

公路加筋土桥台技术指南 第1部分： 非承重式加筋土桥台设计与施工技术规范

Technical guideline for highway GRS abutment—Part 1: Technical regulations for
design and construction of non-load-bearing GRS abutment

2025 - 01 - 24 发布

2025 - 02 - 24 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总体要求 3

5 材料 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 筋材 4

 5.3 面板 4

 5.4 填料 7

 5.5 辅助材料 7

6 设计 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 外置式加筋土桥台设计 9

 6.3 内置式加筋土桥台设计 10

 6.4 构造措施 12

7 施工与质量控制 13

 7.1 一般规定 13

 7.2 施工准备 14

 7.3 施工要求 14

 7.4 质量控制 19

附录 A（规范性） 模块-筋材连接强度测试 25

附录 B（规范性） 石笼网箱材料及其性能要求 27

附录 C（规范性） 钢丝刮磨测试 29

附录 D（规范性） 网面抗顶破强度测试 31

前 言

本文件按照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。

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。

本文件由安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司提出。

本文件由安徽省交通运输厅归口。

本文件主要起草单位：安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、合肥明巢高速公路有限公司、同济大学、安徽省交通建设股份有限公司、坦萨土工合成材料（中国）有限公司、青岛旭域土工材料股份有限公司、安徽省七星工程测试有限公司、马克菲尔（长沙）新型支档科技开发有限公司、安徽水利开发有限公司、中交第一航务工程局有限公司、中交路桥建设有限公司。

本文件主要起草人：陈修和、程岗、徐超、张胜、李昊煜、黄华、张志峰、赵华宏、王金忠、赵琳、钟正、高又兵、王清明、吴磊磊、陈丽丽、马声刚、姜立强、金亮、王成、付书林、唐勇、陶文斌、董阁、崔纪泽、王默、许福丁、高昌泉、杨海兵、孙莉、温广军、李明、梁群、陈建、白忠和。

公路加筋土桥台技术指南 第1部分： 非承重式加筋土桥台设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了非承重式加筋土桥台的材料、设计、施工与质量控制等。
本文件适用于公路工程中非承重式加筋土桥台。

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 1839 钢产品镀锌层质量试验方法
- GB/T 8239 普通混凝土小型砌块
- GB/T 9789 金属和其他无机覆盖层 通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
- GB/T 16422.2 塑料实验室光源暴露试验方法第2部分：氙弧灯
- GB/T 16422.3 塑料实验室光源暴露试验方法第3部分：荧光紫外灯
- GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第一部分：分类、测定和评估
- GB/T 38232 工程用钢丝绳
- GB/T 50783 复合地基技术规范
- JB/T 10696.6 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分：挤出外套刮磨试验
- JC/T 641 装饰混凝土砌块
- JC/T 2094 生态护坡和干垒挡土墙用混凝土砌块
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
- JT/T 1432.1 公路工程土工合成材料 第1部分：土工格栅
- JT/T 1432.2 公路工程土工合成材料 第2部分：土工织物
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG C10 公路勘测规范
- JTG C20 公路工程地质勘察规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG/T D32 公路土工合成材料应用技术规范
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范
- JTG E40 公路土工试验规程
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- YB/T 4190 工程用机编钢丝网及组合体

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桥台 abutment

位于桥梁两端，支承桥梁上部结构、挡土并与路堤相衔接的构筑物，包含桥头沿路线纵向与台帽背净距为桥台高度加2m范围内的加筋土挡墙及桥梁下部结构等构筑物。

3.2 土桥台

3.2.1

加筋土桥台 reinforced soil (RS) abutment

采用加筋土技术建造的桥台。当采用土工合成材料作为筋材时，则称为土工合成材料加筋土桥台。

3.2.2

非承重式加筋土桥台 non-load-bearing RS abutment

桥梁下部结构与不直接承载桥梁荷载的加筋土挡墙组合形成的桥台。

3.2.3

内置式加筋土桥台 embedded RS abutment

桥梁下部结构被加筋土挡墙包围的加筋土桥台。

3.2.4

外置式加筋土桥台 external RS abutment

桥梁下部结构位于加筋土挡墙之外的加筋土桥台。

3.2.5

分离式加筋土桥台 disconnect-type RS abutment

桥梁下部结构台身分离设置于加筋土挡墙外部的一种外置式加筋土桥台。

3.2.6

对接式加筋土桥台 contact-type RS abutment

桥梁下部结构台身与加筋土挡墙直接接触设置的一种外置式加筋土桥台。

3.3

筋材 reinforcing material

在加筋土结构中发挥抗拉作用的材料。

3.4

标称抗拉强度 nominal tensile strength

相应型号筋材要求的最小抗拉强度值。

3.5

筋材传力构件 load transmission component of reinforcement

在内置式加筋土桥台中筋材截断处用于传递拉力的构件。

3.6

面板 facing

外露于加筋土桥台并与筋材相连的构件。

3.7

套管 casing pipe

在内置式加筋土桥台中用于分隔加筋土结构和桥梁下部结构的刚性或柔性管状构件。

4 总体要求

4.1 非承重式加筋土桥台适用于用地受限需设支挡,或具有生态、景观要求的段落,不应修建于滑坡、泥石流、崩塌等不良地质地段。

4.2 非承重式加筋土桥台的结构形式及桥台高度宜符合表1的规定。

表1 非承重式加筋土桥台结构形式及高度

桥台形式		桥梁下部结构	加筋土挡墙	挡墙高度（m）
外置式	分离式	柱式台或肋板台	单级	≤12
	对接式	墙式轻型桥台	单级	≤12
内置式	—	柱式台	单级	≤12
			多级	≤20*
注：*加筋土挡墙采用多级时，单级墙高不宜大于10m，且上、下墙体间应设置宽度不小于2m的平台。				

4.3 非承重式加筋土桥台的设计使用年限不应低于表2的规定。

表2 非承重式加筋土桥台设计使用年限 (年)

公路等级	特大桥/大桥	中桥	小桥
高速公路	100	100	50
一级公路	100	50	30
二级公路	100	50	30
三级公路	100	50	30
四级公路	100	50	30

4.4 加筋土挡墙和桥梁下部结构的设计安全等级及结构重要性系数应符合表3的规定。

表3 非承重式加筋土桥台设计安全等级及结构重要性系数

设计安全等级	破坏后果	适用对象	结构重要性系数
一级	很严重	① 各等级公路上的特大桥、大桥、中桥; ② 高速公路、一级公路、二级公路、国防公路及城市附近交通繁忙	1.1
二级	严重	三、四级公路上的小桥	1.0
注: 本表所列特大、大、中桥等系按JTG D60-2015中表1.0.5中的单孔跨径确定,对多跨不等跨桥梁,以其中最大跨径为准。			

4.5 非承重式加筋土桥台应具有足够的强度、稳定性、耐久性及墙面抗冲刷性能,沉降变形应满足正常使用极限状态要求,外观应与相邻结构及周边环境相协调。

4.6 非承重式加筋土桥台的设计与施工应积极采用新材料、新技术、新工艺和新设备。

5 材料

5.1 一般规定

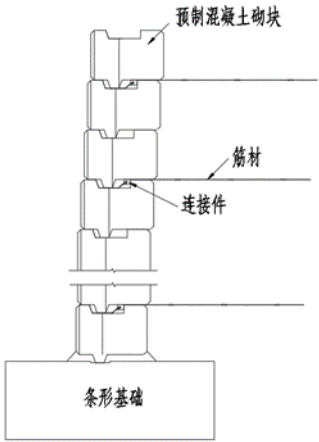
- 5.1.1 非承重式加筋土桥台采用的材料应包括筋材、填料、面板、辅助材料等。
- 5.1.2 非承重式加筋土桥台中各种材料的耐久性能均应满足设计使用年限要求。

5.2 筋材

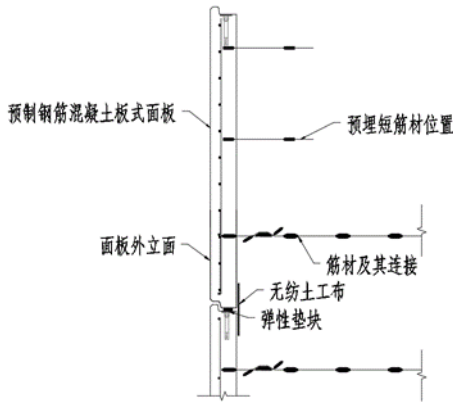
- 5.2.1 筋材应采用土工格栅和有纺土工织物，并应符合下列规定：
 - a) 筋材的力学性能、耐久性应符合 JT/T 1432.1、JT/T 1432.2 的有关规定；
 - b) 筋材应能与填料形成良好的摩擦嵌固作用，筋土界面摩阻系数应满足设计要求。
- 5.2.2 筋材之间的连接应满足下列要求：
 - a) 连接的耐久性不应低于所连接筋材；
 - b) 筋材之间的连接强度应不低于筋材标称抗拉强度的 90%。
- 5.2.3 筋材与面板之间的连接应满足下列要求：
 - a) 连接的耐久性不应低于所连接筋材；
 - b) 连接前宜对连接强度进行测试，预制砌块式面板连接测试方法应按附录 A 执行。

5.3 面板

- 5.3.1 根据功能和外观的不同，面板可分为预制砌块式面板、预制钢筋混凝土板组合式面板、现浇混凝土整体式面板、石笼网箱面板、钢网式面板和钢丝网植生面板等，见图 1。



