

重庆市工程建设标准

气泡混合轻质土应用技术标准

Technical standard for application of
foamed mixture lightweight soil

DBJ50/T-321-2019

主编单位:重庆市建设技术发展中心
重庆黑曜科技有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2019年07月01日

2019 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建发〔2019〕9 号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《气泡混合轻质土应用技术标准》 的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、经开区、高新区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《气泡混合轻质土应用技术标准》为我市工程建设推荐性标准,编号为 DBJ50/T-321-2019,自 2019 年 7 月 1 日起施行。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市建设技术发展中心负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2019 年 3 月 20 日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市城乡建设委员会《关于下达 2017 年度重庆市工程建设标准制订(修订)项目计划(第一批)的通知》(渝建〔2017〕451 号)的要求,编制组经深入调查研究,认真总结我市近年来气泡混合轻质土工程应用实践经验和研究成果,参考相关国家、行业标准,并在广泛征求意见基础上,经反复讨论、修改、充实,制订了本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语和符号、材料及性能、设计、配合比、工程施工、质量检验与验收。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市建设技术发展中心负责具体技术内容解释。请各单位在执行本标准过程中,注意收集资料,总结经验,随时将有关意见或建议反馈给重庆市建设技术发展中心(地址:重庆市渝中区上清寺路 69 号 7 楼;邮政编码:400015;电话:023-63601374),以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

主 编 单 位：重庆市建设技术发展中心

重庆黑曜科技有限公司

参 编 单 位：重庆城建控股(集团)有限责任公司

重庆泰恒保温工程有限公司

重庆建工第九建设有限公司

中建三局集团有限公司

重庆德邦绿建建筑工程有限公司

重庆交大建设工程质量检测中心有限公司

重庆建工集团股份有限公司

重庆达佛欧力建筑工程有限公司

重庆天维绿色建筑技术开发有限公司

重庆市基础工程有限公司

重庆思贝肯节能技术开发有限公司

主要起草人员：赵 辉 王宝华 谢厚礼 杨修明 王永合

刘长兵 王金伟 王瑞燕 陈德钢 于海祥

付玉元 沈治宇 吴进良 刘保林 滕 超

李本鑫 郭长春 周雪梅 林 建 罗洪波

郭 忱 田晓季 涂 姝 孙波勇 周康群

宋建峰 颜 军 章 澎 戴 超 周承凤

熊凤鸣 王艳茹 刘 建 陈建名 袁晓峰

张艺伟

主要审查人员：陈文德 李石科 李伯勋 秦晋蜀 叶建雄

郑海平 杨再富

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	材料及性能	4
3.1	原材料	4
3.2	气泡混合轻质土的技术性能	4
4	设计	8
4.1	一般规定	8
4.2	性能设计	9
4.3	结构设计	10
4.4	附属工程设计	11
4.5	设计计算	13
5	配合比	19
5.1	一般规定	19
5.2	配合比计算	19
5.3	配合比试配	20
5.4	配合比调整	21
6	工程施工	22
6.1	施工准备	22
6.2	制作与浇筑	22
6.3	附属工程施工	25
6.4	养护	26
7	质量检验与验收	27

7.1 一般规定	27
7.2 气泡混合轻质土材料和拌合物	28
7.3 气泡混合轻质土填筑体	30
7.4 气泡混合轻质土填筑附属工程	32
附录 A 发泡剂性能试验	35
附录 B 相容性试验	38
附录 C 湿容重试验	40
附录 D 流动度试验	42
附录 E 表干容重、饱水容重试验	44
附录 F 强度试验	47
附录 G 气泡混合轻质土工程浇筑施工记录表	50
附录 H 质量检验验收记录	51
本标准用词说明	60
引用标准名录	61
条文说明	63

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Materials and Properties	4
3.1	Materials	4
3.2	Technical Properties of Foamed Mixture Lightweight Soil	4
4	Design	8
4.1	General Requirement	8
4.2	Performance Design	9
4.3	Structure Design	10
4.4	Auxiliary Engineering Design	11
4.5	Design Calculation	13
5	Mix Proportion	19
5.1	General Requirements	19
5.2	Mix Proportion Calculation	19
5.3	Mix Proportion Trial Mix	20
5.4	Mix Proportion Adjustment	21
6	Engineering Construction	22
6.1	Pouring Preparation	22
6.2	Making and Pouring	22
6.3	Subsidiary Engineering Construction	25
6.4	Maintenance	26

7	Quality Inspection and Acceptance	27
7.1	General Requirements	27
7.2	Foamed Mixture Lightweight Soil Material and Mixture	28
7.3	Foamed Mixture Lightweight Soil Filling Body	30
7.4	Foamed Mixture Lightweight Soil Subsidiary Engineering	32
Appendix A	Test of Foaming Agent Performance	35
Appendix B	Compatibility Test	38
Appendix C	Wet Density Test	40
Appendix D	Flow Value Test	42
Appendix E	Air-dry Density and Saturated Unit Weight Test	44
Appendix F	Compressive Strength Test	47
Appendix G	Construction Record Table of Foamed Mixture Lightweight Soil	50
Appendix H	Table of Evaluate and Acceptance for Quality	51
	Explanation of Wording in This Specification	60
	List of Quoted standards	61
	Explanation of Provisions	63

1 总 则

1.0.1 为规范我市气泡混合轻质土的设计、施工,统一质量检验验收标准,确保工程安全适用、技术先进、经济合理,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于道路工程、轨道交通、建筑工程等领域的气泡混合轻质土设计、施工、质量检验与验收。

1.0.3 气泡混合轻质土设计、施工及验收除应符合本标准外,尚应符合国家及重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 气泡混合轻质土 foamed mixture lightweight soil

将制备的气泡群按一定比例加入到由水泥、水及可选添加材料制成的浆料中,经混合搅拌、现浇成型的一种微孔类轻质材料。

2.1.2 发泡剂 foaming agent

能产生气泡群的表面活性材料。

2.1.3 发泡液 foaming liquid

发泡剂稀释后的液体。

2.1.4 气泡群 foamed group

发泡液产生的气泡群体。

2.1.5 稀释倍率 dilution multiple

发泡液与发泡剂的质量比。

2.1.6 发泡倍率 foaming multiple

气泡群与发泡液的体积比。

2.1.7 气泡群密度 foamed group density

气泡群的单位体积质量。

2.1.8 标准气泡柱 standard foamed group

高度直径比为 1:1、体积为 1L 的标准气泡群。

2.1.9 体积吸水率 volumetric water absorption

气泡混合轻质土在标准环境中封闭养护 28d 后,在 (20±5)℃ 的恒温水槽中,加水至试件高度的 1/3,保持 24h;再加水至试件高度的 2/3,保持 24h;加水高出试件 30mm 以上,保持 24h。试件最大吸水体积占浸水前试件体积的百分率。

2.1.10 流动度 flow value

新拌气泡混合轻质土的流动性指标。

2.1.11 湿容重 wet density

新拌气泡混合轻质土的单位体积重量。

2.1.12 浆体沉降距 settlement distance of slurry

新拌气泡混合轻质土静置前后浆体沉降的高度差。

2.1.13 表干容重 air-dry density

标准试件的单位体积重量。

2.1.14 饱水容重 standard density

标准试件浸水 72h 的单位体积重量。浸水方法同体积吸水率。

2.1.15 抗压强度 compressive strength

标准试件的无侧限抗压强度。

2.1.16 饱水抗压强度 saturated compressive strength

标准试件浸水 72h 的无侧限抗压强度。

2.2 符 号

E_c	气泡混合轻质土的弹性模量；
q_u	气泡混合轻质土的抗压强度；
q_k	抗压强度标准值；
q_s	饱水抗压强度；
ρ_f	气泡群密度；
γ	湿容重；
γ_d	表干容重；
γ_s	饱水容重；
λ	流动度；
ω	体积吸水率。

3 材料及性能

3.1 原材料

3.1.1 水泥宜采用 42.5 级及以上的通用硅酸盐水泥。通用硅酸盐水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

3.1.2 水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

3.1.3 发泡剂宜采用合成类高分子表面活性剂。发泡剂应无毒,对环境无不良影响。发泡剂性能试验应符合本标准附录 A 的规定,试验测定的气泡群质量应符合下列规定:

- 1 标准气泡群密度为 $48\text{kg}/\text{m}^3 \sim 52\text{kg}/\text{m}^3$;
- 2 标准气泡柱静置 1h 的沉降距不应大于 5mm;
- 3 标准气泡柱静置 1h 的泌水率不应大于 40%。

3.1.4 发泡剂应具有与水泥良好的相容性。发泡剂与水泥的相容性试验按附录 B 进行,两者的相容性应符合以下规定:

- 1 新拌气泡混合轻质土静置 1h 的湿容重与初始湿容重差不应大于 $0.5\text{kN}/\text{m}^3$;

- 2 新拌气泡混合轻质土静置 1h 浆体沉降距不应大于 10mm。

3.1.5 气泡混合轻质土中可掺加细集料、磨细掺合料、外加剂等,所有材料均应符合相关标准要求。

3.2 气泡混合轻质土的技术性能

3.2.1 气泡混合轻质土的容重等级按湿容重划分,湿容重的允许偏差范围应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 容重等级

容重等级	湿容重 $\gamma(\text{kN/m}^3)$		表干容重
	标准值	允许偏差范围	
W3	3.0	$2.5 < \gamma \leq 3.5$	28d 标准养护的表干容重不大于湿容重
W4	4.0	$3.5 < \gamma \leq 4.5$	
W5	5.0	$4.5 < \gamma \leq 5.5$	
W6	6.0	$5.5 < \gamma \leq 6.5$	
W7	7.0	$6.5 < \gamma \leq 7.5$	
W8	8.0	$7.5 < \gamma \leq 8.5$	
W9	9.0	$8.5 < \gamma \leq 9.5$	
W10	10.0	$9.5 < \gamma \leq 10.5$	
W11	11.0	$10.5 < \gamma \leq 11.5$	

3.2.2 气泡混合轻质土的强度等级按抗压强度标准值划分,表干试件抗压强度的每组代表值应不小于标准值,且每组最小值不应小于 0.85 倍标准值,饱水抗压强度代表值不应小于表 3.2.2 要求。

表 3.2.2 抗压强度

强度等级	抗压强度标准值 $q_k(\text{MPa})$	抗压强度 $q_u(\text{MPa})$		饱水抗压强度代表值
		每组代表值	每组最小值	
CF0.3	0.30	0.30	0.26	0.27
CF0.4	0.40	0.40	0.34	0.36
CF0.5	0.50	0.50	0.43	0.45
CF0.6	0.60	0.60	0.51	0.54
CF0.7	0.70	0.70	0.60	0.63
CF0.8	0.80	0.80	0.68	0.72
CF0.9	0.90	0.90	0.77	0.81

续表 3.2.2

强度等级	抗压强度 标准值 q_k (MPa)	抗压强度 q_u (MPa)		饱水抗压强度 代表值
		每组代表值	每组最小值	
CF1.0	1.00	1.00	0.85	0.90
CF1.2	1.20	1.20	1.02	1.08
CF1.5	1.50	1.50	1.28	1.35
CF2.5	2.50	2.50	2.13	2.25
CF3.0	3.00	3.00	2.55	2.70
CF5.0	5.00	5.00	4.25	4.50
CF7.5	7.50	7.50	6.38	6.75
CF10.0	10.00	10.00	8.50	9.00

3.2.3 气泡混合轻质土的体积吸水率按表 3.2.3 划分为 7 个等级,采用符号 WV 标示。

表 3.2.3 气泡混合轻质土体积吸水率性能要求

等级	WV5	WV10	WV15	WV20	WV25	WV30	WV35
体积吸水率 ω (%)	$\omega \leq 5$	$5 < \omega \leq 10$	$10 < \omega \leq 15$	$15 < \omega \leq 20$	$20 < \omega \leq 25$	$25 < \omega \leq 30$	$30 < \omega \leq 35$

3.2.4 新拌气泡混合轻质土的流动度宜控制在 160mm~200mm。

3.2.5 弹性模量可按现行国家标准《蒸压加气混凝土性能试验方法》GB/T 11969 试验确定。当无试验资料时,可按式 3.2.5 计算:

$$E_c = 250q_u \quad (3.2.5)$$

式中: E_c 气泡混合轻质土的弹性模量(MPa);

q_u 气泡混合轻质土的抗压强度(MPa)。

3.2.6 当在冻融环境中填筑气泡混合轻质土时,抗冻性指标可按现行国家标准《蒸压加气混凝土性能试验方法》GB/T 11969 试

验确定。

3.2.7 气泡混合轻质土的抗剪强度指标宜通过试验确定；当无试验资料时，其抗剪强度指标可按下式计算取值：

$$c = q_u / 2, \varphi = 0^\circ \quad (3.2.7)$$

式中： q_u 气泡混合轻质土的抗压强度(MPa)；

φ 内摩擦角($^\circ$)；

c 黏聚力。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 气泡混合轻质土设计之前,应全面调查工程所在地的地形地貌自然条件、工程地质条件和水文环境条件,了解地下管涵、电力线路及地下交通情况。

