的粘结性能, 试验应在新浇筑混凝土完成 28d 后进行。

C.2 仪器与材料应符合下列规定:

- a) 电子万能试验机: 量程不大于 50kN, I 级精度, 应符合《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG3420-2020) T 0553-2005 中 2.1 的规定;
- b) 试验装置如图 C.1 所示, 新浇筑混凝土的尺寸为 100mm×100mm×80mm, 加载头避开新旧混凝土粘结界面, 以减少测试误差。



标引序号说明:

- 1, 2, 3, 5——一个钢球
- 4——试件
- 6——固定支座
- 7——活动支座
- 8——机台
- 9——活动船型垫块

旧混凝土长度L1、L3为110mm, 新浇筑混凝土长度L2为80mm, 试样高度H为100mm

图 C.1 新旧混凝土抗折强度试验装置图 (尺寸单位: mm)

C.3 试样制备和养护应符合下列规定:

- a) 按旧混凝土配合比成型尺寸为 100mm×100mm×400mm 的小梁试件, 标准养护至 28d;
- b) 一个试件切割为尺寸 100mm×100mm×160mm 的 2 个小梁试件, 新切割面应凿毛;
- c) 将切割后的试件放入尺寸为 100mm×100mm×400mm 的试模, 2 个旧混凝土试件靠端头放置, 切割面朝中间, 涂刷界面剂后立即浇筑新混凝土, 成型后的复合小梁试件标准养护至规定龄期;
- d) 新旧混凝土抗折强度试件应以同龄期为 1 组, 每组为 3 根同条件制作和养护的试件。

C.4 试验步骤应按下列规定进行:

- a) 试件取出后, 用湿毛巾覆盖并及时进行试验, 应保持试件干湿状态不变。在试件中部量出其宽度和高度, 精确至 1mm;

- b) 调整两个可移动支座，将试件安放在支座上，试件成型时的侧面朝上，几何对中后，应使支座及承压面与活动船形垫块的接触面平稳、均匀，否则应垫平；
- c) 应以 0.02MPa/s~0.05MPa/s 速度均匀、连续加荷，直至试件破坏，记下破坏极限荷载；
- d) 记录最大荷载和新旧混凝土破裂面位置及状态。

C.5 数据处理应符合下列规定：

- a) 当断面发生在新旧混凝土粘结界面时，试件的抗折强度按式 (C.1) 计算：

$$f_f = \frac{FL}{bh^2} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

f_f ——新旧混凝土抗折强度 (MPa)，结果计算精确至0.01MPa；

F ——极限荷载 (N)；

L ——支座间距离， $L=L_1+L_2+L_3$ ；

b ——试件宽度 (mm)；

h ——试件高度 (mm)。

- b) 以三个试件测量值的算术平均值为测定值。三个试件测量值的最大值或最小值中如有一个与中间值之差超过中间值的 15%，则把最大值和最小值舍去，以中间值作为试件的弯拉强度。如有两个测量值与中间值的差值均超过 15%时，则该组试验结果无效，应重做试验。

附录 D
(规范性)

现场砂浆和混凝土试件制作与养护方法

- D.1 本方法适用于不中断交通条件下抗振砂浆和混凝土试件现场制作与养护。
- D.2 每个工作班应在砂浆或混凝土浇筑现场取样制作至少 2 组试件，每组不少于 3 个试件。
- D.3 应在施工现场砂浆或混凝土出料口取有代表性的拌合物分 2 层装入试模，每层插捣次数 100cm^2 面积内不少于 12 次。试件抹面与试模边缘高低差应不超过 0.5mm。
- D.4 当试样为自密实混凝土时，在新拌混凝土不离析的状态下搅拌均匀后直接倒入试模内，应不使用振动台和插捣方式成型，但可以采用橡皮锤辅助振动。试样一次填满试模后，可用橡皮锤沿着试模中线位置轻轻敲击 6 次/侧面，用抹刀将试件仔细抹平，使表面略高于试模边缘 1mm~2mm。
- D.5 现场制作的砂浆或混凝土试件带模置于修复施工的实体混凝土结构旁，与构件同条件养护，脱模后继续与构件同条件养护至试验龄期。
- D.6 对于同条件养护的混凝土试件 $600^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ 等同于 28d 标准养护龄期。

参 考 文 献

- [1] GB 5768.2 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志
 - [2] GB/T 176 水泥化学分析方法
 - [3] GB/T 41054 高性能混凝土技术条件
 - [4] GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
 - [5] GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
 - [6] GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
 - [7] CJJ/T 233 城市桥梁检测与评定技术标准
 - [8] CJJ 99 城市桥梁养护技术标准
 - [9] JG/T 336 混凝土结构修复用聚合物水泥砂浆
 - [10] JG/T 507 数显式粘结强度检测仪
 - [11] JGJ/T 456 雷达法检测混凝土结构技术标准
 - [12] JG/T 472 钢纤维混凝土
 - [13] JG/T 568 高性能混凝土用骨料
 - [14] JT/T 524 公路工程水泥混凝土用纤维
 - [15] JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
 - [16] JTG E42 公路工程集料试验规程
 - [17] JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
 - [18] JTG/T 3392 高速公路改扩建交通组织设计规范
 - [19] JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
 - [20] JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程
 - [21] T/GDHS 007 高速公路改扩建工程交通组织设计规范
-