a) 预制砌块式面板



b) 预制钢筋混凝土板组合式面板

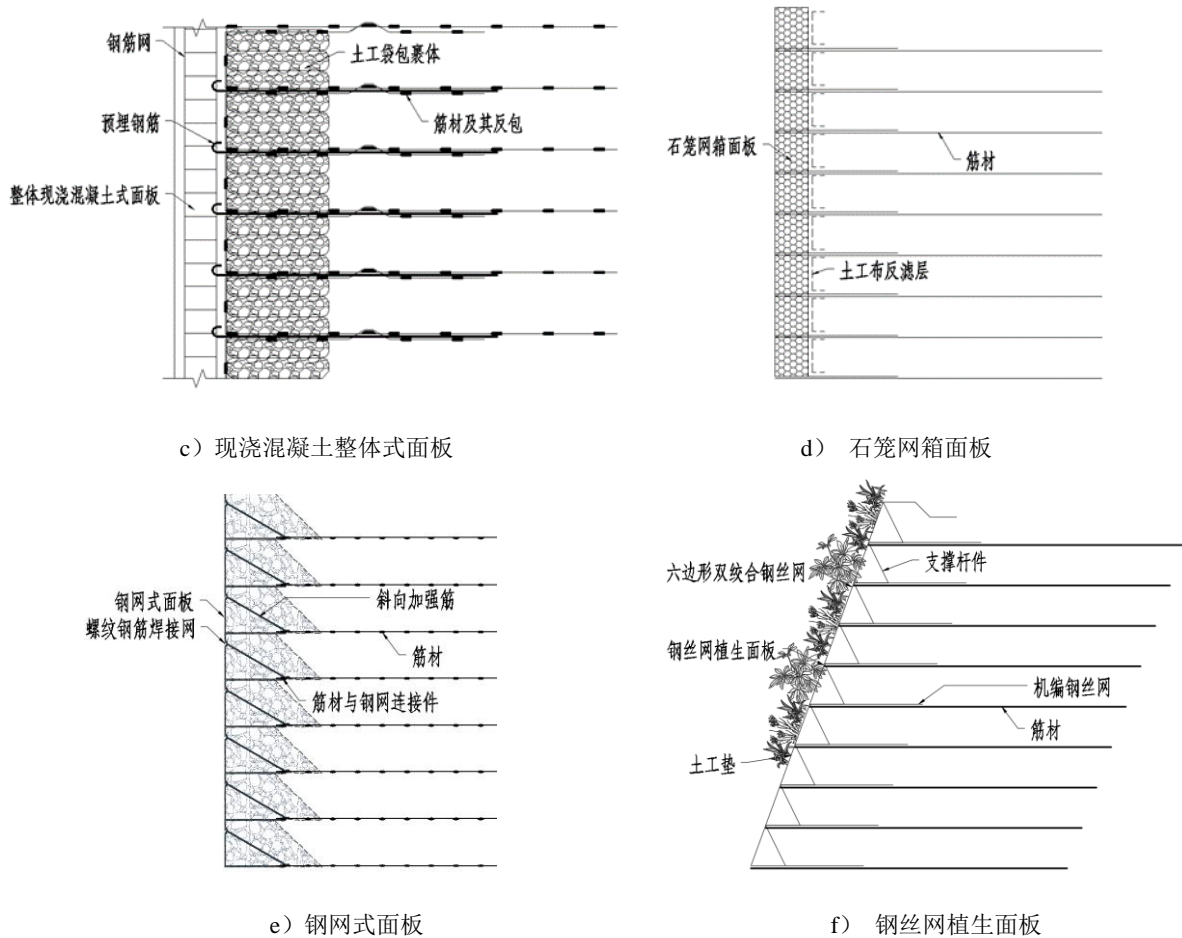


图1 加筋土挡墙面板形式示意图

- 5.3.2 预制砌块式面板应符合下列规定：
- a) 干硬性预制混凝土砌块应符合 JC/T 2094 的规定，砌块强度等级不应小于 C25，抗冻性不应小于 F50，桥面有除冰盐使用需求的非承重式加筋土桥台，砌块强度等级不应小于 C30，抗冻性不应小于 F75；
 - b) 湿法浇筑成型预制混凝土砌块应符合 GB/T 8239 中承重砌块的规定，砌块强度等级不应小于 MU25，抗冻性不应小于 D25；桥面有除冰盐使用需求的非承重式加筋土桥台，砌块强度等级不应小于 MU30，抗冻性不应小于 D35；
 - c) 砌块应外观图案和质地一致、色泽相近、纹理统一，并应无裂缝、损伤、剥落、泛霜现象，采用装饰混凝土技术的砌块尚应符合 JC/T 641 的规定；
 - d) 砌块厚度不得小于 20cm，偏差不应大于 4mm 且宜小于 2mm；砌块高度的偏差不应大于 2mm 且宜小于 1mm；
 - e) 生态型砌块应满足生物多样性要求，砌块生态空间率宜为 25%~60%，可持土体积率宜为 5%~25%。
- 5.3.3 预制钢筋混凝土板组合式面板应符合下列规定：
- a) 面板厚度不应小于 14cm，混凝土强度等级不应小于 C30；桥面有除冰盐使用需求时，面板混凝土强度等级不应小于 C35；
 - b) 面板板块形状可采用正方形、矩形、十字形、六边形等，墙顶和角隅处宜采用角隅面板和异型面板；

- c) 板块相接面可采用凹凸曲面或平面，板块间宜设置弹性垫片；
- d) 板块间如需连接，竖直向宜采用安全插销联接，水平向宜采用销钉连接；
- e) 板块上的外露金属预埋件应进行防锈处理。

5.3.4 现浇钢筋混凝土整体式面板应符合下列规定：

- a) 面板厚度不宜小于 20cm，混凝土强度等级不应低于 C30；桥面有除冰盐使用需求时，面板混凝土强度等级不应小于 C35；
- b) 预埋钢筋的直径不宜小于 20mm，纵横向间距不宜大于 2.5m；
- c) 宜采用双层外挂钢筋网，钢筋直径不宜小于 10mm，钢筋网间距不宜大于 20cm。

5.3.5 石笼网箱面板应符合下列规定：

- a) 钢丝网宜采用机编六边形双绞合低碳钢丝网，并宜覆有机涂层，钢丝网及涂层的性能应符合本文件附录 B 的有关规定，涂层耐磨性能测试方法应按附录 C 执行，网面抗顶破强度测试方法应按附录 D 执行；
- b) 石笼网可采用绑扎钢丝或 C 形钉连接绞合，连接构造见图 2；
- c) 绑扎钢丝的材质与力学性能指标应与网丝一致，覆有机涂层的绑扎钢丝直径不宜小于 2.0mm，未覆有机涂层的不宜小于 2.2mm，绞合部分钢丝镀层、包塑等防腐层不得损坏；
- d) C 形钉宜由镀锌、镀锌铝合金镀层或不锈钢钢丝制成，钢丝直径宜为 3.0mm，镀层质量应不小于 255g/m^2 ，镀锌铝合金钢丝的抗拉强度应不小于 1720MPa，不锈钢钢丝的抗拉强度应不小于 1550MPa，C 形钉的拉开拉力值应不低于 2.0kN；
- e) 石笼网箱内的填料应采用洁净、不易崩解和水解的天然卵石或碎（块）石，岩块饱和单轴抗压强度应不低于 30MPa，粒径宜为 100mm~300mm。

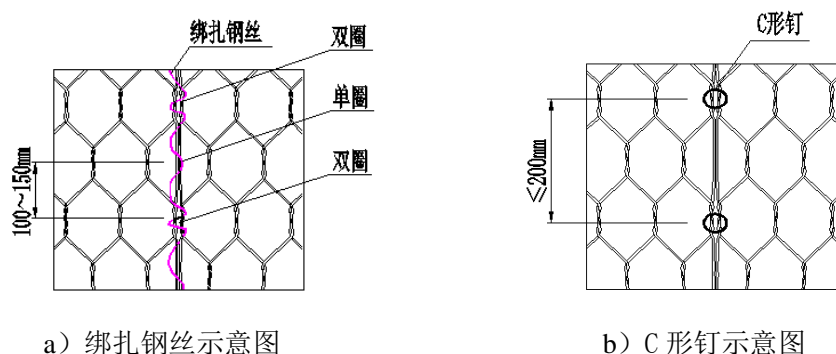


图2 绑扎钢丝和 C 形钉示意图

5.3.6 钢网式面板应符合下列规定：

- a) 钢网式面板应采用抗拉强度不小于 400MPa 的螺纹钢筋焊接成 L 形或 ∠ 形的钢筋网片，并应热浸镀锌防腐；
- b) 面板单元的焊接应满足 JGJ 18 的有关规定，试样抗剪力平均值不应小于 3.5kN；
- c) 热浸镀锌应符合 GB/T 13912 的有关规定，镀层平均厚度不应小于 $85\mu\text{m}$ ，局部厚度不应小于 $70\mu\text{m}$ ；
- d) 若镀锌层需修复，修复宽度不应大于 25mm，修复面积不应超过单体镀锌总面积的 0.5%，修复后的厚度应大于最小厚度 $30\mu\text{m}$ ，但不应超过 $101.6\mu\text{m}$ 。

5.3.7 钢丝网植生面板应由机编钢丝网面、土工垫和支撑杆件等构成，并应符合下列规定：

- a) 钢丝网植生面板应采用经防腐处理的机编钢丝网面反包，并在内侧设置土工垫、焊接钢筋面板及三角支撑杆件形成组合面板，钢丝网面应符合 YB/T 4190 中加筋土单元的要求；

- b) 钢丝网植生面板相邻网箱单元体间应采用绑扎钢丝或 C 型钉连接成整体,连接点应均匀牢靠,无明显间隙。

5.4 填料

5.4.1 填料应满足 JTG D30 的要求,不得使用崩解性岩石、泥炭、淤泥、污染土、冻结土、盐渍土、垃圾、膨胀土及硅藻土。

5.4.2 填料应易于填筑和压实、水稳定性好、对筋材无腐蚀作用,并应符合下列规定:

- a) 当填料选用巨粒土、粗粒土时,填料最大粒径不应大于 100mm,宜优先选用具有一定级配、渗透性能良好的碎石或砂砾;填料与筋材直接接触部分不宜含有尖锐棱角块体;填料中的黏粒(粒径不大于 0.075mm)含量不宜超过 15%;
- b) 当填料选用细粒土时,应开展专项研究。

5.4.3 用于排水、反滤的砂砾(碎)石应洁净、透水性好,粒径小于 0.075mm 的颗粒含量不宜大于 5%。

5.5 辅助材料

5.5.1 反滤土工布应根据加筋土桥台的填料特性和工程特点选用,土工布的挡土性、透水性和防堵性应符合 JTG/T D32 的有关规定,其断裂抗拉强度应不小于 10kN/m。

5.5.2 土工袋应满足抗老化要求,可采用原生塑料网眼袋或生态袋,尺寸、规格应方便施工。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 非承重式加筋土桥台设计前,应按 JTG C10 和 JTG C20 的要求进行桥台工点勘测,并应根据桥台的规模、重要程度及所处环境进行调查分析,收集和掌握下列资料:

- a) 道路等级、地形图、工程地质、水文地质及地震条件;
- b) 桥梁工程的桥跨、净空、荷载等对加筋土桥台的工程要求;
- c) 地表水及地下水的类型、分布及其对非承重式加筋土桥台稳定性的影响;
- d) 施工现场的作业空间、原有构造物、地下埋设物的情况以及施工安全条件;
- e) 对于山区沟谷段非承重式加筋土桥台,应调查收集地质构造、地形地貌、地层、岩体结构面特征以及场地自然稳定状况;
- f) 填料来源及其特性;
- g) 土压力、地基承载力及变形计算所需岩土参数。

6.1.2 非承重式加筋土桥台设计方案应根据桥梁工程特点、各类非承重式加筋土桥台的适用范围,结合场地的地质与环境条件、填料特性、材料的耐久性、工程造价等因素综合确定。

6.1.3 非承重式加筋土桥台设计宜按初步设计和施工图设计两阶段进行,各阶段的设计内容及深度应符合下列规定:

- a) 初步设计阶段应根据桥台址区地形、地质、水文等环境条件,结合路基横断面设计,初步确定非承重式加筋土桥台结构类型、规模和尺寸;
- b) 施工图设计阶段应在初步设计的基础上,进一步确定非承重式加筋土桥台设置位置、墙高、断面型式、起讫桩号及两端衔接方式等,进行相应的工程结构设计计算,绘制非承重式加筋土桥台平面图、立面图、典型横断面图,并做好路面、护栏的衔接设计。

6.1.4 加筋土挡墙应采用以极限状态设计的分项系数法为主的设计方法,并应符合下列规定:

- a) 除结构重要性系数按本规范第 4 章取用外,作用及其组合应符合 JTG D30 的有关规定;