4.1.2 气泡混合轻质土填筑设计及材料选择时,应考虑与工程相匹配,遵循安全性、适用性和经济性的原则。

4.1.3 气泡混合轻质土的设计内容应根据使用目的确定。设计项目应包括性能设计、结构设计和附属工程设计,主要设计内容与设计指标应按表 4.1.3 执行。

表 4.1.3 主要设计内容与设计指标

设计目标	设计项目	主要设计内容	主要设计指标
减轻荷重 或土压力 (替代填土)	性能设计	明确物理力学性能指标	湿容重、抗压强度、弹性模量
	结构设计	确定填充形状、空间范围、构造细节进行断面设计和衔接设计	强度验算,抗滑动、抗倾覆稳定验算,抗浮稳定性验算
	附属工程设计	保护壁、防排水、面板、抗滑锚固、补强的构造设计	
空洞、狭小空间填充或管线回填	性能设计	明确物理力学性能指标	湿容重、抗压强度
		以填充饱满为原则	

4.1.4 气泡混合轻质土使用在可能受到冲刷或处于受流水冲刷的工程时,应对防冲刷设施进行防冲刷专项设计。

4.1.5 气泡混合轻质土结构所处环境对混凝土有腐蚀作用时,应对气泡混合轻质土进行耐久性专项研究。

4.1.6 气泡混合轻质土必须在封闭环境中使用,严禁直接暴露在环境中。

4.2 性能设计

4.2.1 气泡混合轻质土设计时应根据使用功能要求和环境条件明确气泡混合轻质土的容重等级、强度等级等指标。

4.2.2 气泡混合轻质土用于路基填筑时,应根据公路等级、荷载条件、填筑部位按表 4.2.2 合理确定容重等级和抗压强度等级等指标。

表 4.2.2 用于路基填筑的气泡混合轻质土性能指标

路基部位		高速公路、一级公路、 城市快速路、主干路		其他等级公路	
		最小容重等级	最小强度等级	最小容重等级	最小强度等级
路床	轻、中、重交通等级	W5	CF0.8	W5	CF0.6
	特重、极重交通等级	W6	CF1.0		
上路堤、下路堤		W5	CF0.6	W3	CF0.5
地基土置换		W3	CF0.4	W3	CF0.4

4.2.3 气泡混合轻质土用于减轻荷重或土压时,容重等级和抗压强度等级应符合表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 用于减轻荷重或土压的气泡混合轻质土性能指标

环境条件		最小容重等级	最小强度等级
地下水位以上	无渗水接触	W4	CF0.4
	有渗水接触,有防排水措施		
	有渗水接触,无防排水措施	W6	CF0.8
地下水位以下	地下水位以下不超过 3m,有防水措施		
	其它	W8	CF1.0

4.2.4 地下通道、空洞、管线回填及狭小空间充填时,应按饱满性、施工性和经济性综合确定强度等级、容重等级和流动度。

4.2.5 气泡混合轻质土的抗折强度可通过试验确定。当无试验资料时,气泡混合轻质土的抗折强度可取抗压强度的 0.3 倍。

4.2.6 气泡混合轻质土与常规土体接触面的滑动摩擦系数,应通过现场试验确定;当无条件进行实验时,可取 0.4~0.6。

4.3 结构设计

4.3.1 气泡混合轻质土的结构设计,应确保稳定和安全。

4.3.2 气泡混合轻质土应用于新建路堤时,设计高度不宜小于 1.0m,且宜分层浇筑,单层浇筑设计高度宜为 0.5m~1.0m;当浇筑高度大于 3.0m 时,与常规土路基的纵向、横向衔接宜设置台阶式过渡,沿路基纵向台阶宽度不宜小于 2.0m,沿路基横断面台阶宽度不宜小于 1.0m;当浇筑高度大于 5.0m 或背面为陡坡体时,填筑体外侧预留宽度宜为 0.3m~0.8m,并应满足抗剪强度计算要求;对填筑体外侧受集中应力部分,填筑体外侧预留宽度应进行抗剪强度计算后确定。

4.3.3 气泡混合轻质土路堤直立填筑高度不宜大于 15.0m,最小填筑高度不宜小于 1.0m。当地面横坡较大或用于路堤加宽时,填筑体底面宽度不宜小于 2.0m。

4.3.4 气泡混合轻质土用于路基拓宽时,新路基与原有路基之间应控制差异沉降并保持良好衔接,新老路基应采用台阶拼接,开挖坡率宜缓于 1:1,横向台阶宽度不宜小于 1.0m,坡率适当内倾,坡度 2%~4%为宜。

4.3.5 气泡混合轻质土用于滑坡区域处理时,应将开挖范围的既有路堤滑动面修整成为台阶状,台阶宽度不应小于 2.0m,坡率适当内倾,坡度 2%~4%;斜坡上浇筑气泡混合轻质土时,应采用台阶式浇筑,浇筑体底部基础宽度应大于等于 2.0m 和 0.25 倍基

础高度,基础外侧襟边宽度和其他台阶宽度不应小于 1.0m。

4.3.6 气泡混合轻质土用于车站结构、明洞结构、管廊顶板和侧墙外侧回填、棚洞顶回填、辅助坑道回填、岩溶空腔回填时,应按合理性、适用性和经济性综合确定强度等级、容重等级和流动度,抗压强度等级宜采用 CF0.4~CF0.6。

4.3.7 气泡混合轻质土用于紧急避险车道时,其顶层上路面覆盖结构层及垫层总厚度不宜小于 1.5m。

4.3.8 当直接用于软基路段的桥台背填筑,以控制路桥过渡段的工后沉降时,应严格验算工后沉降,并按紧邻桥台位置工后沉降不超过 0.1m 进行填筑厚度的设计;过渡段总长不宜小于 30.0m,在工后沉降满足要求时,填筑厚度沿桥台至台背方向宜 2~3 级过渡。

4.4 附属工程设计

4.4.1 气泡混合轻质土路堤外侧保护壁应满足浇筑时的强度、稳定性和外观质量要求,宜选择混凝土类、石材类砌块或直接采用薄壁式钢筋混凝土挡墙,并应符合下列规定:

1 当外侧保护壁采用挡板砌筑时,护壁宜由基础、挡板、拉筋及立柱组成,护壁的设计应满足以下规定:

- 1) 基础和挡板应按 10m~15m 间距设置沉降缝,其位置宜与填筑体沉降缝对应;
- 2) 挡板基础应采用混凝土现浇,强度等级宜高于 C15;
- 3) 挡板宜采用水泥混凝土预制,强度等级应高于 C20;
- 4) 挡板可通过拉筋与立柱焊接固定。拉筋可采用 HPB300 钢筋,直径不宜小于 6mm;立柱可采用等边角钢,边宽不宜小于 50mm。

2 当外侧保护壁采用现浇薄壁式钢筋混凝土挡墙时,挡墙延长度方向应设置预切缝,其位置宜与填筑体沉降缝对应,挡墙

壁厚不宜超过 20cm,挡墙内侧预留拉筋与填筑体结合,拉筋直径不宜小于 12mm;

3 直立式路堤高度小于 3m 时,坡面可采用混凝土类、石材类砌块防护;当高度大于 3m 时,应采用钢筋混凝土薄壁挡墙防护。

4.4.2 填筑体沉降缝设置应符合下列规定:

1 当填筑体长度超过 15m 时,应按 10m~15m 间距设置沉降缝,缝宽不宜小于 10mm;

2 应在填筑体地形和地基突变位置增设沉降缝;

3 沉降缝填缝材料宜采用 20mm~30mm 厚的聚苯乙烯板或 10mm~20mm 厚的夹板。

4.4.3 防排水设计应符合下列规定:

1 排水可采用设置渗水盲沟或有孔排水管或滤水层的措施;

2 防水可采用在填筑体顶、底面和衔接面铺设防水土工膜,在侧面临空面设置保护壁的措施;

3 渗水盲沟宜采用碎石盲沟,有孔排水管宜采用 PVC 管,滤水层宜采用碎石;

4 防渗土工膜宜采用聚乙烯或聚氯乙烯土工膜,其产品应满足国家标准《土工合成材料 聚乙烯土工膜》GB/T 17643 和《土工合成材料 聚氯乙烯土工膜》GB/T 17688 的要求;

5 地下水位以下的气泡混合轻质土仅用于控制沉降时,可不采取隔断地下水的防治措施;用于地下结构和地下管线减载时,宜采取隔断、疏通地下水的防排水措施。

4.4.4 抗滑锚固设计应符合下列规定:

1 在陡坡路段、滑坡路段或道路加宽的工况下,如填筑体高宽比(填筑高度:底面宽度)大于 2、衔接面坡率大于 1:0.75 或直立填筑高度超过 5m 时,应设置必要的抗滑锚固措施;

2 抗滑锚固件可采用 HRB400 钢筋,钢筋直径宜为 25mm~32mm,镀锌水管直径不宜小于 DN20,锚固件长度不宜小

于 1.5m;

3 锚固件可按 1 根/ 2m^2 ~1 根/ 4m^2 的密度布置,布置形式可为梅花形或矩形;

4 锚固件进入基床斜面的垂直深度不应小于 1m。

4.4.5 钢丝网的设计应符合下列规定:

1 钢丝网可采用钢丝焊接而成,钢丝直径不宜小于 3.2mm,孔径不宜大于 100mm;

2 当填筑高度小于 5m 时,应分别在填筑体底部、顶部 50cm 以内位置设置一层钢丝网;

3 当填筑高度为 5m~12m 时,应分别在填筑体底部、顶部 100cm 以内设置两层钢丝网;

4 填筑高度大于 12m 时,除应按本条第 3 款规定外,还应每隔 5m 设置两层钢丝网;

5 相邻两层钢丝网相邻间距宜为 30cm~50cm,搭接部位应错开 50cm 以上。相邻两块钢丝网的搭接宽度不宜小于 20cm,宜采用钢丝绑扎。

4.4.6 填筑体与相邻结构物间宜设置缓冲层,缓冲层可采用 20mm~30mm 厚的聚苯乙烯板。

4.4.7 宜在填筑体底层设置碎石垫层,厚度不宜小于 15cm。

4.4.8 在横向斜坡地面上填筑时,填筑体保护壁基础底部埋入地面深度及距地表的水平距离均不小于 1m。

4.5 设计计算

4.5.1 荷载分类应按表 4.5.1 确定。

表 4.5.1 荷载分类

荷载类型		荷载名称
永久荷载		填筑体的自重
		填筑体上方的有效永久荷载
		填土侧压力
		计算水位的浮力及静水压力
可变荷载	基本可变荷载	车辆荷载、车辆荷载引起的土侧压力
		人群荷载、人群荷载引起的土侧压力
	其他可变荷载	水位退落时的动水压力
		流水压力
		波浪压力
		冻胀压力和冰压力
	施工荷载	与施工有关的临时荷载
偶然荷载		地震作用力、作用于填筑体顶部护栏的车辆碰撞力

注:1 洪水与地震力不同时考虑;

2 冻胀力、冰压力与流水压力或波浪压力不同时考虑;

3 车辆荷载与地震力不同时考虑。

4.5.2 荷载组合应按表 4.5.2-1 确定。当一般地区填筑时,填筑体顶部的荷载可只计算永久荷载和基本可变荷载。当浸水地区、冻胀地区、地震动峰值加速值为 $0.2g$ 及以上的地区填筑时,还应计算其他可变荷载和偶然荷载。当填筑体按承载能力极限状态设计时,常用荷载分项系数可按表 4.5.2-2 选用。

表 4.5.2-1 荷载组合

组合	荷载
I	填筑体自重、填筑体顶部的有效永久荷载、填土侧压力及其他永久荷载组合
II	荷载组合 II 指组合 I 与基本可变荷载相组合
III	荷载组合 III 指组合 II 与其他可变荷载、偶然荷载相组合

表 4.5.2-2 承载能力极限状态的荷载分项系数

情况	荷载增大对填筑体 起有利作用时		荷载增大对填筑体 起不利作用时	
组合	I、II	III	I、II	III
气泡混合轻质土顶部垂直恒载 γ_0	0.9		1.2	
主动土压力分项系数 γ_{Q1}	1	0.95	1.4	1.3
被动土压力分项系数 γ_{Q2}	0.30		0.5	
水浮力分项系数 γ_{Q3}	0.95		1.1	
静水压力分项系数 γ_{Q4}	0.95		1.05	
动水压力分项系数 γ_{Q5}	0.95		1.2	