- b) 加筋土挡墙墙顶上的有效永久荷载中应计入墙顶以上路基、路面结构、桥梁搭板及交安设施静载；
- c) 加筋土挡墙土侧压力基本可变作用中应计入桥台顶部车辆荷载作用在加筋土挡墙上所引起的附加土体侧压力，该附加土体侧压力应按 JTG D30 换算成等代均布土层厚度计算。

6.1.5 加筋土挡墙应按 JTG D30 进行整体稳定性和沉降验算，不满足整体稳定及沉降控制要求时，应采取下列必要措施：

- a) 根据工程需求，可选择刚性桩、复合地基、换填等方案，并均宜在加筋土桥台基底设置加筋垫层；
- b) 垫层形式应根据设计荷载大小和要求以及具体地基土层条件确定，宜选择多层共挤复合格栅加筋垫层、高强土工布加筋垫层、土工格室加筋垫层等，并应符合 JTG/T D31-02、GB/T 50783 的有关规定。

6.1.6 加筋土挡墙应按 JTG D30 进行内部稳定性和外部稳定性分析，材料强度折减应符合 JTG/T D32 的有关规定。

6.1.7 加筋土挡墙面板下混凝土条形基础的形式与尺寸应根据地基、墙面形式、墙高等条件确定，并应符合下列规定：

- a) 预制混凝土砌块式面板、预制钢筋混凝土板组合式面板、现浇混凝土整体式面板应设置混凝土条形基础；石笼网箱面板、钢网式面板和钢丝网植生面板可不设置混凝土条形基础；
- b) 条形基础应按 JTG D30 进行地基承载力验算；
- c) 条形基础埋置深度应根据地基条件和墙前地形与水文条件确定；土质地基上的最小埋置深度不应小于 0.6m；设置在岩石上的基础，应清除表面全、强风化层；
- d) 基础宽度不宜小于 0.8m，厚度不宜小于 0.4m；
- e) 基础强度等级不宜低于 C30，地质条件变化大时宜配筋；
- f) 当基底起伏不平时，可结合地形做成台阶形基础；
- g) 在条形基础遇桥梁下部结构基础障碍处应设置沉降缝，沉降缝设置宜综合考虑墙面外观效果。

6.1.8 面板应考虑墙面的外观效果，并符合下列规定：

- a) 预制混凝土砌块式面板宜采用利于干垒施工控制的设计，应设置加筋土挡墙顶层防倾覆控制措施。面板与筋材间连接可采用预埋连接、插销连接或连接件连接；
- b) 采用预制钢筋混凝土板式面板时，条形基础上应设计限位预埋件，面板上应按加筋层间距设计与筋材连接的预埋件，连接预埋件可选择预埋筋材或预埋金属扣件；
- c) 整体现浇混凝土式面板应设置伸缩缝和沉降缝，可合并设置，其间距宜为 10m~25m，可采用聚苯乙烯泡沫板等材料填充。

6.1.9 加筋土挡墙的转角设计应符合下列规定：

- a) 加筋土挡墙转角角度不宜小于 90 度，线型可采用折线或弧线等多种形式，见图 3；
- b) 外凸的转角排水层厚度应加厚，加厚平面范围不小于 0.5 倍的墙高；
- c) 内凹的转角筋材铺设范围应加宽，加宽平面范围不小于 0.25 倍的墙高。

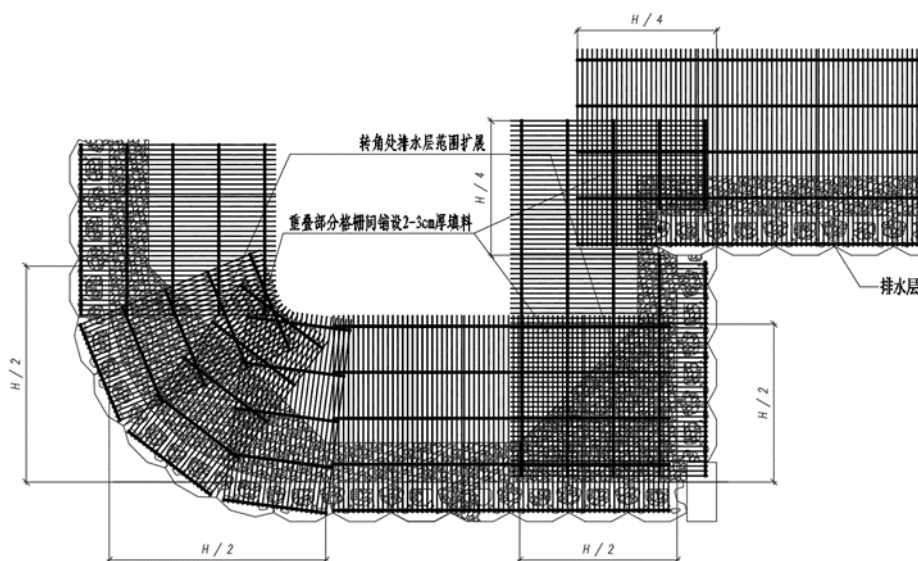


图3 加筋土挡墙转角俯视示意图

6.1.10 非承重式加筋土桥台的防排水设计应符合下列规定：

- 应综合采取截流和防排水措施，形成完整的防排水体系；
- 加筋土挡墙墙顶应设防渗层，防渗层上应设防水层及混凝土封闭层，并应向桥台外设散水坡和纵向排水沟；
- 面板与加筋土体之间宜设置厚度不小于 0.5m 的碎石排水层，排水层应与面板基础下的排水层水力连接，碎石排水层与加筋土体之间应设置土工布反滤层；
- 现浇混凝土整体式面板宜预留排水孔，采用其他面板形式时，可根据实际工程需要预留排水孔；
- 桥梁及桥台结构的水不得进入加筋土挡墙区，宜采用集中排水措施排至加筋土挡墙外；
- 多级加筋土挡墙的分级平台上，宜铺设混凝土板，横坡不应小于 2%；上级墙面板基础下应设置宽度不小于 1.0m、厚度不小于 0.5m 的垫层。

6.1.11 非承重式加筋土桥台中加筋土挡墙的竖向范围应位于路基高度内，路面、护栏应结合加筋土桥台结构进行专项设计。

6.1.12 非承重式加筋土桥台的设计除应符合本规程外，尚应符合 JTG D30、JTG/T D32、JTG D60、JTG 3362 及 JTG 3363 的有关规定。

6.2 外置式加筋土桥台设计

6.2.1 加筋土桥台设计应符合下列规定：

- 分离式加筋土桥台的加筋土挡墙与桥梁下部结构的净间距不得小于 10cm，且不得大于 40cm，墙顶的高度不得小于桥梁下部结构台帽底以上 50cm；
- 对接式加筋土桥台临时墙面宜采用筋材反包土工袋、钢网式面板，筋材反包长度宜不小于 1.0m。

6.2.2 桥梁下部结构设计应符合下列规定：

- 分离式加筋土桥台中桥梁下部结构台帽应设置跨分离间隔的牛腿，加筋土挡墙墙顶与牛腿间应设置搭板，见图 4；
- 对接式加筋土桥台中桥梁下部结构的轻型墙式结构可作为加筋土挡墙现浇混凝土整体式墙面板，作用于桥梁下部结构的水平土压力 P 应按式 (1) 计算。

$$P=P_{jk}-T_r \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P_{jk} ——未加筋时单位墙宽上土压力的水平分量 (kN/m)，应按 JTG D60、JTG 3362 有关规定计算；
 T_r ——筋材的总工作拉力 (kN/m)，应结合筋材特性和工程具体情况确定工作应变，以工作应变对应的拉力作为筋材的设计拉力，且不应大于 P_{jk} ；对于常规筋材，当无经验和依据时筋材工作应变可取 0.5%~1.0%，且 T_r 不应大于 P_{jk} 。

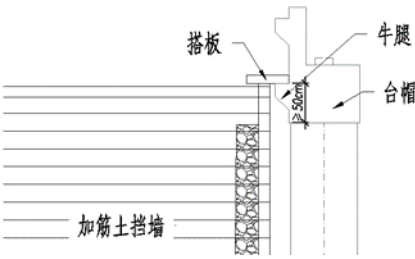


图4 分离间隔处理方案示意图

6.3 内置式加筋土桥台设计

6.3.1 加筋土挡墙设计应符合下列规定:

- a) 应结合施工方式考虑其可能分担的盖梁部分荷载，可不考虑桩柱结构对其稳定性的有利作用；
- b) 筋材在桥梁下部结构处截断时，截断面积应与桥梁下部结构横断面一致，不得超量裁剪，被截断的筋材应采用绑扎带拼接，见图 5。

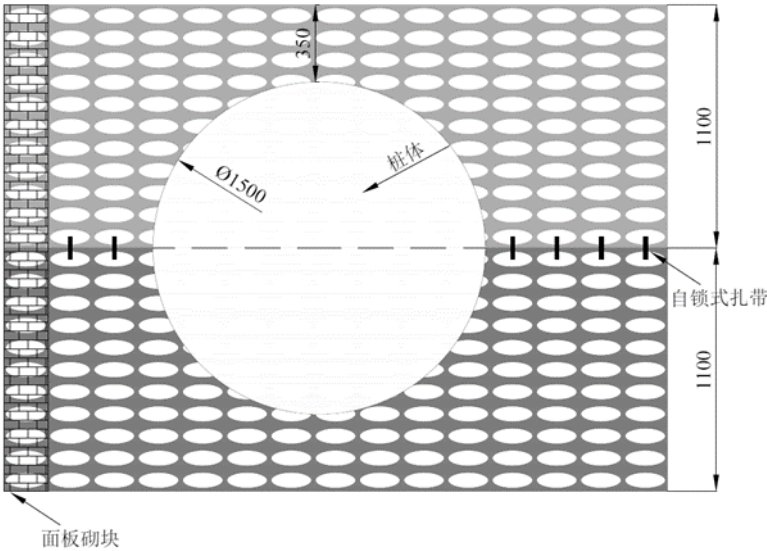


图5 筋材平面整体性补强方案示意图

6.3.2 桥梁下部结构设计应符合下列规定：

- 桥梁下部结构与加筋土挡墙面板的净距不宜小于 $0.3H$ (H 为墙高)，且不应小于 1.0m ；
- 当净距不满足前款规定时，应在桥梁下部结构处采用筋材传力构件，见图 6；当净距离不小于 0.3 倍墙高且加筋层间距不大于 30cm 时，可不设置筋材传力构件；
- 筋材传力构件可采用钢管、钢筋等焊接或栓接形成，并应进行防腐处理；
- 桥梁下部结构宜外敷光滑膜，光滑膜可采用自粘防水卷材等材料；
- 桥梁下部结构与加筋土体直接接触时，应考虑桩柱与加筋土挡墙之间的相互作用，作用于桥梁下部结构的水平土压力应按式 (2) 计算。

$$P_{si} = \lambda K_a (\gamma z_i + q) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_{si} ——下部结构上受到的水平土压力 (kPa)；