4.5.3 在软土地基采用气泡混合轻质土填筑时,应以不再做软基深层处理为优先原则。计算地基沉降变形量,基底压力计算宜采用分层总和法计算,并验算地基承载能力。

4.5.4 除空洞填充、管线回填工程外,应对填筑体进行强度验算和稳定性验算。

4.5.5 填筑体进行强度验算和稳定性验算应符合下列规定:

1 路基填筑的填筑体抗压强度应按式 4.5.5-1 计算:

$$q_{w1} = \frac{F_s(100 \times CBR)}{3.5} \quad (4.5.5-1)$$

式中: q_{w1} 路基填筑的填筑体抗压强度(kPa);

F_s 安全系数,取 3.0;

CBR 加州承载比,按现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 取值。

2 填筑体自立稳定的抗压强度按式 4.5.5-2 计算:

$$q_{w2} = F_s(0.5\gamma H + w) \quad (4.5.5-2)$$

式中: q_{w2} 填筑体自立稳定的抗压强度(kPa);

γ 湿容重(kN/m³);

H 填筑体高度(m);

w 填筑体顶部的荷载(kPa)。

3 填筑体的设计抗压强度不应小于 q_{w1} 和 q_{w2} 值。

4.5.6 稳定性验算应包括填筑体的抗滑稳定性验算、抗倾覆稳定性验算以及包括地基在内的整体抗滑动稳定性验算,并应符合下列规定:

1 填筑体的抗滑稳定性、抗倾覆稳定性验算时,安全系数不应小于表 4.5.6 的规定;

表 4.5.6 抗滑动、抗倾覆安全系数

荷载情况	验算项目	安全系数
荷载组合 I、II	抗滑动	1.3
	抗倾覆	1.5
荷载组合 III	抗滑动	1.3
	抗倾覆	1.3
施工阶段	抗滑动	1.2
	抗倾覆	1.2

2 整体稳定性计算时,气泡混合轻质土的黏聚力和内摩擦角应根据试验确定,无试验资料时,黏聚力宜取 120kPa,内摩擦角宜取 6° ;

3 抗滑动、抗倾覆稳定性验算时,气泡混合轻质土与碎石土、砂类土或基岩接触面摩擦系数指标宜取 0.6,与黏性土、强风化层接触面摩擦系数指标宜取 0.5;

4 包括地基在内的整体抗滑稳定性验算安全系数不应小于 1.25;

5 土质地基的基底合力的偏心距不应大于填筑体底面宽度 $1/6$,岩石地基的基底合力的偏心距不应大于填筑体底面宽度 $1/4$,基底压应力不应大于基底的容许承载力。

4.5.7 气泡混合轻质土用于软土地基、高路堤边坡及斜坡体等

部位填筑时,应按图 4.5.7 沿衔接面作滑动的稳定性验算,并可按式 4.5.7 计算:

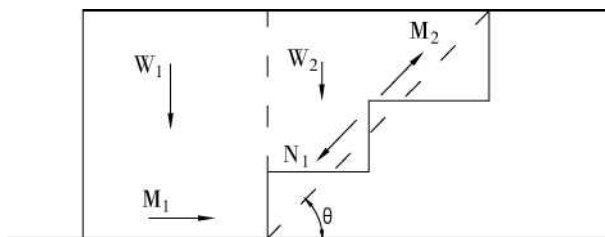


图 4.5.7 气泡混合轻质土路堤抗滑稳定性验算简图

$$F_s = \frac{M_1 + M_2 \cos \theta}{N_1 \cos \theta} - \frac{\mu W_1 + \mu W_2 \cos \theta \cos \theta}{W_2 \sin \theta \cos \theta} \geq 1.3 \quad (4.5.7)$$

式中: M_1 坡前气泡混合轻质土在底面上产生的滑动抵抗力 (kN/m);

M_2 坡面上气泡混合轻质土沿斜面方向产生的滑动抵抗力 (kN/m);

θ 斜坡的角度($^\circ$);

N_1 坡面上气泡混合轻质土沿斜面上的滑动力 (kN/m);

μ 坡面上(或坡前)气泡混合轻质土底面与天然坡或基础地基的摩擦系数;

W_1 坡前气泡混合轻质土的自重及路面荷重 (kN/m);

W_2 坡面上气泡混合轻质土的自重及路面荷重 (kN/m)。

4.5.8 气泡混合轻质土用于陡坡路段、滑坡路段或道路加宽的工况下,应对路堤堤身稳定性、路堤和地基的整体稳定性作验算。

4.5.9 气泡混合轻质土路堤除应进行整体稳定性验算之外,当填筑区高宽比大于 1 且高度大于 3m 时,尚应按相关规范进行抗倾覆稳定性验算。

4.5.10 当计算水位以下部位填筑时,还应按式 4.5.10 进行抗浮稳定性验算:

$$F_s - \frac{0.85\gamma V_1 + P}{\rho_w g V_2} \geq 1.2 \quad (4.5.10)$$

- 式中： γ 湿容重(kN/m³)；
 V_1 填筑体体积(m³)；
 V_2 计算水位以下的填筑体体积(m³)；
 P 填筑体顶部的压力(kN)；
 ρ_w 水的密度，取 1000kg/m³；
 g 重力常数，取 10N/kg。

5 配合比

5.1 一般规定

5.1.1 配合比设计应通过配合比计算,经试配及调整后确定施工配合比。

5.1.2 配合比设计应采用工程实际使用的原材料。试配前,应按本标准的要求对原材料进行检验。

5.1.3 配合比设计指标应包括湿容重、流动度及抗压强度,并符合下列规定:

- 1 实测湿容重应符合本标准表 3.2.1 的规定;
- 2 为满足气泡混合轻质土泵送施工和自流平的要求,气泡混合轻质土拌合物的流动度宜根据泵送距离、泵管压力等确定,出料口处的流动度宜为 160mm~200mm;
- 3 试配抗压强度应大于设计抗压强度标准值的 1.15 倍。

5.2 配合比计算

5.2.1 配合比中各种材料的用量计算应符合下列公式的规定:

$$m_c + m_w + m_f + m_s + m_m = 100\gamma \quad (5.2.1-1)$$

$$V_L = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_w}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s} + \frac{m_m}{\rho_m} \quad (5.2.1-2)$$

$$V_f = 1 - V_L = \frac{m_f}{\rho_f} \quad (5.2.1-3)$$

式中: γ 湿容重(kN/m³)

m_c 每立方米气泡混合轻质土的水泥用量(kg);

ρ_c 水泥密度(kg/m³),取 3100kg/m³;

- m_w 每立方米气泡混合轻质土的用水量(kg);
- ρ_w 水的密度(kg/m³),取 1000kg/m³;
- m_f 每立方米气泡混合轻质土的气泡群用量(kg);
- ρ_f 气泡群密度(kg/m³),取 50kg/m³;
- m_s 每立方米气泡混合轻质土的细集料用量(kg);
- ρ_s 细集料密度(kg/m³),只采用细砂时,取 2600kg/m³;
- m_m 每立方米气泡混合轻质土的掺合料用量(kg);
- ρ_m 掺合料密度(kg/m³);
- V_L 由水泥、水、细集料、掺合料组成的料浆总体积(m³);
- V_f 每立方米气泡混合轻质土的气泡群体积量(m³)。

5.2.2 每立方米气泡混合轻质土的用水量宜按拌合物流动度确定;当制备高强度等级气泡混合轻质土需采用低水胶比时,可加入减水剂调整拌合物流动度。

5.2.3 气泡混合轻质土的水胶比(W/B)取值应符合下列规定:

- 1 未掺减水剂时,水胶比宜按 0.55~0.65 选取;
- 2 掺入减水剂时,水胶比应通过试验确定,可按 0.20~0.55 选取。

5.2.4 气泡混合轻质土每立方米胶凝材料用量按式 5.2.4 计算。

$$B = (m_c + m_m) = m_w / (W/B) \quad (5.2.4)$$

5.2.5 当根据容重等级设计,需要参加细集料调整容重时,每立方米气泡混合轻质土的细集料掺量宜按设计容重要求,通过试验确定。

5.3 配合比试配

5.3.1 配合比试配应在计算配合比的基础上进行,宜通过调整计算配合比中的各种材料用量,直到新拌气泡混合轻质土的容重、流动度满足设计和施工要求。

5.3.2 新拌气泡混合轻质土试样宜采用搅拌机拌制。搅拌机应

符合现行行业标准《混凝土试验用搅拌机》JG 244 的规定,每盘试配的最小搅拌量不宜小于搅拌机额定搅拌量的 1/4。

5.3.3 拌好新拌气泡混合轻质土试样后,应立即制作试件,并应符合下列规定:

1 每种配合比至少应制作一组试件;

2 新拌气泡混合轻质土试样应装满试模并略高于试模顶面,并应采用保鲜膜覆盖;

3 拆模前,应先沿试模顶面刮平试件;拆模后,应将试件在 $20^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ 条件下密封养护至 28d。

5.3.4 配合比的强度和容重试验应符合下列规定:

1 应至少采用 3 个不同的配合比。其中 1 个配合比应为按本标准要求计算的配合比,另外 2 个配合比的泡沫掺量宜在计算配合比基础上分别增加和减少 5L~10L,同时相应调整水泥浆用量。

2 应分别按本标准附录 C、附录 D 的规定检验湿容重、流动度,作为相应配合比的新拌气泡混合轻质土性能指标。试验结果应填写配合比设计报告,并应符合本标准附录 C 表 C.0.5 的要求。

3 应分别按本标准附录 E、附录 F 的规定检验容重、强度指标,试验结果宜填写配合比设计报告,并应符合本标准附录 F 表 F.0.4 的要求。

5.4 配合比调整

5.4.1 应根据本标准第 5.3.4 条的强度试验结果,在试拌配合比的基础上作相应调整,确定设计配合比。

5.4.2 施工单位可根据常用材料设计出常用的配合比备用,并应在使用过程中予以验证或调整。

6 工程施工

6.1 施工准备

6.1.1 施工前应编制施工组织设计,并结合设备生产能力、工期要求等对设计的浇筑体进行浇筑区和浇筑层的划分,做好防排水工作,为浇筑施工做好相关规划。

6.1.2 施工前,应对现场地形地貌进行踏勘,必要时应进行相关工程的测量复核,以检查工程数量、设计图纸是否与实际相吻合。

6.1.3 施工前应按施工组织设计要求组织施工设备进场,并做好安装、调试及标定工作。气泡混合轻质土施工设备进场后,建设单位、监理单位和施工单位应按附录 H.0.2 的要求对设备功能进行逐项检查,并严格填写附录 H.0.2;仅当设备功能全部满足要求时,方能展开施工。

6.1.4 施工前应按原材料使用计划要求,有序组织原材料进场,并应进行试验、检验。

6.1.5 施工前应收集当地历史气候资料及施工期的天气预报,为异常天气的施工提前制定相关预防保证措施。

6.1.6 施工前,应对基坑进行放阶、清理、压实、防排水及维护结构处理,并应满足设计要求。当基坑底部位于计算水位以下时,应采取降水措施,严禁在基底有水的状态下浇筑施工。

6.1.7 施工前,应做好施工废水、工业废料的清运措施,确保整个施工期满足环保要求。

6.2 制作与浇筑

6.2.1 气泡混合轻质土浇筑设备应包括发泡设备、搅拌设备、混

泡设备和泵送设备,并应符合下列规定:

1 电控系统具有发泡剂、发泡液、清水、压缩空气、气泡群、水泥浆、气泡混合轻质土流量实时测定与数显功能,且应集中显示于触摸屏或平板显示器上;

2 气泡混合轻质土泡沫制备产能不应小于 $60\text{m}^3/\text{h}$,水泥浆输送产能不应小于 $30\text{m}^3/\text{h}$,气泡混合轻质土制备与输送产能不应小于 $90\text{m}^3/\text{h}$,且各设备性能能满足连续作业要求;

3 电控系统具有气泡群密度和气泡混合轻质土湿容重实时测定与数显功能,且应集中显示于触摸屏或平板显示器上;

4 发泡装置应具有发泡剂自动稀释功能,设备应能够自动生成实时材料报表;

5 设备原材料配料及输送装置应设有除尘装置;

6 设备生产的气泡混合轻质土料浆匀质性应满足气泡混合轻质土料浆湿容重差异率不大于 5%。

6.2.2 气泡混合轻质土在拌合制作时应符合下列要求:

1 气泡混合轻质土制作设备应具有原材料的配料和自动化计量功能,在拌合制作气泡混合轻质土时,应能调节水泥浆或气泡群流量;

2 气泡混合轻质土在拌合制作过程中,材料的计量偏差应满足表 6.2.2 的要求;

表 6.2.2 材料计量偏差

原材料	计量偏差
水泥、掺合料	+2%
细集料	+2%
水、外加剂	+1%
气泡群	+1%
水泥浆	+2%

注:气泡群及水泥浆计量偏差可做选择性指标,具体可根据业主和监理单位要求选择性控制。

- 3 拌合制作成型过程中,搅拌时间应确保各组分混合均匀;
- 4 水泥浆在储存装置中停滞时间不宜超过 2h。
- 6.2.3 设备浇筑管口取料时,上管口与下管口取料湿容重偏差应小于 1%。
- 6.2.4 气泡群应采用发泡设备预先制取,不宜采用搅拌方式制取气泡群。
- 6.2.5 气泡群应与水泥基浆料混合均匀,新拌气泡混合轻质土在泵送设备、泵送管道中的停滞时间不宜超过 1h。
- 6.2.6 新拌气泡混合轻质土浇筑施工宜采用直接泵送或配管泵送方式。
- 6.2.7 严禁采用泡沫混凝土或发泡水泥设备替代气泡混合轻质土专用设备进行施工。
- 6.2.8 单级配管泵送范围应根据配合比、泵送距离及泵送高度确定。水平泵送距离及垂直泵送高度宜按表 6.2.8 的规定执行。当泵送范围超过表 6.2.8 的规定时,可增加中继泵。

表 6.2.8 水平泵送距离与垂直泵送高度

s/c	水平泵送距离(m)	垂直泵送高度(m)
0	400~500	20~30
1		
2	300~400	10~20
3		
4	100~200	0~10
5		

注:s/c表示细集料与水泥质量之比。如同时存在泵送距离和泵送高度时,泵送范围由泵送距离与泵送高度综合确定。

- 6.2.9 在地下水位以下施工时,应采取临时降水措施,确保基底无积水的情况下浇筑,临时降水措施应在气泡混合轻质土养护龄期不少于 3d 且施工满足抗浮要求的条件下,方能撤除。

6.2.10 浇筑时,泵送管出口应与浇筑面保持水平,不应采用喷射方式浇筑。

6.2.11 浇筑时应采取分层分块方式进行浇筑作业。除空洞充填、管线回填工程外,单层浇筑厚度宜按 0.5m~1.0m 控制。上一层浇筑作业应在下一层浇筑层终凝后进行。

6.2.12 当遇大雨、暴雨或持续时间较长的小雨天气,应采取遮雨措施,对未硬化的填筑体表层进行覆盖。

填筑上填筑层前,应清除填筑区底面可能的积水,并对被雨水冲刷消泡的松散表层进行铲除。

6.2.13 夏季高温时,应避开高温时段浇筑。

6.2.14 冬季施工时,应对浇筑设备、泵送管道、发泡剂及浇筑区域等采取保温防冻措施。每班完工后应清空浇筑设备、泵送管道中的残留物。

6.2.15 浇筑施工过程中,应按附录 G 真实填写施工记录。

6.3 附属工程施工

6.3.1 保护壁施工应符合下列要求:

1 钢筋混凝土挡墙类保护壁,可在气泡混合轻质土施工前一次性施工至设计标高,其施工质量控制应按普通混凝土工程控制;

2 砌块类保护壁,砌筑砂浆应满足 M7.5 砂浆的质量要求,砌缝宜采用勾缝,缝宽不应超过 1cm,施工过程中砌筑高度,应超过当前气泡混合轻质土浇筑面 3 层砌块高度,按照随浇随砌的原则施工。

6.3.2 防水土工膜铺设前应清除底层的尖锐物,避免刺破,必要时应先铺设一层无纺针刺土工布作为隔离层;相邻幅的土工膜重叠宽度不宜小于 10cm,且应采用胶粘的方式进行搭接。

6.3.3 在填筑体顶部、底部及其他特殊部位应设置钢丝网补强,钢丝网设置应符合本标准第 4.4 节要求。

6.3.4 在变形缝位置铺设钢丝网时,钢丝网应断开铺设。

6.3.5 在陡坡体、滑坡体等路段填筑气泡混合轻质土时,宜采取锚固等抗滑措施,抗滑锚固件表面需做好防锈、防腐措施,抗滑锚固设置应符合本标准第 4.4 节要求。

6.4 养 护

6.4.1 在填筑体达到设计抗压强度后,方可在填筑体顶面进行人员、机械或车辆作业。作业前,应先铺一层覆盖层,厚度不宜小于 20cm。

6.4.2 除空洞充填、管线回填工程外,在浇筑完填筑体顶层后,应立即对填筑体表面覆盖塑料薄膜或土工布保湿养护,养护时间不宜少于 7d。

7 质量检验与验收

7.1 一般规定

7.1.1 气泡混合轻质土填筑工程质量检验与验收除应符合本标准外,尚应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/T-078 等现行国家和重庆市质量验收标准的规定。

7.1.2 质量检验与验收应以填筑体为构造单元,并应按单个或若干个构造单元划分为检验批。

7.1.3 气泡混合轻质土填筑工程应用于城市道路工程时,可作为一个子分部工程,根据其具体作用归属于路基、人行道、广场与室外停车场等分部工程。气泡混合轻质土填筑工程子分部划分的分项工程有气泡混合轻质土材料、气泡混合轻质土填筑体、气泡混合轻质土填筑附属工程。

7.1.4 填筑工程的施工质量控制应符合下列规定:

1 原材料、半成品、成品、器具和设备应按本标准第3章、第7.2节的规定进行检验,检验结果应经监理工程师检查认可;

2 应按本标准第6.2节的规定进行质量控制,各工序之间应进行自检、交接检验,并应形成记录;

3 对于监理单位提出检查要求的重要工序,应经监理工程师检查认可,才能进行下道工序施工。

7.1.5 质量保证资料应包括下列内容:

1 所用原材料、半成品和成品的质量检验结果;

2 施工配合比、基坑交接位查、面板施工检查和浇筑检查记录;

- 3 各项质量控制指标的试验数据和质量检验资料;
- 4 施工过程中遇到的非正常情况记录及其对工程质量影响分析;

5 施工过程中如发生质量事故,经处理补救后,达到设计要求的认可证明文件。

7.1.6 检验批质量验收合格应符合下列规定:

- 1 主控项目的质量经抽样检验均应合格;
- 2 一般项目的质量经抽样检验合格。当采用计数抽样时,合格点率应大于 80%,但任何一项的检查合格率不低于 70%,且不得存在严重缺陷;

3 具有完整的施工操作依据和质量检查记录。

7.1.7 对工程质量验收不合格的,监理单位应责令施工单位进行缺陷修补或返工,并应重新进行质量检验与验收。

7.2 气泡混合轻质土材料和拌合物

I 主控项目

7.2.1 水泥进场时,应对其品种、代号、强度等级、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查,并应对水泥的强度、安定性和凝结时间进行检验,检验结果应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的相关规定。

检查数量:按同一厂家、同一品种、同一代号、同一强度等级、同一批号且连续进场的水泥,袋装不超过 200t 为一批,散装不超过 500t 为一批,每批抽样数量不应少于一次。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

7.2.2 发泡剂性能试验测定的标准气泡群密度、标准气泡柱静置 1h 的沉降距、标准气泡柱静置 1h 的泌水率等指标应符合要求。

检查数量:检验频率应为 1 次/5000L,每批次产品或每个施

工项目应至少检验 1 次。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

7.2.3 拌合物的性能(湿容重、流动度、强度等)应符合设计要求,原材料的相容性试验应符合附录 B 的要求。

检查数量:同一配合比的轻质土检查不应少于一次。

检验方法:检查配合比质量证明文件和性能、相容性检验报告。

II 一般项目

7.2.4 外加剂进场时,应对其品种、性能、出厂日期等进行检查,并应对外加剂的相关性能指标进行检验,检验结果应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 等的规定。

检查数量:按同一厂家、同一品种、同一性能、同一批号且连续进场的混凝土外加剂,不超过 50t 为一批,每批抽样数最不应少于一次。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

7.2.5 矿物掺合料进场时,应对其品种、技术指标、出厂日期等进行检查,并应对矿物掺合料的相关技术指标进行检验,检验结果应符合国家现行有关标准的规定。

检查数量:按同一厂家、同一品种、同一技术指标、同一批号且连续进场的矿物掺合料,粉煤灰、石灰石粉、磷渣粉和钢铁渣粉不超过 200t 为一批,粒化高炉矿渣粉和复合矿物掺合料不超过 500t 为一批,沸石粉不超过 120t 为一批,硅灰不超过 30t 为一批,每批抽样数量不应少于一次。

检验方法:检查质量证明文件和抽样检验报告。

7.2.6 细集料质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定,使用经过净化处理的海砂应

符合现行行业标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206 的规定,再生混凝土骨料应符合现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177 和《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 的规定。

检查数量:按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定确定。

检验方法:检查抽样检验报告。

7.2.7 气泡混合轻质土拌制及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。采用饮用水时,可不检验;采用中水、搅拌站清洗水、施工现场循环水等其他水源时,应对其成分进行检验。

检查数量:同一水源检查不应少于一次。

检验方法:检查水质检验报告。

7.3 气泡混合轻质土填筑体

I 主控项目

7.3.1 新拌气泡混合轻质土的表干容重、抗压强度应符合设计要求。试样宜在浇筑管管口制取。

检查数量:试件制取组数应符合下列规定:

- 1 每个构造单元应至少制取二组试件;
- 2 当同一配合比连续浇筑少于 400m^3 时,应按每 200m^3 制取一组试件;
- 3 当同一配合比连续浇筑大于 400m^3 时,应按每 400m^3 制取一组试件。

检验方法:检查施工记录及表干容重、抗压强度试验报告。

7.3.2 浇筑的质量检验应符合表 7.3.2 的规定,检验结果应填写浇筑质量检验记录,并应符合本标准附录 H 表 H.0.3 的要求。

表 7.3.2 浇筑的质量检验

项次	检验项目	允许偏差	试验方法	检验频率
1	气泡群密度 (kg/m^3)	48~52	本标准附录 A	每班开工前自检 1 次
2	湿容重 (kN/m^3)	符合本标准表 3.2.1 的规定	本标准附录 C	连续浇筑每 100m^3 自检 1 次
3	流动度 (mm)	160~200	本标准附录 D	连续浇筑每 100m^3 自检 1 次

检查数量:试件制取组数应符合下列规定:

- 1 每个构造单元应至少制取二组试件;
- 2 当同一配合比连续浇筑少于 400m^3 时,应按每 200m^3 制取一组试件;
- 3 当同一配合比连续浇筑大于 400m^3 时,应按每 400m^3 制取一组试件。

检验方法:检查浇筑质量检验记录、浇筑施工记录。

7.3.3 用作路基土时,路基代表弯沉值应符合设计要求,检查和评定按现行城镇道路工程施工与质量验收规范的规定执行。

检查数量:每车道、每 20m 测 1 点。

检验方法:检查检验报告。

II 一般项目

7.3.4 填筑体的外观质量应符合下列规定:

- 1 材质气孔大小均匀、细密,截面表面气孔直径应小于 1.0mm ;
- 2 表面出现的非受力贯穿裂缝宽度应小于 5.0mm ;
- 3 表面蜂窝面积应小于总表面积的 1%。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察,检查处理记录。

7.3.5 填筑体实测项目的允许偏差应符合表 7.3.5 的规定。

表 7.3.5 填筑体实测项目的允许偏差

项次	检查项目	允许偏差		检验方法	检验频率
1	顶面高程(mm)	+50,-30	+50	水准仪	每个构造单元测 2 点或每 20m 测 1 点
2	厚度(mm)	—	+100	卷尺	每个构造单元测 2 点或每 20m 测 1 点
3	轴线偏位 (mm)	50		经纬仪或拉尺、尺量	每个构造单元测 2 点或每 20m 测 1 点
4	宽度 (mm)	不小于设计		卷尺	每个构造单元测 2 点或每 20m 测 1 点
5	基底高程 (mm)	土质	+50	水准仪	每个构造单元测 2 点或每 20m 测 1 点
		石质	+50,-200		

注:在空洞充填、管线回填工程中,一般项目内容可不检查。

检查数量:按结构缝或施工段划分检验批。按构造单元检查。

检查方法:按表 7.3.5 进行。

7.4 气泡混合轻质土填筑附属工程

I 主控项目

7.4.1 混凝土原材料、拌合物的技术性能和质量要求应符合《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/T-078 挡护结构混凝土质量验收检验批的规定。

检验方法:检查质量证明文件、抽样检验报告及相关资料。

7.4.2 钢筋原材料、加工及安装的质量要求应符合《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/T-078 挡护结构钢筋加工及安装质量验收检验批的规定。

检验方法:观察,尺量,检查产品合格证、抽样检验报告和相

关资料。

7.4.3 砖、砌块和砂浆的品种、强度等级、规格应符合设计要求，质量验收可参照《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 的相应要求执行。