K_a ——朗肯主动土压力系数；

λ ——土压力折减系数，与加筋长度、加筋间距、筋材刚度和施工工艺有关，缺少经验时可取 1.0 ；

γ ——加筋土挡墙填土重度 (kN/m^3)；

z_i ——从墙顶算起的计算点深度 (m)；

q ——桥台顶面上的附加荷载 (包括填料自重和交通荷载)。

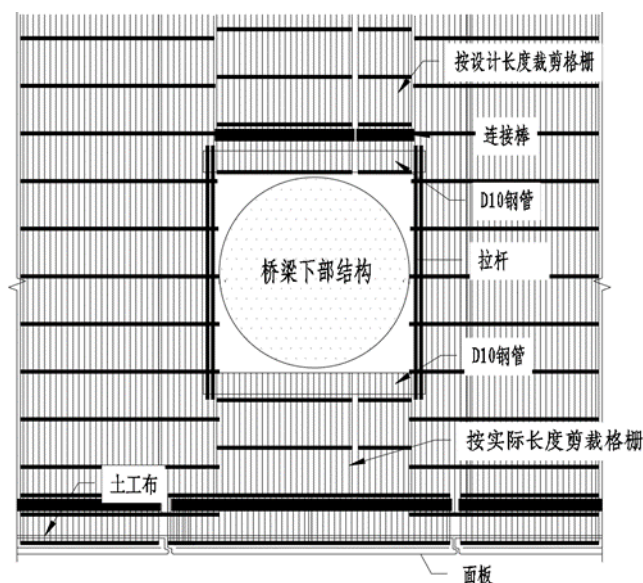


图6 筋材传力构件示意图

6.3.3 内置式加筋土桥台宜在桥梁下部结构外设置刚性或柔性套管，套管内壁与下部结构间净距离不宜小于 10cm 。

6.3.4 套管应符合下列规定：

- 刚性套管可采用钢筋混凝土套管，套管预制件宜设置为半框结构，半框高度宜与加筋层间距匹配，刚性套管宜兼顾筋材传力构件功能；
- 柔性套管可采用筋材反包土工袋构成，见图 7。

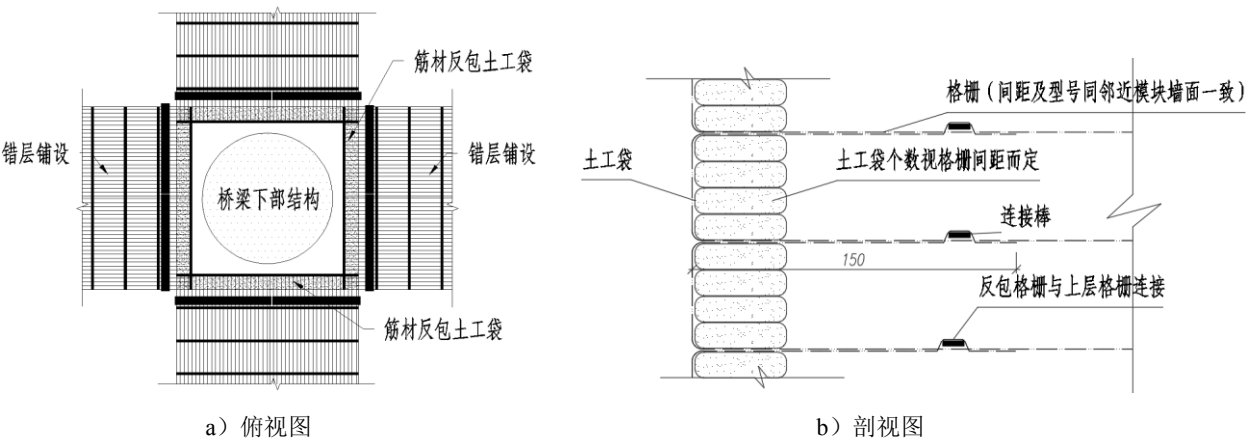


图7 柔性套管示意图

6.4 构造措施

6.4.1 减小加筋土桥台台身侧向土压力宜采取下列措施：

- 靠近墙面主筋之间宜设置短次筋，次筋宜采用低应变下具有较高割线模量、有效嵌锁约束填土粒料的多层共挤复合土工格栅等加固类格栅；
- 分离式桥台宜增大加筋土挡墙的高度；
- 对接式桥台：
 - 在加筋土挡墙与桥梁下部结构之间设置EPS土工泡沫，见图8；
 - 缩小加筋层间距，形成加筋土复合体挡墙；
 - 加筋土挡墙施工时，对筋材施加预应力。
- 内置式桥台：
 - 在桥梁下部结构外侧设置刚/柔性套管；
 - 在桥梁下部结构外表面敷设光滑膜；
 - 在桥梁下部结构处，通过刚性传力构件连接被截断的筋材；
 - 铺设筋材时，采用后张拉和固定措施。

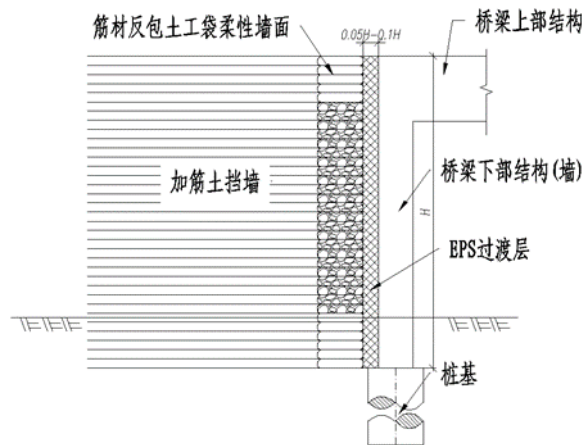


图8 设置 EPS 减小侧向土压力措施示意图

- 6.4.2 减少加筋土桥台沉降宜采取下列措施：
- a) 提高加筋土挡墙的填料压实度；
 - b) 铺设筋材时，通过张拉固定对筋材施加预应力；
 - c) 采用不大于 30cm 的小间距以形成加筋土复合体；
 - d) 填料中掺入低剂量水泥。
- 6.4.3 加筋土桥台顶部面板防倾覆宜采取下列措施：
- a) 减小筋材间距；
 - b) 设置压重帽石；
 - c) 采用增设钢筋等墙面整体性增强措施。
- 6.4.4 加筋土桥台与路堤交界处不均匀沉降控制宜采取下列措施：
- a) 应在加筋土挡墙与路堤相接处设置过渡区，加筋区与非加筋区宜选择相同填料；
 - b) 加筋土挡墙加筋区与路堤非加筋区间的过渡区宽度不宜小于 1.0m，过渡区加筋层数不宜小于 2 层，筋材间距不宜大于 30cm，筋材宜采用多向土工格栅、多层共挤复合土工格栅、土工织物，见图 9；
 - c) 设置加宽平台的加筋土挡墙超出路堤坡面部分应设置堵头挡墙。

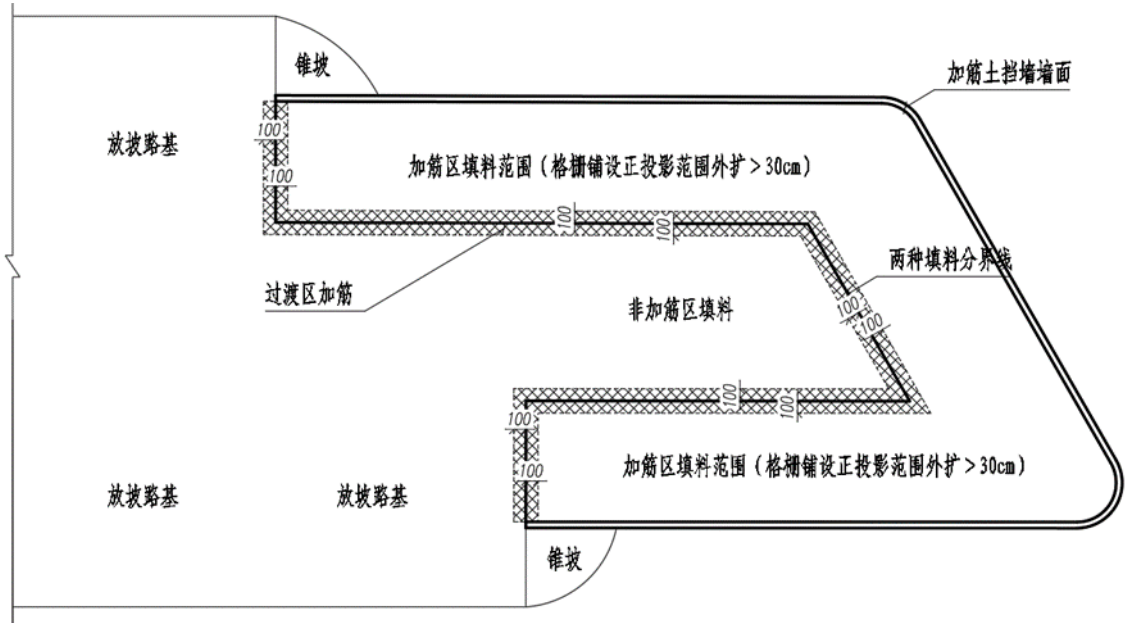


图9 加筋土挡墙加筋区与路堤非加筋区间过渡区示意图

7 施工与质量控制

7.1 一般规定

- 7.1.1 施工场地应采取有效措施截排地表水和导排地下水，临时排水设施应与永久排水设施相结合。
- 7.1.2 入场材料应按本文件第 5 章及设计要求进行抽检，合格后方可使用。
- 7.1.3 施工过程中应进行加筋土桥台的变形观测，发现异常应及时排查原因，并调整施工方法或采取其他有效措施。
- 7.1.4 材料的运输、储存、保管应符合下列规定：
- a) 各种材料应分类保管；
 - b) 筋材现场存放时应通风干燥，远离火源；

- c) 运输、储存过程中应避免筋材和辅助材料暴露在阳光下或被雨水淋泡；
- d) 施工时应合理选择施工机具和填料，减少对筋材和辅助材料的损伤；
- e) 对因结构需要而裸露的材料应采取措施进行覆盖。

7.1.5 加筋土挡墙、桥梁下部结构的施工除应符合本文件外，尚应符合 JTG/T 3610、JTG/T D32、JTG/T 3650 等有关标准的规定。

7.1.6 非承重力加筋土桥台的检查和验收应按 JTG F80/1 有关规定执行。

7.2 施工准备

7.2.1 施工前应测量放线，确定加筋土挡墙与桥梁下部结构基础的位置，校核加筋土挡墙墙面设计坡度。

7.2.2 当缺少加筋土施工经验时，应进行试验性施工，确定下列参数和工艺：

- a) 填料参数；
- b) 筋材铺设、面板安装施工方法；
- c) 施工机具选型与组合、松铺厚度、碾压遍数等填料压实工艺参数；
- d) 施工组织方案及工艺。

7.3 施工要求

7.3.1 面板应在基础设缝处设置通缝，缝宽宜为 2cm~3cm，缝内宜用聚苯乙烯泡沫板或沥青软木板填塞，缝的两端宜设置对称的半块墙面板。

7.3.2 预制面板加筋土挡墙的施工可按图 10 的流程进行。

7.3.3 加筋土桥台按照以下顺序施工：

- a) 分离式加筋土桥台宜按桥梁下部结构基础、加筋土挡墙、桥梁下部结构、盖梁、支座安装及调整顺序施工，见图 11；
- b) 对接式加筋土桥台宜按桥梁下部结构基础、加筋土挡墙、桥梁下部结构、桥梁上部结构的顺序施工，见图 12；
- c) 内置式加筋土桥台宜按桥梁下部结构、加筋土挡墙、盖梁、支座的顺序施工，见图 13。

7.3.4 混凝土砌块式面板的安装应符合下列规定：

- a) 砌块式面板安装前，应在条形基础上画出面板外缘线及面板的位置，用砂浆找平，再安装第一层面板；
- b) 面板搬运过程中可采用人工或机械吊装就位，应轻搬轻放，避免重压；
- c) 应按照要求的垂度、坡度挂线施工分层安装，垒砌时每层面板顶面应采用水平尺找平，相邻上下层模块应错缝安装，安装时应避免角隅、插销孔破损或变形；
- d) 测试校核面板与筋材间的连接强度，采用连接件方式的筋材压入两层模块间的连接方式时，筋材应满压于模块间；
- e) 安装好的面板应进行固定，安装误差应逐层调整，不得累积。

7.3.5 预制钢筋混凝土板式面板的安装除应符合本文件第 7.3.4 条的规定外，尚应符合下列规定：

- a) 板式面板安装前，应在条形基础上预埋定位固定辅助件，再安装第一层面板；
- b) 相邻上下层面板应采用夹木板等临时固定件固定；
- c) 上下层面板间应设置弹性垫片。

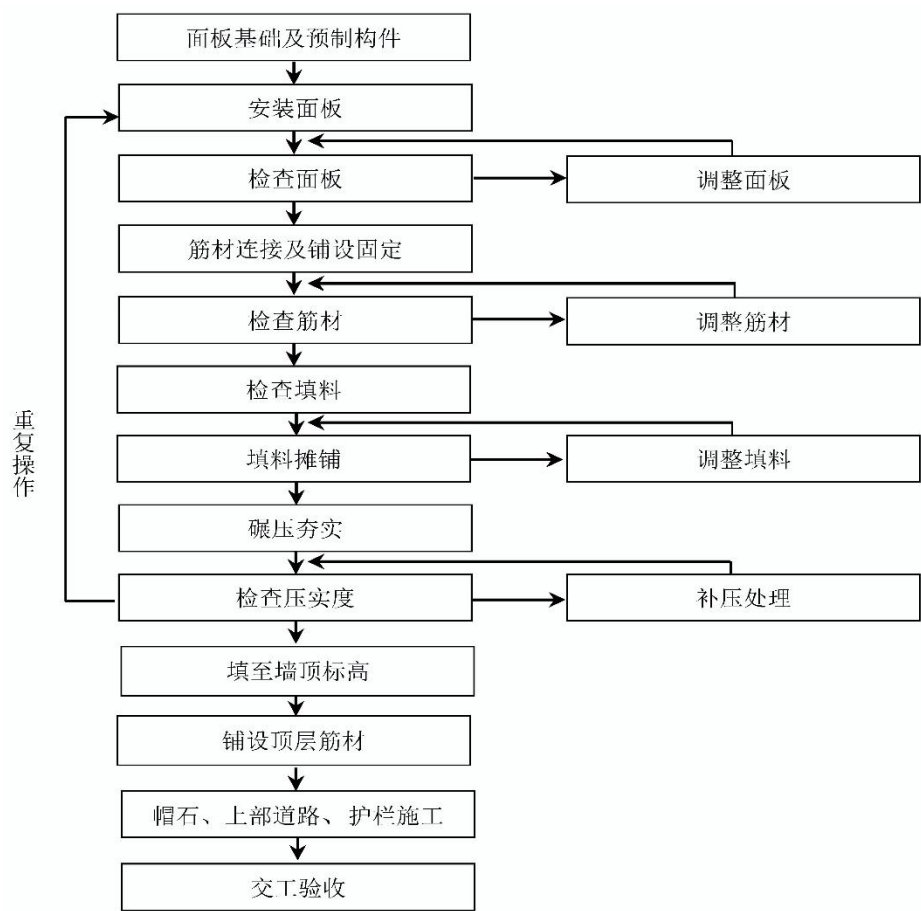


图10 预制面板加筋土挡墙施工流程图

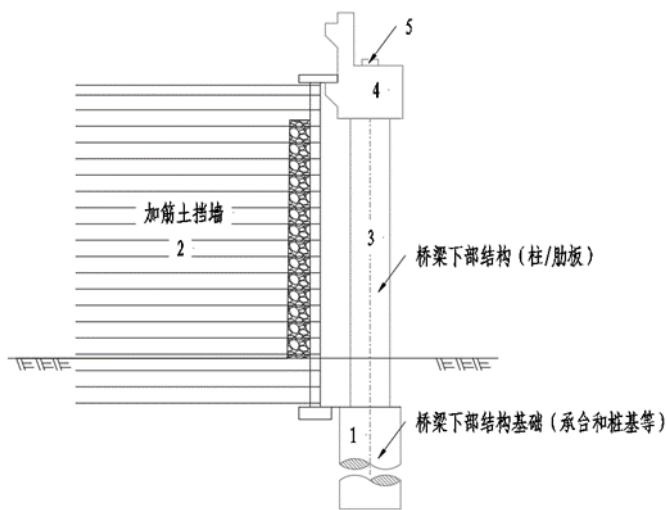


图11 分离式桥台施工顺序示意图（数字表示顺序）

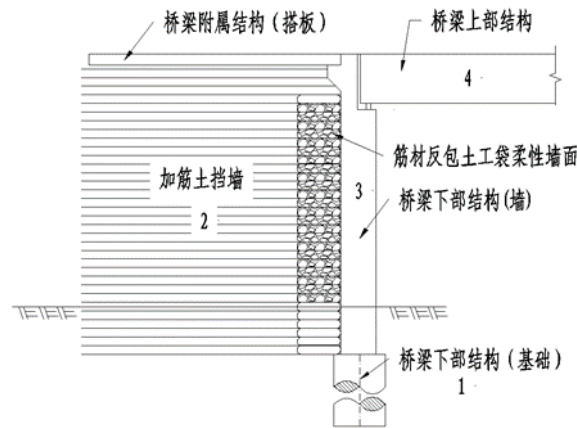


图12 对接式桥台施工顺序示意图（数字表示顺序）

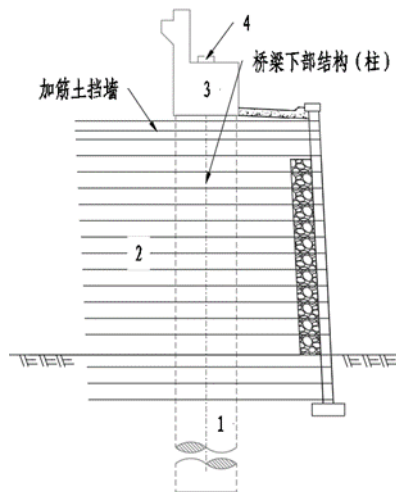


图13 内置式桥台施工顺序示意图（数字表示顺序）

7.3.6 整体现浇混凝土面板的施工应符合下列规定：

- a) 整体现浇面板加筋土挡墙的现浇面板应在柔性反包加筋土挡墙沉降完成后施工；
- b) 预埋钢筋的直径不宜小于 20mm，预埋长度不宜小于 3m，垂直与水平方向的间距均不宜大于 2.5m，并应做好防锈处理；
- c) 加筋土挡墙墙体施工完成后，应按设计要求绑扎钢筋网片，并与预埋钢筋牢固连接；
- d) 混凝土面板浇筑应从上而下，并充分振捣。

7.3.7 石笼网箱面板的施工应符合下列规定：

- a) 组装单个石笼网箱面板：将石笼网箱面板单元展开，面板、边板、隔板及背板均应与底板垂直，采用绑扎钢丝或 C 型钉进行连接与组装；绑扎钢丝应按间隔 100mm~150mm 单圈缠绕-双圈锁紧相间隔的方式绞合；C 形钉间距不宜大于 200mm，C 形钉最小拉开拉力值不应低于 2.0kN；
- b) 整体组装石笼网箱面板：将组装好的单个石笼网箱面板紧密整齐地摆放在设计位置上，并用绑扎钢丝或 C 型钉连接成整体；
- c) 装填石料：填充石料前，宜在石笼网箱面板外侧设置木板或钢管等临时约束装置；石笼网箱填石应按每层 25cm~35cm 的高度分层填充，面墙外侧 30cm 宽范围应采用人工码砌，每填充完一层石料，应在石笼网箱前后面板之间设置水平加强钢丝；石笼网箱的顶层应适当超填，预留后期沉降量；

- d) 石笼网箱封盖：盖板与网箱四周及隔板采用绑扎钢丝或 C 型钉连接封盖；
- e) 石笼网箱背部土工布反滤层应与面板同步施工，土工布上、下折边的宽度不宜小于 30cm。

7.3.8 钢网式面板的安装应符合下列规定：

- a) 钢网式面板搬运及安装过程中应轻搬轻放，避免面板变形损坏；
- b) 钢网式面板连接：相邻两幅钢网式面板采用钢制圆环或钢丝连接并固定，每幅面板连接点不少于 2 个；
- c) 钢网式面板与筋材连接：钢网式面板安装就位后，铺设筋材，筋材网孔与面板末端凸起相互咬合固定；
- d) 钢网式面板支撑：钢网式面板竖向网片与水平网片之间通过斜向加强筋连接形成支撑，斜向加强筋应均匀布置，相邻加筋筋间距不应超过 50cm。

7.3.9 钢丝网植生面板的安装应符合下列规定：

- a) 组装单个钢丝网植生面板单元：先将钢丝网面展开，再将配备的土工网垫、焊接钢筋网架、三角固定架、支撑杆等按设计图纸组装成钢丝网植生面板单元，确保面板倾斜度与设计一致；
- b) 钢丝网植生面板定位与连接：将钢丝网植生面板单元摆放在设计位置，并采用绑扎钢丝或 C 型钉将相邻钢丝网面板单元连接成整体；绑扎钢丝应按间隔 10cm~15cm 单圈缠绕-双圈锁紧的方式绞合；C 型钉间距不宜大于 20cm；
- c) 面板反包部分钢丝网片可采用木桩临时固定；
- d) 钢丝网植生面板上、下层之间采用绑扎钢丝或 C 型钉进行连接。

7.3.10 筋材铺设应符合下列规定：

- a) 应根据设计长度确定筋材的剪裁长度。非承重式加筋土桥台采用筋材反包时，筋材铺设前应计算好筋材铺设长度（包括加筋部分、面墙部分和反包部分）；非承重式加筋土桥台筋材采用连接件连接时，筋材铺设前应计算好筋材铺设长度（包括加筋部分、面墙内考虑横肋位置的满压部分）；避免在主受力方向连接，必须连接时应采用专用连接棒等连接，连接处强度不得低于筋材标称抗拉强度的 90%；
- b) 在已经整平、压实的地基/填料上按筋材主强度方向垂直于挡墙墙面的方式铺设筋材，筋材应平铺、拉紧，不得卷曲、扭结；
- c) 铺设筋材的土层表面应平整，不应有尖锐凸出物；
- d) 加筋体顶部应设防水层，防止地表水浸入加筋体；
- e) 加筋土挡墙拐角处筋材铺设应按设计要求满铺于设计范围，折线转角两侧筋材上下错层铺设，曲线拐角结合墙面分块裁剪筋材幅宽，相邻墙面分块错层铺设。在筋材重叠的部分应铺设一层大于 2cm 厚的土或砂；在墙体凹部位土工格栅空缺部位，应增补不少于相应长度和宽度的筋材，拐角处筋材铺设见图 14。