检验方法：检查砖、砌块进场复验报告和砂浆试块试验报告。

7.4.4 基床台阶、衔接面锚固措施应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量。

II 一般项目

7.4.5 填筑体钢丝网的规格、间距和搭接等应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量检查。

7.4.6 防水土工膜、盲沟、排水管、滤水层等防排水措施应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量，并检查防水材料质量证明文件及抽样检验报告。

7.4.7 沉降缝的设置和填缝材料应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量。

7.4.8 缓冲层、碎石垫层等其他构造措施应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量。

7.4.9 面板应光洁平顺，板缝均匀，线形顺适，沉降缝上下贯通顺直，面板工程的尺寸偏差应符合表 7.4.9 的要求。

表 7.4.9 面板工程的尺寸偏差检验

项次	检验项目	允许偏差	检验方法	检验方法
1	挡板边长 (mm)	+0.5%边长	尺量	长、宽各测 1 次,每 200 块 抽查 1 块,每项目至少 5 块
2	挡板两对角 线差(mm)	+0.7%最大 对角线长	尺量	每 200 块检查 1 块, 每项目至少 5 块
3	挡板厚度 (mm)	+5,-3	尺量	检查 2 处,每 200 块检查 1 块, 每项目至少 5 块
4	挡板表面 平整度(mm)	0.3%边长	直尺	长、宽各测 1 次,每 200 块 检查 1 块,每项目至少 5 块
5	挡板预埋件 位置(mm)	10	尺量	每 200 块抽查 1 块, 每项目至少 5 块
6	基础断面 尺寸(mm)	不小于设计值	尺量	每 20m 量测 1 处
7	面板顶高程 (mm)	+50	3m 直尺	每 20m 量测 1 处
8	轴线偏位 (mm)	50	经纬仪或 拉尺、尺量	每 20m 量测 1 处
9	面板垂直度 或坡度	+0,-0.5%	挂垂线	每 20m 量测 1 处

附录 A 发泡剂性能试验

A.0.1 试验条件:

试验室的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度不应低于 50%。

A.0.2 试验设备:

- 1 发泡装置 1 套;
- 2 塑料桶 1 个, 容积 15L;
- 3 电子秤 1 台, 最大量程 2000g, 精度 1g;
- 4 带刻度的不锈钢量杯 2 个, 内径 108mm, 净高 108mm, 壁厚 2mm, 容积 1L;
- 5 平口刀 1 把, 刀长 150mm;
- 6 钢直尺 1 把, 尺长 150mm, 分度值 0.5mm;
- 7 深度游标卡尺 1 把, 精度 0.02mm;
- 8 秒表 1 块。

A.0.3 试验材料:

- 1 自来水;
- 2 发泡剂。

A.0.4 试验步骤:

- 1 用电子天平称称取量杯质量 m_0 ;
- 2 按厂家提供稀释倍率配置发泡液并装入装置中;
- 3 启动发泡装置, 调节空压力压缩空气压力与发泡液比例, 直到气泡群密度满足 $48\text{kg}/\text{m}^3 \sim 52\text{kg}/\text{m}^3$ 时为止;
- 4 当气泡群均匀流出管口时, 让气泡群充满量杯, 并采用平口刀沿量杯杯口平面刮平气泡群。称取量杯与气泡群的总质量 m_1 。

5 气泡群密度按式(A.0.4-1)计算:

$$\rho_f = \frac{m_1 - m_0}{v_0} \quad (\text{A.0.4-1})$$

式中: ρ_f 气泡群密度(kg/m^3),精确至 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$;

m_1 量杯与气泡群质量和(g),精确至 1g ;

m_0 量杯质量(g),精确至 1g ;

v_0 量杯体积(cm^3),精确至 1cm^3 。

6 将标准气泡柱静置 1h,测试气泡柱表面距量杯口的最大距离,精确至 1mm ,即为标准气泡柱 1h 沉降距。测试结果以 3 次平行试验的算术平均值表示。

7 将量杯中泌出的水倒入容器中并称量其质量 m_2 ,按(式 A.0.4-2)计算 1 h 泌水率。测试结果以 3 次平行试验的算术平均值表示。

$$k = \frac{m_2}{m_1 - m_0} \times 100\% \quad (\text{A.0.4-2})$$

式中: k 泌水率(%);

m_2 泌水量(g)。

A.0.5 原材料性能试验记录如表 A.0.5。

表 A.0.5 原材料性能试验记录表

编号：

工程名称				分项工程名称				试验日期										
施工单位				项目技术负责人				项目经理										
项目试验人员				项目试验主管				见证人员										
执行标准名称及编号																		
原材料及试验条件	水泥			细集料		掺合料		外加剂		其他								
	等级强度	厂家	用量	名称	用量	名称	掺量(%)	名称	掺量(%)	名称	用量							
	发泡剂							水		试验条件								
	类别	型号	稀释倍率	发泡倍率	用量	发泡水	搅拌水	气温(℃)	发泡方式									
试验成果	标准气泡柱						气泡群密度(kg/m ³)											
	静置 1h 的沉降距(mm)			静置 1h 的泌水率(%)														
	编号	实测值	平均值	编号	实测值	平均值	编号	实测值	平均值									
	1			1			1											
	2			2			2											
	3			3			3											
	成型体积(L)			静置 1h 的湿容重增加值(kN/m ³)														
	流动度(mm)			初始湿容重(kN/m ³)			静置 1h 的湿容重(kN/m ³)											
	编号	实测值	平均值	编号	实测值	平均值	编号	实测值	平均值									
	1			1			1											
	2			2			2											
	3			3			3											
施工单位检查结果																		
监理(建设)单位检查意见																		

附录 B 相容性试验

B.0.1 试验条件:

试验室的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度不应低于 50%。

B.0.2 试验设备:

- 1 发泡装置 1 套;
- 2 试验用搅拌机 1 台;
- 3 橡皮锤 1 个;
- 4 电子秤 1 台, 最大量程 2000g, 精度 1g;
- 5 塑料桶 1 个, 容积 15L;
- 6 砂浆分层度筒 2 个, 内径 150mm, 上节高度 200mm, 下节带底净高 100mm, 两节的连接处应加宽 3mm~5mm, 并应设置橡胶垫圈;
- 7 深度游标卡尺 1 把, 精度 0.02mm;
- 8 平口刀 1 把, 刀长 150mm;
- 9 秒表 1 块。

B.0.3 试样可在搅拌好的拌合物中制取。

B.0.4 试验步骤:

- 1 用塑料桶接取试样, 试样用量不应低于 10L;
- 2 按本标准附录 C 测得新拌气泡混合轻质土的初始湿容重 γ_0 ;
- 3 将新拌气泡混合轻质土一次性装入分层度筒内, 沿分层度筒周围均匀地用橡皮锤轻轻敲击使浆体填充饱满; 当新拌气泡混合轻质土沉落低于筒口时, 应随时添加, 然后刮去多余部分并用抹刀抹平;
- 4 静置 1h, 将钢直尺平放于筒口, 用深度游标卡尺量测钢直

尺下沿至气泡混合轻质土表面的最大距离,即为新拌气泡混合轻质土静置 1h 的浆体沉降距(mm)。结果以 3 次平行试验的算术平均值表示。

5 去掉上节部分,然后将剩余下节气泡混合轻质土搅拌均匀,再参照本标准附录 C 测得其湿容重 γ_1 ;

6 湿容重增加值按式 B.0.4 计算,结果以 3 次平行试验的算术平均值表示。

$$\Delta\gamma = \gamma_1 - \gamma_0 \quad (\text{B.0.4})$$

式中: $\Delta\gamma$ 新拌气泡混合轻质土静置 1h 的湿容重增加值(kN/m^3),精确至 $0.1 \text{ kN}/\text{m}^3$;

γ_1 新拌气泡混合轻质土静置 1h 的湿容重(kN/m^3),精确至 $0.1 \text{ kN}/\text{m}^3$;

γ_0 新拌气泡混合轻质土的初始湿容重(kN/m^3),精确至 $0.1 \text{ kN}/\text{m}^3$ 。

附录 C 湿容重试验

C.0.1 仪器设备应包括下列内容:

- 1 发泡装置 1 套;
- 2 试验用搅拌机 1 台;
- 3 电子秤 1 台,最大量程 2000g,精度 1g;
- 4 塑料桶 1 个,容积 15L;
- 5 带刻度的不锈钢量杯 2 个,内径 108 mm,净高 108mm,壁厚 2mm,容积 1L;
- 6 平口刀 1 把,刀长 150mm。

C.0.2 试验用料应不低于 10L。

C.0.3 试样可采用下列方法制取:

- 1 现场取样:在泵送管出口处制取;
- 2 室内取样:在搅拌好的拌合物中制取。

C.0.4 湿容重试验应按下列步骤进行:

- 1 用水彩笔分别在量杯杯身外侧标明量杯 1、量杯 2;
- 2 应准备好电子秤,并应将其水平放置;
- 3 将量杯 1 平放于电子秤上,并应称取其量杯 1 质量 m_0 ;
- 4 用量杯 2 接取试样,并应将试样慢慢地倒入量杯 1 中;
- 5 当试样装满量杯 1 时,应用平口刀轻敲量杯 1 外壁,并使试样充满整个量杯 1 中;
- 6 用平口刀慢慢地沿量杯 1 端口平面刮平试样;
- 7 将装满试样的量杯 1 平放于电子秤上,并应测得试样加量杯 1 的质量 m_1 ;
- 8 湿容重应按下式计算:

$$\gamma = \frac{10 \times (m_1 - m_0)}{v_0} \quad (\text{C.0.4})$$

式中: γ 湿容重(kN/m^3),精确至 $0.1 \text{ kN}/\text{m}^3$;

m_1 量杯 1 加试样质量(g),精确至 0.1 g ;

m_0 量杯 1 质量(g),精确至 0.1 g ;

v_0 量杯 1 体积(cm^3),精确至 0.1 cm^3 。

9 应重复 3~8 试验步骤,并应取 3 次试验结果的算术平均值为新拌气泡混合轻质土的湿容重;

10 湿容重试验应在每次取样后 5min 内完成。

C.0.5 试验结果应填写配合比设计报告,并应符合表 C.0.5 的要求。

表 C.0.5 配合比设计报告表

编号:

工程名称				分项工程名称				试验日期							
施工单位				项目技术负责人				项目经理							
项目试验人员				项目试验主管				见证人员							
执行标准 名称及编号															
浇筑部位				设计湿容重				设计流动度				设计强度			
原材 料	发泡剂				水泥				细 集 料	掺合料		外加剂			
	型号	厂家	稀释 倍率	发泡 倍率	种类	等级	厂家	种类 名称		掺量 (%)	种类 名称	掺量 (%)			
试配 配合 比	编号		水泥 (kg/m³)		细集料 (kg/m³)		水 (kg/m³)		气泡群 (L/m³)		掺合料 (kg/m³)		外加剂 (kg/m³)		
	1														
	2														
	3														
试配 结果	流动度(mm)				湿容重(kN/m³)				28d 强度(MPa)						
	编号	实测值	平均值		编号	实测值	平均值		编号	实测值	平均值				
	1				1				1						
	2				2				2						
	3				3				3						
设计 配合 比	水泥 (kg/m³)		细集料 (kg/m³)		水 (kg/m³)		气泡群 (L/m³)		掺合料 (kg/m³)		外加剂 (kg/m³)				

附录 D 流动度试验

D.0.1 仪器设备应包括下列内容:

- 1 发泡装置 1 套;
- 2 试验用搅拌机 1 台;
- 3 黄铜或其他硬质材料空心圆筒 1 个,内径 80mm,净高 80mm,内壁光滑;
- 4 光滑硬塑料板 1 块,边长 400mm×400mm;
- 5 带刻度的不锈钢量杯 2 个,内径 108mm,净高 108mm,壁厚 2mm,容积 1L;
- 6 平口刀 1 把,刀长 150mm;
- 7 深度游标卡尺 1 把,精度 0.02mm;
- 8 秒表 1 块。

D.0.2 试验用料应采用新拌气泡混合轻质土,10L。

D.0.3 试样可采用下列方法制取:

- 1 现场取样:在泵送管出口处制取;
- 2 室内取样:在搅拌好的拌合物中制取。

D.0.4 流动性试验应按下列步骤(图 D.0.4)进行:

- 1 用水彩笔分别在量杯杯身外侧标明量杯 1、量杯 2;
- 2 应清洗并擦干仪器设备;
- 3 应将空心圆筒垂直竖于光滑硬质塑料板中间;
- 4 用量杯 1 接取试样,并应将试样倒入量杯 2 中;
- 5 应慢慢地将量杯 2 中的试样倒入空心圆筒,并用平口刀轻敲空心圆筒外侧,使试样充满整个空心圆筒;
- 6 用平口刀慢慢地沿空心圆筒的端口平面刮平试样;
- 7 应慢慢地将空心圆筒垂直向上提起,并应使试样自然