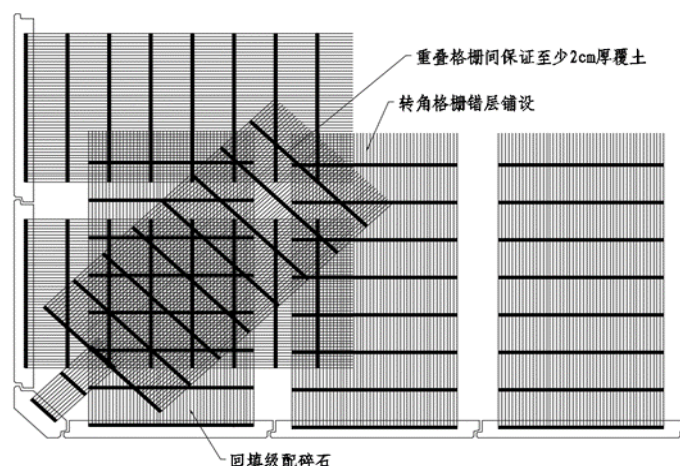


图14 拐角处凹部位筋材铺设

7.3.11 填料的摊铺与压实应符合下列规定：

- 填料碾压前应进行压实试验。应根据筋材铺设设计间距、碾压机具、填料性质及最佳含水量，通过试验确定填料填筑的分层松铺厚度和碾压遍数，使压实后的层面与下一层筋材铺设位置相同；分层压实厚度不宜大于 150mm，压实度不得小于 96%；
- 填料与筋材接触部分不应含有尖锐棱角的块体，填料中最大粒径不应大于 100mm；填土表面不应有碎块石坚硬凸起物，填料应回填均匀、分层摊铺、压实平整，加筋区填料铺设范围应超出筋材外边缘 30cm 以上，填料顶面横坡应符合设计要求；
- 填料卸料时宜将填料按一定间距呈鳞状卸于筋材上，机械不得直接在筋材上行走；
- 距面墙 1.5m 以内，不应有大型机械行驶作业，应采用小型机械或人工摊铺，摊铺填料应顺筋材长度方向作业；分层厚度宜为 100mm，压实度不应小于 96%，并应采用人工夯实或小型压实机械碾压密实，不应使用重型压实机械压实；
- 所有机械行驶方向宜与筋材垂直，不得在未经压实的填料上急剧改变运行方向和急刹车；填料碾压应从筋材中部开始，平行于墙面碾压，先向筋材尾部逐步进行，然后再向墙面方向进行，见图 15；
- 填料碾压时，压实机械的行驶离墙面的距离不得小于 1.5m；碾压应先轻后重，第一遍宜用轻型压路机碾压，若采用振动压路机应关闭振动开关；加筋土挡墙任何部位均不得采用羊足碾、冲击碾压、强夯；若填料中难以避免含有硬质锐利颗粒，可在贴近筋材处覆盖上厚度不小于 5cm 细粒料；每层填料摊铺完毕后应及时碾压，不得延至次日碾压；特殊情况需延时碾压时，可用塑料薄膜覆盖填料；
- 雨天严禁进行填料的摊铺和压实作业；
- 加筋体后的回填料施工应与加筋体同步进行。

7.3.12 防护、排水及附属工程施工应符合下列规定：

- 非承重式加筋土桥台施工时，应按设计规定设置完善的排水系统，并应采取措施疏干墙背填料中的水分，防止墙后积水，减少雨水和地面水下渗，避免墙身承受额外的静水压力；
- 挡土墙内部排水设施施工时，应结合现场情况进行核查，与设计不符应及时通知设计单位进行动态设计；
- 防护、排水设施如反滤层、透水层、隔水层等应按设计要求与墙体施工同步进行、同时完成；
- 其他附属设施（如交通安全设施）的施工应符合现行有关标准的规定。

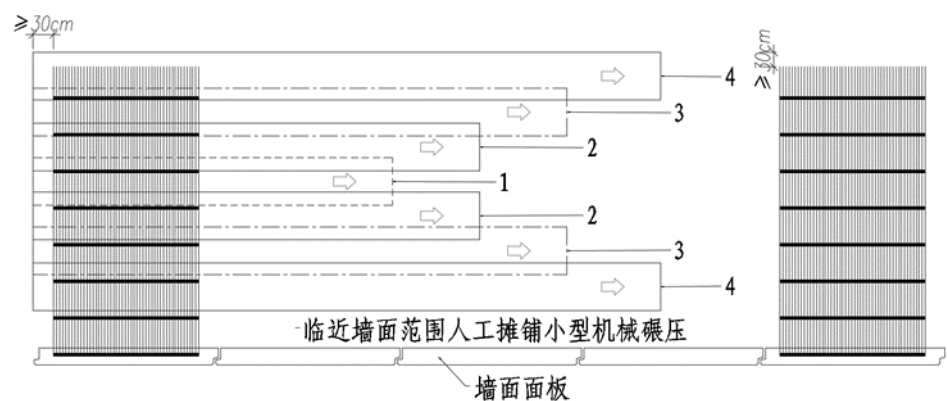


图15 填料施工碾压顺序示意图

- 7.3.13 桥梁下部结构施工应符合下列规定：
- a) 桥梁台帽顶面纵、横坡及垫石、支座等的施工应在加筋土挡墙施工后进行；
 - b) 墩、台身覆膜前表面应保持光洁无土无油污，外敷膜应黏贴平整、光滑。
- 7.3.14 与加筋土桥台相接的路基宜与加筋土挡墙同层同步施工。

7.4 质量控制

- 7.4.1 非承重式加筋土桥台的质量控制应按 JTG F80/1 执行，分部、分项工程的划分应符合下列规定：
- a) 桥梁工程为单位工程，非承重式加筋土桥台的加筋土挡墙及桥梁下部结构为分部工程；
 - b) 加筋土挡墙分项工程为基底（基础）、墙背填土、筋材、面板、坡面防护、排水工程等；
 - c) 桥梁下部结构分项工程根据桥梁下部结构形式按 JTG F80/1 划分。
- 7.4.2 基底及基础工程实测项目应符合表 4、表 5 的规定。

表4 基底实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法及频度
1	轴线偏位（mm）		25	全站仪或经纬仪：每 20m 纵、横各检查 2 点
2	平面尺寸（mm）		±50	尺量：每 20m 长、宽各检查 3 处
3	基础底面标高	土质	±50	水准仪：每 20m 测量 5～8 点
	（mm）	石质	+50, -200	
4	地基承载力		符合设计要求	每 20m 纵、横各检查 2 点
注：桥台每面加筋土挡墙单独计算，不足20m部分按20m计；本表针对天然或人工加固地基。				

表5 基础实测项目表

项次	检查项目		规定值或允许偏差值	检测方法及频度
1Δ	混凝土强度（MPa）		符合设计要求	按 JTG F80/1 附录 D 检查
2	轴线偏位（mm）		≤25	全站仪：沿纵、横轴线各测 2 点
3	平面尺寸（mm）		±50	尺量：长、宽各检查 3 处
4	顶面高程（mm）		±30	水准仪：测 3 处
5	基底高程 （mm）	土质	±50	水准仪：测 3 处
		石质	+50， -200	
注：桥台每面挡墙基础均需按本表单独实测。本表针对条形基础。				

7.4.3 墙背填土实测项目应符合表 6 的规定。

表6 加筋土挡墙墙背填料实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	距离面板 1.5m 范围外填土压实度	符合设计要求	每桥台每压实层每 50m ² 各测 1 处, 不足 50m ² 部分各按 1 处计
2Δ	距离面板 1.5m 范围以内填土压实度	符合设计要求	
3Δ	反滤层厚度	≥设计要求	尺量: 每面墙长度不大于 50m 时测 5 处, 每增加 10m 增加 1 处
4	填土长度	≥设计要求, 且满足	尺量: 每桥台每层测顶、底面两侧
5	加筋土挡墙合围区内非加筋区压实度	与距离面板 1.5m 范围	按路基土压实度评定方法检测, 每桥台每压实层测 1 处

7.4.4 筋材实测项目应符合表 7 的规定。

表7 筋材实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	筋材长度	不小于设计长度	尺量: 每面墙长每 20m 检查 5 处
2Δ	筋材与墙面连接	符合设计要求	目测: 全部
3	筋材固定与连接	符合设计要求	尺量: 每面墙测 2 处
4	筋材铺设	符合设计要求	尺量: 每面墙测 2 处
5Δ	筋材间距	符合设计要求	尺量: 每面墙测 2 处
6Δ	筋材强度	符合设计要求	每 10000m ² 抽检 1 次, 且不少于 3 次
7Δ	筋材延伸率	符合设计要求	每 10000m ² 抽检 1 次, 且不少于 3 次

7.4.5 面板预制实测项目应符合表 8 的规定。

表8 面板预制实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	混凝土强度（MPa）		在合格标准内	按 JTG F80/1 附录 D 检查
2	边长 （mm）	长度小于 1m	±5	尺量：抽查 10%，每板长度各测 1 次
		其他	±0.5%边长	
3	两对角线差 （mm）	长度小于 1m	≤10	尺量：抽查 10%，每板测 2 对角线
		其他	≤0.7%最大对角线长	
4Δ	厚度（mm）		+5， -3	尺量：抽查 10%，每板测 2 处
5	表面平整度（mm）		≤5	2m 直尺：抽查 10%，每板长方向测 1 处
6	预制件位置（mm）		≤5	尺量：抽查 10%

7.4.6 预制面板安装实测项目应符合表 9 的规定。

表9 预制面板安装实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	每层筋材处墙面高程（mm）		±10	水准仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 组， 每增加 10m 增加 1 组
2	轴线偏位（mm）		≤10	挂线、尺量：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
3	面板坡度（%）		+0， -0.5	铅垂法：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
4	相邻面板错台（mm）		≤5	尺量：每面墙长度不大于 30m 时测 5 条缝最大处， 每增加 10m 增加 1 处
5	面板缝宽（mm）		≤10	尺量：每面墙每 30m 时检查 5 条， 每增加 10m 增加 1 条

7.4.7 预制面板加筋土挡墙总体实测项目应符合表 10 的规定。

表10 预制面板加筋土挡墙总体实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	墙顶平面位置 (mm)	路堤式	+50, -100	全站仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	±50	
2	墙顶高程 (mm)	路堤式	±50	水准仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	±30	
3	墙面倾斜度 (%)		+0.5% <i>H</i> 且不大于+50mm， -1% <i>H</i> 且不小于-100mm	吊垂线或坡度板：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
4Δ	墙面平整度 (mm)		15	2m 直尺：每面墙每 20m 检查 3 处， 每处检测竖直和墙长两个方向
注：平面位置和倾斜度 “+” 指向外，“-” 指向内，H为墙高。				

7.4.8 现浇混凝土面板实测项目应符合表 11 的规定。

表11 现浇混凝土面板实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1Δ	混凝土强度（MPa）	±10	按 JTG F80/1 附录 D 检查
2	平面位置（mm）	≤10	全站仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
3	墙面坡度（%）	+0, -0.5	铅垂法：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
4Δ	断面尺寸（mm）	≤5	尺量：抽查 10%
5	顶面高程（mm）	≤10	水准仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
6	表面平整度（mm）	≤8	2m 直尺：每面墙每 20m 检查 3 处， 每处检测竖直和墙长两个方向

7.4.9 现浇混凝土面板加筋土挡墙总体实测项目应符合表 12 的规定。

表12 现浇混凝土面板加筋土挡墙总体实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	墙顶平面位置 (mm)	路堤式	+50, -100	全站仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	±50	
2	墙顶高程 (mm)	路堤式	±50	水准仪：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点， 每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	±30	
3	墙面倾斜度 (%)		+0.5%H 且不大于+50mm，	吊垂线或坡度板：每面墙长度不大于 30m 时测 5 点，每增加 10m 增加 1 点
4Δ	墙面平整度 (mm)		8	2m 直尺：每面墙每 20m 检查 3 处， 每处检测竖直和墙长两个方向
注：平面位置和倾斜度 “+” 指向外，“-” 指向内，H为墙高。				

7.4.10 石笼网箱面板实测项目应符合表 13～表 15 的规定。

表13 石笼网箱实测项目

项次	检测项目		规定或允许偏差值	检测方法及频度
1	长度、宽度、高度		±5%	尺量：抽查 10%，每套各方向测 1 次
2	网孔尺寸		满足设计要求	尺量：抽查 10%
3	钢丝直径		满足设计要求	尺量：抽查 10%
4	绞合 连接	绑扎钢丝，单双圈间距（cm）	10～15	尺量、目测：每 20m 检查 3 处， 用手用力拽，不会滑动
		C 形钉，间距（cm）	≤20	

表14 石料要求及实测项目

项次	检测项目	规定或允许偏差值	检测方法及时度
1	石料强度 (MPa)	符合设计要求	抽查 2%
2	石料粒径 (mm)	符合设计要求	尺量: 每 20m ³ 检查 3 处
3△	填充密实度	符合设计要求	目测或密度测试, 每面墙每 20m 检查 3 处

表15 石笼网箱墙面实测项目

项次	检测项目	规定或允许偏差值	检测方法及时度
1	表面平整度 (mm)	±50	2m 直尺: 每面墙每 20m 检查 3 处, 每处检查竖直和墙长两个方向
2	石笼顶面高程 (mm)	±50	水准仪: 每面墙每 20m 测 3 点
3△	绞合连接 (mm)	绑扎钢丝, 单双圈间距 100~150; C 形钉, 间距不大于 200	尺量或目测: 每面墙每 20m 检查 3 处, 用手用力拽, 不会滑动

7.4.11 石笼网箱面板加筋土挡墙总体实测项目应符合表 16 的规定。

表16 石笼网箱面板加筋土挡墙总体实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	墙顶平面位置 (mm)	±50	全站仪: 每面墙长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
2	墙顶高程 (mm)	±50	水准仪: 每面墙长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
3	表面平整度 (mm)	±50	2m 直尺: 每面墙每 20m 检查 3 处, 每处检查竖直和墙长两个方向

7.4.12 钢网式面板和钢丝网植生面板实测项目根据工程实际参照石笼网箱面板实测, 钢网式面板和钢丝网植生面板加筋土挡墙总体实测项目应符合表 17 的规定。

表17 钢网式面板和钢丝网植生面板加筋土挡墙总体实测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	墙顶平面位置 (mm)	路堤式	+50, -100	全站仪: 每面墙长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	±50	
2	墙顶高程 (mm)	路堤式	±50	水准仪: 每面墙长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点
		路肩式	±30	
3	墙面倾斜度 (%)		+0.5% <i>H</i> 且不大于+50mm, -1% <i>H</i> 且不小于-100mm	吊垂线或坡度板: 每面墙长度不大于 30m 时测 5 点, 每增加 10m 增加 1 点

表 17 钢网式面板和钢丝网植生面板加筋土挡墙总体实测项目（续）

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
4Δ	墙面平整度（mm）	0.05d（d 为加筋层厚度）	2m 直尺：每面墙每 20m 检查 3 处，每处检测 竖直和墙长两个方向
5	植物覆盖率	≥95%	目测：每面墙每 20m 检查 3 处
注：平面位置和倾斜度“+”指向外，“-”指向内，H 为墙高。			

7.4.13 排水工程实测项目应符合表 18 的规定。

表18 排水工程实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法及频度
1	沟底标高（mm）	±50	水准仪：每 200m 测 5 点
2	断面尺寸（mm）	30	尺量：每 200m 测 2 处

7.4.14 防护工程实测项目应符合 JTG F80/1 的有关规定。

7.4.15 桥梁下部结构实测项目应符合 JTG F80/1 的有关规定。

7.4.16 非承重式加筋土桥台质量验收标准应符合本节及 JTG F80/1 的有关规定；标Δ的关键项目的合格率不应低于 95%，一般项目的合格率不应低于 80%。

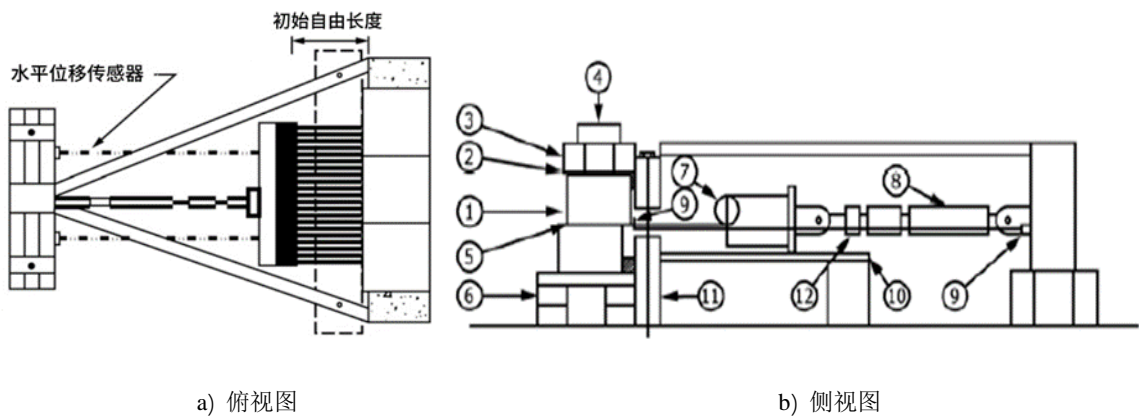
附录 A
(规范性)
模块-筋材连接强度测试

A.1 试验目的

本附录参考“ASTM D6638-11 Standard Test Method for Determining Connection Strength Between Geosynthetic Reinforcement and Segmental Concrete Units (Modular Concrete Blocks)”编制，为确定加筋土体中筋材与挡墙模块间的连接强度提供一种测试方法，适用于全尺寸的模块-筋材连接结构。

A.2 仪器设备

装置结构示意图见图A.1。



图中：

- ①——混凝土模块；
- ②——橡胶垫片；
- ③——竖向加压装置，提供竖向荷载；
- ④——压力传感器，监测竖向荷载数值；
- ⑤——格栅与连接件；
- ⑥——垫块；
- ⑦——横向拉拔头；
- ⑧——水平位移测量装置；
- ⑨——筋材固定钳；
- ⑩——阻挡件
- ⑪——阻挡件
- ⑫水平拉力计，监测水平拉力数值

图A.1 连接强度测试装置

A.3 试样

A.3.1 混凝土模块：混凝土模块应为全尺寸砌块，并符合制造商的材料和尺寸规格，而不使用模型模块。为匹配测试仪器尺寸要求，在保留筋材连接面的前提下，可事先对砌块进行切割与磨平处理。

A.3.2 土工格栅与连接件：格栅试样应具有足够的长度覆盖试验的指定区域，试样与连接件安装完成后，要保证在格栅拉拔端与连接端之间至少留有一组自由结点。

A.4 试验步骤

A.4.1 模块-连接件-格栅连接强度测试具体步骤如下：

- 使用夹具将试验用筋材固定于夹具中间的凹槽中，并利用两排螺栓对筋材进行加固，防止夹具与筋材之间产生相对位移；
- 将组装好的夹具与筋材和拉拔头连接，在阻挡件后码放砌块，并在两砌块间加装连接件，最后在砌块与阻挡件之间以及砌块上方添加橡胶垫片；
- 试验前设定试验机参数，包括竖向荷载与横向拉伸速率；
- 开始试验：当竖向荷载施加值达到设定值并稳定后开始横向恒定速率拉伸。当出现以下任意一种情况时，停止试验：①连接端格栅脱出或断裂；②自由段格栅断裂；③连接件脱出或出现明显损坏；④砌块出现明显损坏自由段格栅断裂。
- 破坏后观察与记录：对拉伸过程中及破坏后的试样进行图像采集，记录完整试验数据与试验现象，用于后期数据处理与分析。

A.4.2 试验中的水平向拉拔速率由位移控制，取（自由长度×10%应变）/min。

A.5 结果整理

A.5.1 对于每组模块-连接件-格栅连接强度测试，应记录水平拉伸位移与水平拉力的原始数据。

A.5.2 模块-连接件-格栅连接强度受模块上部竖向荷载作用影响大，施加的竖向荷载小时，测试得到的峰值连接强度可能不能反应实际工况中的情况，因此需连续测试不同竖向荷载下的峰值连接强度，直至该数值趋于稳定。

A.5.3 峰值连接强度应按照式（A.1）计算：

$$T_{cp} = F_p / W_s \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

T_{cp} ——单宽峰值连接强度（kN/m）；

F_p ——峰值拉伸强度（kN）；

W_s ——格栅试样宽度（m）。

A.5.4 测试次数——应进行足够次数的测试，同等试验条件下，应至少设置三组不同竖向载荷的平行试验，以充分确定连接强度与施加在连接上的竖向载荷之间的关系。

A.5.5 测试结果的可重复性——同等试验条件下，同一个荷载水平应进行三次测试，对得到的峰值连接强度取平均值。

附 录 B
(规范性)
石笼网箱材料及其性能要求

B.1 石笼网箱材料应满足表 B.1 的要求。

表B.1 石笼网箱材料的技术要求

分类	项目	技术要求	检测方法
网面规格要求	网孔规格尺寸 (mm)	≤ 90	尺量
	网面钢丝直径 (mm)	≥ 2.7	游标卡尺
	网面钢丝镀层克重 (g/m^2)	≥ 233	GB/T 1839
网面力学要求	网面拉伸强度 (kN/m)	≥ 50	YB/T 4190
	网面翻边强度 (kN/m)	≥ 35	
	网面抗顶破强度 (kN)	≥ 24	本文件附录 D
	有机涂层抗裂性能	按 YB/T 4190 方法对网面试件加载至拉伸强度的 50%时, 双绞合区域有机涂层不开裂	目测
网箱尺寸要求	长、宽、高	$\pm 5\%$	尺量