坍落；

8 静置 1min 时,应采用深度游标卡尺测得坍落体最大水平直径,即为试样的流动度;

9 应重复 2~8 试验步骤,并应取 3 次试验结果的算术平均值为新拌气泡混合轻质土的流动度。

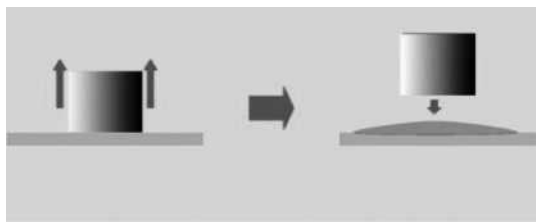


图 D.0.4 流动度测定示意图

D.0.5 试验结果应填写配合比设计报告,并应符合本标准附录 C 表 C.0.5 的要求。

附录 E 表干容重、饱水容重试验

E.0.1 仪器设备应包括下列内容：

- 1 钢模二组，规格 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ；
- 2 电子秤 1 台，最大量程 2000g ，精度 1g ；
- 3 钢直尺 1 把，尺长 300mm ，分度值 0.5mm ；
- 4 饱水容重试验装置 1 套(图 E.0.1)，压力容器容积 0.3m^3 ；

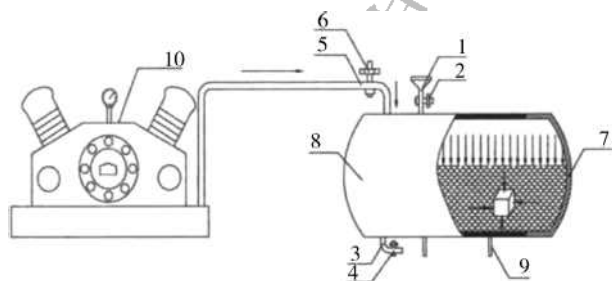


图 E.0.1 测定饱水容重试验装置

- 1—进水和排气口；2—进水和排气阀门；3—排水口；4—排水阀门；5—进气口；
6—进气阀门；7—可开闭密封盖；8—静水压力容器；9—支座；10—空气压缩机

- 5 空气压缩机 1 台，含压力调节阀 1 个，排气量 $0.36\text{m}^3/\text{min}$ 。

E.0.2 标准试件制作应包括下列内容：

- 1 试件成型：在钢模内浇筑成型；
- 2 规格数量： $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的立方体试件，共二组，每组 3 块；
- 3 试件养护：试件由试模中拆出后，应按组放入塑料袋内密封养护 28d，养护温度应为 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

E.0.3 表干容重试验应按下列步骤进行：

- 1 取标准试件一组，应分别量取试件的长度、宽度、高度；
- 2 应分别计算出 3 块标准试件的体积；

- 3 应分别称取 3 块标准试件的质量；
- 4 应分别按下式计算标准试件的表干容重：

$$\gamma_a = \frac{10m_a}{v_a} \quad (\text{E. 0. 3})$$

式中： γ_a 表干容重(kN/m³)，精确至 0.1 kN/m³；
 m_a 标准试件的质量(g)，并应精确至 0.1g；
 v_a 标准试件的体积(cm³)，并应精确至 0.1cm³。

5 应取 3 块试件表干容重的算术平均值作为气泡混合轻质土的表干容重。

E. 0. 4 饱水容重试验应按下列步骤进行：

- 1 接通电源，并应启动空气压缩机；
- 2 取标准试件一组，并应放入静水压力容器内；
- 3 往压力容器加水，应使其水位高出试件高度 100mm，合上密封盖，并应用螺钉拧紧；
- 4 应按试验规定的水头压力，调节好空气出口压力，并应打开进气阀门；
- 5 浸水 72h 后，应先关闭进气阀门、打开排气阀门，再打开排水阀门；
- 6 拧松螺钉并打开密封盖后，应从压力容器内取出试件，并应用湿布擦拭表面水分；
- 7 应分别量取标准试件长度、宽度、高度；
- 8 应分别计算出 3 块试件的体积；
- 9 应立即称取 3 块试件的质量；
- 10 应分别按下式计算出 3 块试件的饱水容重：

$$\gamma_s = \frac{10m_s}{v_s} \quad (\text{E. 0. 4})$$

式中： γ_s 饱水容重(kN/m³)，精确至 0.1 kN/m³；
 m_s 标准试件的饱水质量(g)，并应精确至 0.1g；
 v_s 标准试件的饱水体积(cm³)，并应精确至 0.1cm³。

11 应取 3 块试件饱水容重的算术平均值作为气泡混合轻质土的饱水容重。

E.0.5 试验结果应填写强度检验报告,并应符合本标准附录 F 表 F.0.4 的要求。

重庆工程建设

附录 F 强度试验

F.0.1 仪器设备应包括下列内容:

1 材料试验机:除应符合现行国家标准《试验机通用技术要求》GB/T 2611 中技术要求的规定外,精度允许范围为 $\pm 2\%$,量程的选择应能使试件的预期最大破坏荷载处在全量程的 $20\% \sim 80\%$ 范围内;

2 电子秤:最大量程 2000g,精度 1g;

3 钢直尺:尺长 300mm,分度值为 0.5mm。

F.0.2 标准试件制作应包括下列内容:

1 试件成型:在钢模内浇筑成型;

2 规格数量:100mm $\times$ 100mm $\times$ 100mm 的立方体试件,共一组,每组 3 块;

3 试件养护:试件由试模中拆出后,应按组放入塑料袋内密封养护至 28d,养护温度应为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

F.0.3 强度试验应按下列步骤进行:

1 应检查每块试件外观,试件表面必须平整,不得有裂缝或明显缺陷;

2 应测量每块试件尺寸,并应计算试件的承压面积;

3 取 1 块试件放在材料试验机下压板的中心位置,试件承压面应与成型的顶面垂直;

4 开动材料试验机,当上压板与试件接近时,应确保试件接触均衡;

5 应以 2kN/s 速度连续均匀地加荷,直至试件破坏,并应记录破坏荷载;

6 应重复 1~5 的试验步骤,并应测定记录试件的承压面

积、破坏荷载；

7 试件的抗压强度、饱水抗压强度应分别按下式计算：

$$q_u = \frac{P}{A} \quad (\text{F. 0. 3-1})$$

$$q_s = \frac{P}{A} \quad (\text{F. 0. 3-2})$$

式中： q_u 标准试件的抗压强度(MPa)，精确至 0.01MPa；

q_s 标准试件的饱水抗压强度(MPa)，精确至 0.01MPa；

P 破坏荷载(N)；

A 试件受压面积(mm²)。

8 应取 3 块试件抗压强度、饱水抗压强度的算术平均值分别作为气泡混合轻质土的抗压强度、饱水抗压强度。

9 以 3 个立方体试件为一组，抗压强度取 3 个试件测试值的平均值为代表值；当最大值或最小值超过中间值的 +15% 时，取中间值为代表值；当最大值和最小值均超过中间值的 +15% 时，该组试件作废。

F. 0. 4 试验结果应填写强度检验报告，并应符合表 F. 0. 4 的要求。

表 E.0.4 强度检验报告单

编号：

工程名称				分项工程名称				桩号及部位			
委托单位				检验单位				送样日期			
试件						表干容重 ☐ 饱水容重 ☐ (kN/m^3)		破坏 荷载 (N)	抗压强度 ☐ 饱水抗压强度 ☐ (MPa)		
						编号	成型 日期		养护 条件	龄期 (d)	尺寸(mm)
				长							
				宽							
				高							
				长							
				宽							
				高							
				长							
				宽							
				高							
施工配合比											
检验依据											
备注											
检验：		记录：		审核：		批准：		日期：			

注：在对应检验内容□中打√。

附录 G 气泡混合轻质土工程浇筑施工记录表

附表 G 气泡混合轻质土工程浇筑施工记录表

[illegible]

记录:

专业工长:

技术负责人:

附录 H 质量检验验收记录

H.0.1 面板质量检验记录表见表 H.0.1。

表 H.0.1 面板质量检验记录表

工程名称			分项工程名称			验收部位					
施工单位			项目技术负责人			项目经理					
现场施工员			现场检测员			工程数量					
执行标准名称及编号											
序号	项目内容	规定值/ 允许偏差	实测值或偏差值								
			1	2	3	4	5	6	应检 数量	合格 数量	合格率 (%)
挡 板 预 制	1 混凝土强度(MPa)	不小于设计值									
	2 边长(mm)	+5 或 0.5%边长									
	3 两对角线差(mm)	0.7%最大 对角线长									
	4 厚度(mm)	+5,-3									
	5 表面平整度(mm)	0.3%边长									
	6 预制件位置(mm)	10									
面 板 施 工	1 基础混凝土强度(MPa)	不小于设计值									
	2 基础断面尺寸(mm)	不小于设计值									
	3 面板顶高程(mm)	+50									
	4 轴线偏位(mm)	50									
	5 挡板垂直度或坡度	+0,-0.5%									
施工单位 检查结果		签名： 年 月 日									
监理(建设) 单位 检查意见		签名： 年 月 日									

H.0.2 气泡混合轻质土专用施工设备功能检验表见表 H.0.2。

表 H.0.2 气泡混合轻质土专用施工设备功能检验表

项目名称		施工单位		合同段	
工程部位		监理单位		公路等级	
设备组件		功能要求		检查方法	
电控系统		具有触摸屏或平板电脑控制		直接检查有无触摸屏或平板电脑与电控系统联动	
		发泡剂、发泡液、压缩空气及泡沫流量测定与数显		在发泡状态下检查触摸屏或平板电脑上有无相关测定仪器和数显指标	
		水泥浆、气泡群、气泡混合轻质土流量测定与数显		采用泡沫和水混合输送的方式检查有无相关测定仪器和数显指标	
		气泡群密度、气泡混合轻质土湿容重测定与数显			
发泡装置		发泡剂自动稀释		发泡状态下调整泡沫流量或稀释倍率,检查发泡剂流量是否自动调整	
泵送装置		设备产能		浇筑状态下,使用30L以上的塑料桶接盛轻质土并计时测定轻质土流量	
施工单位意见					
监理单位意见					
建设单位意见					
机手		质检负责人		项目主管	

H.0.3 浇筑质量检验记录表见表 H.0.3。

表 H.0.3 浇筑质量检验记录表

工程名称						验收部位			
施工单位						项目经理			
现场施工员				现场检测员				技术负责人	
执行标准						施工日期			
施工配合比									
气泡群密度		kg/m ³			设计湿容重		kN/m ³		
天气					气温				
序号	浇筑构造单元	浇筑层序	填筑时间	填筑层底标高(m)	平均填筑厚度(m)	填筑方量(m ³)	检查记录		
							湿容重(kN/m ³)	流动度(mm)	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
试样制取		组数				湿容重(kN/m ³)		流动度(mm)	
		编号							
		制取部位							
施工单位检查结果		签名： 年 月 日							
监理(建设)单位意见		签名： 年 月 日							

H.0.4 检验批质量评定表见表 H.0.4-1~表 H.0.4-3。

表 H.0.4-1 气泡混合轻质土原材料和拌合物检验批质量验收记录

标准编号：

单位(子单位)		分部(子分部)	分项工程		
工程名称		工程名称	名称		
施工单位		项目负责人	检验批工程量		
分包单位		分包单位 项目负责人	检验批部位		
施工依据			验收依据		
验收项目		设计要求及规范规定	最小/实际 抽样数量	检查记录	检查结果
主控项目	1	水泥进场时,应对其品种、代号、强度等级、包装或散装号、出厂日期等进行检查,并应对水泥的强度、安定性和凝结时间进行检验。	/		
	2	标准气泡群密度、标准气泡柱静置 1h 的沉降距、标准气泡柱静置 1h 的泌水率等指标应符合要求。			
	3	拌合物的性能(湿容重、流动度、强度等)应符合设计要求,原材料的相容性试验应符合要求。			
	4	外加剂进场时,应对其品种、性能、出厂日期等进行检查,并应对外加剂的相关性能指标进行检验。	/		
一般项目	1	矿物掺合料进场时,应对其品种、性能、出厂日期等进行检查,并应对矿物掺合料的相关性能指标进行检验。	/		
	2	原材料中的细骨料质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。	/		

一般项目	3	拌制及养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。采用饮用水作为混凝土用水时,可不检验;采用中水、搅拌站清洗水、施工现场循环水等其他水源时,应对其成分进行检验。	/		
施工单位检查结果		专业工长(签字): 标准员(签字): 项目专业质量检查员(签字): 年 月 日			
监理单位验收结论		专业监理工程师(签字): 年 月 日			

表 H.0.4-2 气泡混合轻质土筑体检验批质量验收记录

标准编号:

单位(子单位) 工程名称			分部(子分部) 工程名称		分项工程 名称	
施工.单位			项目负责人		检验批工程量	
分包单位			分包单位 项目负责人		检验批部位	
施工依据			验收依据			
验收项目			设计要求及 规范规定	最小/实际 抽样数量	检查记录	检查 结果
主控项目	1	轻 质 土 的 容重、强度	新拌气泡混合轻质土的表 干容重、抗压强度应符合 设计要求。试样宜在浇筑 管管口制取。	/		
	2	浇 筑 的 质 量检验	气泡群密度、湿容重、流动 度检验结果应符合规定, 并填写浇筑质量检验 记录。			
	3	路 基 代 表 弯沉值	用作路基土时,路基代表 弯沉值应符合设计要求, 检查和评定按现行城镇道 路工程施工与质量验收规 范的规定执行。			
一般项目	1	外观质量	1)材质气孔大小均匀、细 密,截面表观气孔直径应 小于 1.0mm。 2)表面出现的非受力贯穿 裂缝宽度应小于 5mm。 3)表面蜂窝面积应小于总 表面积的 1%。	/		
	2 允许 偏差	顶面高程 (mm)	道路工程	+50, - 30	/	
			建筑工程	+50	/	
		厚度 (mm)	道路工程	-	/	
			建筑工程	+ 100	/	
		轴线偏位 (mm)	50		/	

一般项目	2 允许偏差	宽度 (mm)	不小于设计				
	基底高程 (mm)	土质	+50	/			
		石质	+50, -200	/			
施工单位检查结果		专业工长(签字): 标准员(签字): 项目专业质量检查员(签字): 年 月 日					
监理单位验收结论		专业监理工程师(签字): 年 月 日					

表 H.0.4-3 气泡混合轻质土附属工程检验批质量验收记录

标准编号:

单位(子单位) 工程名称			分部(子分部) 工程名称		分项工程 名称	
施工单位			项目负责人		检验批工程量	
分包单位			分包单位 项目负责人		检验批部位	
施工依据				验收依据		
验收项目			设计要求及 规范规定	最小/实际 抽样数量	检查记录	检查 结果
主控项目	1	混凝土原材料、拌合物	技术性能和质量要求应符合《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/T-078 挡护结构混凝土质量验收检验批的规定。	/		
	2	钢筋原材料、加工及安装	应符合《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/T-078 挡护结构钢筋加工及安装质量验收检验批的规定。	/		
	3	砖、砌块和砂浆	品种、强度等级、规格应符合设计要求。	/		
	4	基床台阶、锚固措施	基床台阶、衔接面锚固措施应符合设计要求。	/		
一般项目	1	钢丝网	填筑体钢丝网的规格、间距和搭接等应符合设计要求。			
	2	防排水措施	防水土工膜、盲沟、排水管、滤水层等防排水措施应符合设计要求。	/		
	3	沉降缝	沉降缝的设置和填缝材料应符合设计要求。			
	4	其他构造措施	缓冲层、碎石垫层等其他构造措施应符合设计要求。			

一般项目	5	面板观感质量	应光洁平顺,板缝均匀,线形顺适,沉降缝上下贯通顺直。				
	6 允许偏差	挡板边长(mm)	+0.5%边长	/			
		挡板两对角线差(mm)	+0.7%最大对角线长	/			
		挡板厚度(mm)	+5,-3	/			
		挡板表面平整度(mm)	0.3%边长	/			
		挡板预埋件位置(mm)	10	/			
		基础断面尺寸(mm)	不小于设计值	/			
		面板顶高程(mm)	+50	/			
		轴线偏位(mm)	50	/			
		面板垂直度或坡度	+0,-0.5%	/			
施工单位检查结果		专业工长(签字): 标准员(签字): 项目专业质量检查员(签字): 年 月 日					
监理单位验收结论		专业监理工程师(签字): 年 月 日					

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 标准中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 2 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 3 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 4 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 5 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 6 《试验机通用技术要求》GB/T 2611
- 7 《蒸压加气混凝土性能试验方法》GB/T 11969
- 8 《硫铝酸盐水泥》GB 20472
- 9 《混凝土外加剂》GB 8076
- 10 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 11 《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177
- 12 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176
- 13 《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203
- 14 《土工合成材料—聚乙烯土工膜》GB/T 17643
- 15 《土工合成材料—聚氯乙烯土工膜》GB/T 17688
- 16 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 17 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 18 《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177
- 19 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 20 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1
- 21 《公路路基设计规范》JTG D30
- 22 《混凝土试验用搅拌机》JG 244
- 23 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 24 《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206

- 25 《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》JTG/T
D31-02
- 26 《现浇泡沫轻质土技术规程》CECS 249
- 27 《轻质泡沫土轨道交通填筑技术规程》CECS 453
- 28 《公路工程泡沫混凝土应用技术规范》DB 33/T 996
- 29 《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/
T-078

重庆市工程建设标准

气泡混合轻质土应用技术标准

DBJ50/T-321-2019

条文说明

2019 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	67
2	术语和符号	68
2.1	术语	68
2.2	符号	69
3	材料及性能	70
3.1	原材料	70
3.2	气泡混合轻质土的技术性能	71
4	设计	74
4.1	一般规定	74
4.2	性能设计	74
4.3	结构设计	75
4.4	附属工程设计	77
4.5	设计计算	79
5	配合比	83
5.1	一般规定	83
5.2	配合比计算	84
5.3	配合比试配	84
6	工程施工	85
6.1	施工准备	85
6.2	制作与浇筑	85
6.3	附属工程施工	87
6.4	养护	88
7	质量检验与验收	89
7.3	气泡混合轻质土填筑体	89
7.4	气泡混合轻质土填筑附属工程	89

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为使我市道路工程、轨道交通、建筑工程等领域的气泡混合轻质土填筑工程设计、施工、质量检验与验收有章可循,明确技术指标,保证工程质量,做到安全适用、经济合理,编制组在现有的科研成果、试验总结和工程实例基础上,编制形成了《气泡混合轻质土应用技术标准》DBJ50/T-321。

1.0.2 随着我市社会经济的发展,道路工程、轨道交通、建筑工程等领域建设规模逐年增大。同时,国家在节能减排、环境保护方面提出了更高的要求。气泡混合轻质土作为一种新型微孔类轻质环保材料,具有节能、轻质、自立、自密实、容重和强度可调节、施工便捷、保温隔热等特点,可广泛用于软基路堤、加宽路堤、陡坡路堤、寒区冻胀路堤、结构顶减荷、桥台台背回填、预埋管线回填、空洞充填、塌方快速抢险且各类管线保温隔热等领域填筑工程,以优化复杂地质或构造环境的填筑设计、节约材料、减少工序、节能环保。

1.0.3 凡国家现行标准中已有明确规定的,本标准原则上不再重复。在设计、施工、质量检验与验收中除符合本标准的要求外,尚应符合国家及重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本条文阐述了气泡混合轻质土的概念。处于流体状态下的拌合物称为新拌气泡混合轻质土,由新拌气泡混合轻质土现浇硬化成型的块状体简称填筑体。

条文中的可选添加材料包括细集料、掺合料及外加剂,添加材料可根据目标性能和经济指标进行选用,如在粉煤灰、尾矿粉、石粉、粉砂丰富且价格便宜地区,可将其作为添加材料掺入使用;当需要高强度时,可掺入细砂及其他掺合料;用于水位以下部位填筑时,可掺入防水剂等材料。

2.1.2 本条文中的发泡剂是一种经加水稀释后,通过引入空气后能产生独立、稳定、微细、均匀气泡群的表面活性材料。产生的气泡群与水泥基浆料混合后,具有良好的流动性、轻质性和稳定性,并形成一定的强度。不同厂家生产的发泡剂,其稀释倍率、发泡倍率均会有所不同,使用时应按厂商推荐的倍率进行稀释、发泡。

2.1.8 本条文中的标准气泡群密度应满足 $50\text{kg/m}^3 + 2\text{kg/m}^3$ 要求。标准气泡柱是指将标准气泡群灌入内径为 108mm、高度为 108mm、容积为 1L 的容器,所形成的圆柱体标准气泡群。在配制气泡混合轻质土前,应先称量气泡群密度,使其在允许的偏差范围内,试验方法见本标准附录 A。

2.1.9 体积吸水率的试验方法参照加气混凝土吸水率的试验方法。

2.1.10 流动度是指新拌气泡混合轻质土在自重作用下坍落形

成的最大水平直径,流动度一般采用圆筒法测得,其试验方法见本标准附录 D。

2.1.11 本标准所提到的湿容重即湿容重标准值或设计容重,其试验方法见附录 C。

2.1.12 浆体沉降距反映发泡剂与水泥基浆体的相容性能。由于水泥浆中液相的 PH 值与水的 PH 值有显著的差异,导致发泡剂的性能满足要求但与浆体混合后气泡群在浆体中破泡、稳定性不好。破泡后气泡混合轻质土浇筑体会出现沉降,沉降高度越大说明发泡剂与水泥浆基体相容性越差。

2.1.13 本标准所提到的表干容重是指标准试件在 $20^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ 条件下,采用塑料薄膜密封养护 28d,试件取出后直接称量测得的数值。

2.1.13~2.1.16 条文中的标准试件是指边长为 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 的立方体试件,在 $20^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$ 条件下,采用塑料薄膜密封养护 28d 龄期。

条文中的表干容重、饱水容重、抗压强度及饱水抗压强度均是按本标准附录的相关试验方法测得。饱水容重、饱水抗压强度是标准试件经吸水 72h 测得的容重、抗压强度,其试验方法分别见本标准附录 E、附录 F。

2.2 符 号

本标准的符号编写符合《标准编写规则 第 2 部分:符号标准》GB/ T 20001. 2 的规定。一般情况下, q_u 为 28d 龄期的抗压强度, γ_s 、 q_s 分别是在零水头压力条件下,测得气泡混合轻质土的饱水容重、饱水抗压强度,如有规定水头压力条件下测得的饱水容重、饱水抗压强度,则在符号后面加水头压力数值,如 5m 水头压力测得的饱水容重和饱水抗压强度分别写成 γ_{s05} 、 q_{s05} 。

3 材料及性能

3.1 原材料

3.1.1 水泥是制作气泡混合轻质土的主要原材料。在工程应用中,一般采用 42.5 级及以上的通用硅酸盐水泥。当有快硬或其他要求时,可选用快硬水泥或特殊水泥。在使用特殊水泥时,需考虑发泡剂与水泥适应性,且应符合相应的技术标准规定。

3.1.2 条文中的水包括拌合用水、稀释用水。水的选用以不影响泡沫稳定性、气泡混合轻质土强度和耐久性为原则,宜采用饮用水、自来水。

3.1.3 发泡剂是制作气泡混合轻质土的关键材料,其种类和质量好坏直接影响气泡混合轻质土的品质。目前市场上发泡剂分为合成类高分子表面活性系列、蛋白质系列及树脂肥皂系列三种,其中合成类高分子表面活性系列发泡剂性能更稳定,效果更好。

发泡剂的稳定性是保证气泡在气泡混合轻质土中稳定性的前提。为保证发泡剂性能测试结果具有可比性,本条文规定了用于测试发泡剂性能的标准气泡群的密度为 $48\text{kg/m}^3 \sim 52\text{kg/m}^3$, 采用标准气泡柱 1h 沉降距和 1h 泌水率作为气泡稳定性的评价指标。行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 中要求标准气泡柱静置 1h 泌水量不大于 25mL,折算成泌水率为 50%。由于标准气泡柱密度有允许偏差范围,因此用泌水率比泌水量更准确。且随着发泡剂技术的发展,为了体现技术的进步,结合近 3 年对重庆市发泡剂检测数据的汇总,将发泡剂的泌水率技术指标提高为 40%。

3.1.4 行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 采用适应性实验评价气泡在气泡混合轻质土中的稳定性。其测试方法是將新拌气泡混合轻质土静置 1h 后重新拌合,并测试湿容重与初始湿容重的差值表示泡沫在拌合物中的稳定性。这种测试方法与现场施工情况是不吻合的。本标准借鉴砂浆分层度试验设计了发泡剂与水泥的相容性试验,采用砂浆分层度筒,测试静置 1h 后,分层度筒下部浆体的容重与初始容重的差值,表示泡沫在拌合物中的稳定性。相容性试验与现场情况吻合性更好,因为气泡在拌合物中破裂后会以浆体的形式沉淀在底部而导致容重增加;同时气泡的破裂也会导致拌合物沉降,拌合物沉降距越大,说明破泡越严重,发泡剂与水泥的相容性越差。

基于近 3 年对气泡混合轻质土检测数据,提出了相容性评价的 2 个指标,即静置 1h 容重差和浆体沉降距,用于评价气泡群在水泥浆体中的稳定性,即发泡剂与水泥的相容性。相容性的测试采用 P.O42.5 等级水泥,当对试验结果有争议时,以基准水泥的试验结果为准。