B.2 钢丝网耐久性能应满足表 B.2 的要求, 不同使用环境下钢丝涂层、镀层使用年限参考值见表 B.3。

表B.2 钢丝网耐久性主要技术指标

防腐类型	测试项目	技术要求
金属镀层	镀层克重	依据 GB/T 1839 对成品钢丝进行测试, 镀层重量符合设计要求。
	铝含量	依据 YB/T 4221 中的附录 A 方法对成品钢丝进行测试, 镀层铝含量符合设计要求。
	二氧化硫腐蚀试验	依据 GB/T 9789 的试验方法对成品网面钢丝按照测试要求进行二氧化硫腐蚀试验, 网面样品上产生深棕色红锈的面积应不大于试样面积的 5%。
	盐雾试验	依据 GB/T 10125 的试验方法对成品网面钢丝按照测试要求进行盐雾试验, 网面样品上产生深棕色红锈的面积应不大于试样面积的 5%。
有机涂层	抗 UV 性能	有机涂层原材料应进行抗 UV 性能测试, 测试时经过氙弧灯按照 GB/T 16422.2 照射 4000 小时或 I 型荧光紫外灯按暴露方式 1 按照 GB/T 16422.3 照射 2500 小时后, 其延伸率和抗拉强度变化范围, 不应大于初始值的 25%。
	抗开裂性能	依据 YB/T 4190 的网面拉伸试验方法, 对网面试件加载拉伸强度的 50%时, 双绞合区域有机涂层不开裂。
	耐磨性能	进行刮磨测试, 刮磨次数不低于 300 次。

表B.3 不同使用环境下钢丝涂层、镀层使用年限参考值

现场环境 ¹		有机涂层	金属镀层	参考使用年限（年） ^a
腐蚀性等级	典型环境-举例			
中等腐蚀 （C3） 干燥环境	温带地区，低污染（SO ₂ ≤5μg/m ³ ）大气环境， 如乡村，小镇。 干冷地区，潮湿时间短的大气环境。	-	Zn	10
		-	Zn-5%Al	25
		-	Zn-10%Al	>50
		聚氯乙烯(PVC)	Zn-5%Al	120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		
		聚氯乙烯(PVC)	Zn-10%Al	>120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		
高腐蚀 （C4） 潮湿环境	温带地区，中度污染（5μg/m ³ <SO ₂ ≤30μg/m ³ ） 或氯化物有些作用的大气环境，如城市地区、 低氯化物沉积的沿海地区。 亚热带地区，低污染大气。	-	Zn -5%Al	10
		-	Zn -10%Al	25
		聚氯乙烯(PVC)	Zn-5%Al	120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		
		聚氯乙烯(PVC)	Zn-10%Al	>120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		
很高腐蚀 （C5） 潮湿环境	温带地区，重度污染 （90μg/m ³ <SO ₂ ≤250μg/m ³ ）或氯化物有重大 作用的大气环境，如污染的城市地区、工业地 区。	聚氯乙烯(PVC)	Zn-5%Al	120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		
		聚氯乙烯(PVC)	Zn-10%Al	>120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		
极值腐蚀 （CX）	亚热带地区（潮湿时间非常长），极重污染 （SO ₂ >250μg/m ³ ）包括间接和直接因素和/或 氯化物有强烈作用的大气环境，如极端工业地 区。	聚氯乙烯(PVC)	Zn-10%Al	>120
		聚酰胺(PA6)		
		高耐磨有机涂层		

附录 C (规范性) 钢丝刮磨测试

C.1 试验目的

C.1.1 本方法为石笼网箱网面钢丝性能的测试。

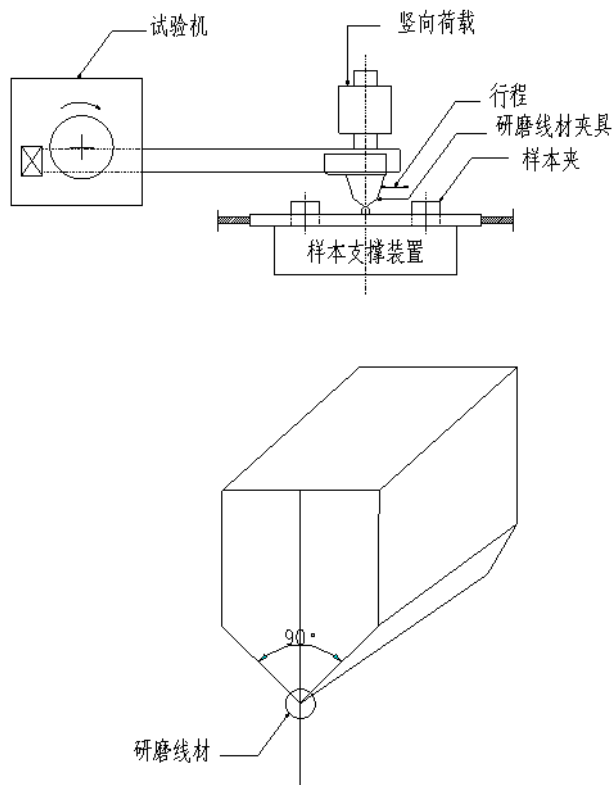
C.1.2 本方法用于测定石笼网箱网面的钢丝聚合物涂层的耐磨性能。

C.2 引用标准

JB/T 10696.6-2007 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分：挤出外套刮磨试验。

C.3 试验设备

刮磨试验装置如图C.1所示。



图C.1 刮磨试验装置

C.4 试样制备

本方法所使用的聚合物涂层钢丝试样应从生产批量中随机抽取。

C.5 试验程序

C.5.1 在固定之前，应将试样两端剥去一小段聚合物涂层。总竖向荷载为 (2400 ± 50) g，研磨线材直径为 (0.5 ± 0.05) mm。

C.5.2 在12.7mm的冲程长度下，以每分钟 55 ± 5 个循环的速度对试样进行磨损；当聚合物涂层磨损至金属钢丝时，测试应自动停止，记录循环次数。

C.5.3 每个样品应进行四次试验，后续每次测试，应将试样移动25mm并旋转 90° ，每次测试前应更换磨损钢丝。

C.6 试验结果的评定

最终结果应以4次试验的平均值计算。

附录 D
(规范性)
网面抗顶破强度测试

D.1 试验目的

- D.1.1 本方法为石笼网箱挡土墙石笼网箱网面强度的测试。
- D.1.2 本方法用于测定石笼网箱挡土墙石笼网箱网面的抗顶破强度。

D.2 试验原理

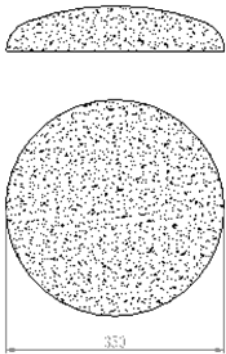
利用球面冲顶装置对试样网面的几何中心施加法向作用力,直到试样破坏时记录得到的加载值作为网面的抗顶破强度。

D.3 试样要求

- D.3.1 试样应为边长为1.0m的正方形,边长容许误差为 $\pm 20\%$ 。
- D.3.2 为了让网面受力均匀,试样顺编织方向两端应绞边。
- D.3.3 送检人(单位)应向检测单位提供符合或稍大于规定尺寸的试样,供检测人员加工以便于试样的安装。

D.4 试验装置

- D.4.1 试验所用的加载设备应符合GB/T 16825.1中关于试验设备的规定。
- D.4.2 球面冲顶装置应由耐久性材料制成,如混凝土或钢材。
- D.4.3 冲顶装置与试样的接触面应平滑、不含尖角。安装在冲顶装置上的其它附属装置,不得在试验过程中对试样造成任何干扰。
- D.4.4 冲顶装置的结构示意图D.1,几何尺寸应符合下列规定:
 - a) 球面半径为 400mm;
 - b) 最大投影直径为 350mm;
 - c) 边缘圆角半径为 50mm。



图D.1 冲顶装置几何尺寸示意图

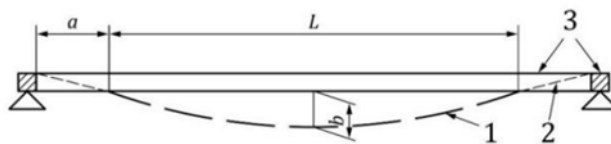
D.4.5 固定装置。试样的固定装置宜采用矩形或方形框架，其尺寸大小应足够安装试样网面及对应的张紧装置，同时四边留有适当的结构便于试样固定。

D.5 试样安装

D.5.1 按照图D.2所示，将试样安装在固定框架内，同时位于冲顶装置以上。并确保试样几何中心与冲顶装置的几何中心对齐；两对边的一组张紧装置宽度需以框架的中心线对称。

D.5.2 安装试样时，可采用的张紧装置包括：卸扣、连杆、钢丝绳等，但均不得影响网面的结构特性。

D.5.3 试样安装好后，张紧装置占用的宽度 a （见图D.2）应沿邻边框架的中轴线测量， a 不得大于试样平均边长的15%。



图中：

1——试样；

2——张紧装置；

3——固定框架；

a ——张紧装置占用区域， $a < 0.15 \times L$ ；

b ——试样最大挠度值， $b < 0.20 \times L$ ；

L ——试样边长， 1.0 ± 0.2 （m）。

图D.2 安装试样后的试验装置截面示意图

D.6 试验温度条件

试验应在室温条件下（ $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ）进行，并符合GB/T 228.1《金属材料拉伸试验 第一部分：室温试验方法》标准的要求。

D.7 试验方法

D.7.1 根据D.5所述的方法安装试样。

D.7.2 以固定张紧装置位置所在的平面为参考平面。

D.7.3 开始加载前，应通过张紧装置将试样张紧，直至试样中心的最大挠度值 b 不大于试样最小边长的20%。

D.7.4 试验加载速率不得大于 10mm/min 。

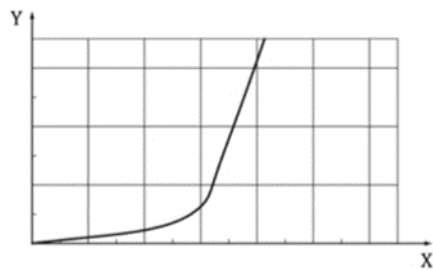
D.8 数据测量与观测

D.8.1 荷载-位移曲线的原点为固定张紧装置的平面。

D.8.2 加载装置加载的荷载和加载装置相对于参考平面的相对位移应在试验过程中连续测量。

D.8.3 测量曲线需能够体现试样破坏时所施加的最大荷载及所对应的位移量。

D.8.4 试验后，每个试样都应提供相应的荷载-位移曲线，曲线示意见图D.3。



图中：
X——试样中心的法向位移量（mm）；
Y——荷载（kN）。

图D.3 荷载-位移曲线示意图

D.9 试验报告

- D.9.1 试样的详细描述，包括材质、强度、构成特性、几何尺寸及其它技术细节等。
- D.9.2 试样的工程尺寸及试验条件下的实测尺寸。
- D.9.3 检测仪器装置的描述及试验温度。
- D.9.4 试样张紧方式的详细描述，附图片影像资料。
- D.9.5 试验开始时，试样的最大挠度值。
- D.9.6 四边张紧装置占用宽度的平均值。
- D.9.7 试样破坏模式的概述。
- D.9.8 破坏时的加载值及相对位移。
- D.9.9 荷载-位移曲线。
- D.9.10 试样在试验开始前、完成后的图片影像资料。