3.1.5 根据重庆地方材料供应情况,可在气泡混合轻质土中掺加粉煤灰、磨细矿渣粉、石灰石粉等材料;外加剂可选择减水剂等。

3.2 气泡混合轻质土的技术性能

3.2.1 气泡混合轻质土湿容重因试验过程中的系统误差及原材料自身原因等而产生波动。湿容重越轻,气泡含有量越多,湿容重变化率越大,反之,湿容重变化率则越小。根据以往施工经验和试验数据,湿容重允许偏差宜统一按 $+0.5\text{kN/m}^3$ 控制。

气泡混合轻质土中气泡含量越多,其容重等级越小,抗压强度越低。为保证设计同时满足容重等级和强度等级要求,设计时容重等级和强度等级可参考表 1 选取。

表 1 容重等级与强度等级参考对应表

容重等级	湿容重 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	参考对应强度等级
W3	3.0	CF0.3~CF0.5
W4	4.0	CF0.4~CF0.7
W5	5.0	CF0.6~CF1.0
W6	6.0	CF0.8~CF1.5
W7	7.0	CF1.2~CF2.0
W8	8.0	CF1.5~CF3.0
W9	9.0	CF1.5~CF4.0
W10	10.0	CF1.5~CF6.0
W11	11.0	CF1.5~CF10.0

结合气泡混合轻质土在实际工程中的应用,同时考虑到随着气泡混合轻质土在工程中的应用范围日益扩大,目前发泡剂性能和配合设计水平均有了较大的提高,对于工程上常用的 W5 容重等级的气泡混合轻质土对应强度等级作了适当的提高;对于 W7~W11,要达到行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 中对应的强度等级,从配合比设计上通过提高单方混合料水泥用量技术上没有问题,但在实际施工过程中因水泥用量增加、水化热导致的内部温升过大而产生填筑体爆裂的风险较大,因此对于容重等级 W7~W11 对应的强度等级作了适当的调减;本标准中删除了行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 中 W12 以上容重和强度等级气泡混合轻质土,原因是过高的容重和强度等级,从技术经济角度气泡混合轻质土已不具有优势。

3.2.2 气泡混合轻质土的强度等级用符号“CF”表示,强度等级值即为其抗压强度标准值。

气泡混合轻质土抗压强度测试采用 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 立方体试件,在 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的标准养

护条件下,采用塑料薄膜密封养护至 28d 龄期,按附录 F 试验方法测得的表干试件无侧限抗压强度值。试件的强度测试值与试件的含水状态有关,为使强度测试结果具有可比性,有必要强调强度的测试应采用表干试件。

与普通混凝土一样,气泡混合轻质土材料同样存在非均质性和数据的离散性问题,行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 中对离散性数据未提出相应的处理原则,本标准参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 提出了数据的处理方法,见附录 F。

由于气泡混合轻质土强度评定未引入类似普通混凝土的统计评定方法,结合行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177,参照《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107,提出了抗压强度每组代表值应不小于抗压强度标准值;每组最小值应不小于抗压强度标准值的 0.85 倍(四舍五入,取小数点后 2 位)。

3.2.7 在无试验资料情况下,当 $c = q_u/2$, $\varphi = 0^\circ$, 相当于不固结不排水抗压强度,故取 $c = q_u/2$, $\varphi = 0^\circ$ 是偏于安全的。

4 设 计

4.1 一般规定

4.1.2 本条文明确了气泡混合轻质土的设计原则。安全性是指强度、填筑体的抗滑抗倾覆稳定性和包括地基在内的整体稳定性等要求。适用性体现在气泡混合轻质土的用途上。气泡混合轻质土的主要优势在于轻质、自密实、自立和良好施工性,适合于需要减少荷重或土压力的软基路堤、直立加宽路堤、高陡路堤、桥梁减跨、结构物背面及地下管线、狭小空间、轨道交通等填筑工程。经济性是指气泡混合轻质土的容重、强度和良好施工性。设计时,应选择经济合理的容重等级和强度等级。

4.1.3 条文中给出了气泡混合轻质土最主要的两项设计目标。除条文给出的两项设计目标外,还具有保温隔热、减少占地的作用。

4.1.5 各环境类型对混凝土结构腐蚀性评价可参照《岩土工程勘察规范》GB 50021(2009 年版)相关条款进行判断,综合评价为中等、强腐蚀时,应进行耐久性专项研究。

4.1.6 气泡混合轻质土如直接暴露使用,在风雨雪温差等自然因素的影响下,会出现严重的风化损毁,其强度下降幅度可达 60%~80%,而且会出现剥落现象,故设计时,严禁直接暴露使用。

4.2 性能设计

4.2.2 用于路基填筑时,《公路路基设计规范》JTG D30 对不同部位规定了最小强度要求。本条文是依据《公路路基设计规范》

JTG D30 及《气泡轻质土填筑工程技术标准》CJJ/T 177 的规定,同时参考了浙江省地方标准《公路工程泡沫混凝土应用技术规范》DB33/T 966 相关条款,并考虑安全系数 F_s ,提出了用于填筑时不同路基填筑部位最小抗压强度要求。

一般情况下,用于路基填筑是为了减少荷重或土压力,本条文规定了用于路基填筑的最小强度等级。

大部分工况是要求气泡混合轻质土从下至上填筑至路面底部。填筑体顶部与路面间有其他填筑材料时,建议最小强度等级不应低于 CF0.6。

4.2.3 浸水对气泡混合轻质土表干容重的影响为:湿容重越大,表干容重增加幅度越小;湿容重越低,表干容重增加越大。

本标准考虑到以上因素,并认为在低渗透压力下(渗透压力不超过 30kPa),适当的防水措施可以基本隔断渗水或地下水对气泡混合轻质土的直接浸泡,同时考虑到现场实际填筑体尺寸远大于室内试块的尺寸,现场填筑体的实际吸水率远小于室内试块的吸水率。

当气泡混合轻质土位于地下水位以下超过 3m 时,渗透压力超过 30kPa,一般的防水措施很难永久起到防水作用,故建议不考虑防水,但由于在地下水中,气泡混合轻质土的长期浸泡会引起强度的下降,尤其是低容重情况。鉴于此,要求其容重等级不低于 W8,抗压强度等级要求不低于 CF1.0,同时考虑到在 W8 的容重等级下,即使强度有所下降,亦能满足一般工程的需要。

4.2.4 一般情况下,最小强度等级可取 CF0.3,最小容重等级可取 W3。同时,为便于施工和充填饱满,流动度可按 180mm~200mm 控制。

4.3 结构设计

4.3.2 在气泡混合轻质土现浇固化之前,气泡处于独立、分散、

游离状态,容易受挤压而消泡,并影响浇筑的质量,目前我市气泡混合轻质土所使用的发泡剂性能有较大的提升,稳泡能力较强,因此气泡混合轻质土分层浇筑厚度一般为 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。单层浇筑太薄,受力易破损、断裂,而且分层过多会影响施工进度;而单层浇筑太厚,又会降低稳泡的能力,气泡易破损,同时对面板侧压力会比较大,将对现浇立模的面板提出更高的安全与经济性要求。本条还规定了气泡混合轻质土设计最小厚度。考虑填筑体厚度太薄易引起断裂、减载效果不显著等因素,路堤填筑时,最小设计高度建议值为 1m 。设计高度小于 1m 时,气泡混合轻质土在荷载作用下易断裂、破损。

台阶宽度一方面考虑了气泡混合轻质土填筑区与土石方填筑区路堤顶面弹性模量和弯沉值的合理过渡;另一方面也考虑了压实机械作业和基坑开挖等因素,以便采用压路机对台阶或基底进行压实,如果现场条件不能要求时,则台阶宽度可适当减小,但应保证台阶面压实度和施工的可操作性。

预留宽度综合考虑了填筑体顶部荷载的集中作用效应及填筑体安全性、经济性、耐久性和生态美观性。预留宽度宜根据填筑高度选取,填筑高度不超过 6m ,预留宽度宜取 0.3m ;填筑高度超过 10m 时,预留宽度宜大于 0.5m 。如有生态景观要求时,可利用预留宽度进行绿化设计。

4.3.3 本条文规定了不同工程条件下气泡混合轻质土用于路堤填筑时限定的设计高度(空洞填充、管线回填工程除外)。气泡混合轻质土应用于路堤填筑最小设计厚度为 1m ,避免气泡混合轻质土板块受压脆性断裂。对于公路路堤,限定气泡混合轻质土填筑高度不宜大于 15m ,是基于工程安全、变形控制、合理造价等因素综合考虑。

4.3.6 本条有如下说明:

(1)气泡混合轻质土应用于溶洞、采空区路段时,应调查岩溶地貌的发育特征或采空区的性质及范围,并分析评估气泡混合轻

质土回填的可行性。

(2)气泡混合轻质土可用于开挖回填、充填、注浆、板跨结合减轻堆载等措施。

(3)路基范围发育不规则的空腔或坑洞,且体积不大,埋深较浅时,可采用气泡混合轻质土充填密实,气泡混合轻质土抗压强度等级宜采用 CF0.4~CF0.6。

(4)岩溶区域地表水宜采用渗沟、排水沟将水截留至路基外。

(5)当洞体庞大或深度较深时,应在稳定评价基础上,采用钢筋混凝土板块跨越,同时上部可采用气泡混合轻质土;对于有顶板但顶板强度不足的干溶洞,可予以加固,提高强度后,上部采用气泡混合轻质土路堤。

4.3.7 为增大摩擦作用,发挥有效的制动效果,紧急避险车道路面结构多采用砂石路面,本条规定的气泡混合轻质土顶层上覆路面结构层及垫层总厚度不宜小于 1.5m。

4.4 附属工程设计

4.4.1 保护壁作为气泡混合轻质土的主要附属工程,设置在气泡混合轻质土外侧面。一般工程中,面板主要由水泥混凝土预制挡板、轻质砖、空心砖、装饰类砌块砌筑或现浇薄壁式挡土墙现浇而成,当面板采用水泥混凝土预制挡板砌筑时,面板可由基础、挡板、拉筋及立柱等设施组成,起施工外模、外侧面装饰及使用阶段保护的作用。

面板应选择合适的构造材料和断面尺寸,确保填筑安全、可靠耐久。其他轻质砖、空心砖或装饰类砌块砌筑的面板可根据验算后进行设计。

(1)基础的断面尺寸,以固定立柱和挡板为原则,一般采用 90cm×30cm(宽度×高度)。为避免不均匀沉降导致基础开裂,面板的基础及挡板可按 10m~15m 间距设置沉降缝。施工时,为

4.4.5 由于气泡混合轻质土大体积填筑后在固结过程中易出现干缩裂缝,采用钢丝网可以抑制裂缝产生,同时补强填筑体。钢丝直径太细不利于抵抗锈蚀。网格孔径过大不利于抗裂。

4.5 设计计算

4.5.3 除软土地基路段填筑外,当地基较差或在荷载作用下可能产生沉降时,也应进行沉降计算。本条文对沉降验算方法不另行规定,只对气泡混合轻质土用于软土地基填筑时的几种主要工况进行说明。

(1)用于软基路段桥台台背的填筑,以减少路桥过渡段的工后沉降,避免桥头跳车。该工况应验算工后沉降,并按紧邻桥台位置工后沉降不超过10cm(桥头设置有搭板情况时)或3cm(桥头设置无搭板情况时)的要求进行填筑厚度的设计。填筑体顶部的长度宜按15m~30m设计。

(2)当新建软土地基路段的沉降在规定时间内不能满足设计要求时,可采用气泡混合轻质土减荷换填以控制工后沉降,换填厚度按下式计算确定。

$$h \geq \frac{\beta \gamma_f (h_d - U_c h_e)}{\gamma_f - \gamma} \quad (1)$$

式中: h_d 常规填土总厚度(m),包括沉降部分、原地面至路面结构底厚度、路面结构层换算填土厚度;

h_e 当前预压填土厚度(m),包括沉降部分、原地面至现有填土顶面的厚度;

h 气泡混合轻质土的换填厚度(m);

γ_f 填土容重(kN/m³);

U_c 当前地基土固结度, $U = S_t / S_\infty$, S_t 、 S_∞ 分别为已发生沉降量和推算总沉降量,必要时可钻探确定 S_t ;

β 系数,一般取1.2~1.3,当地基平均固结度较小

时,取大值。

式(2)是基于地基平均固结度的原理推算得到的,采用换填后的永久荷载与当前预压荷载来表征,即:

$$\frac{h\gamma + (h_d - h)\gamma_f}{h_e\gamma_f} \quad (2)$$

从理论上讲,当由换填后确定的地基固结度与当前地基平均固结度相等时,工后沉降应为 0,故:

$$U_t - \frac{h\gamma + (h_d - h)\gamma_f}{h_e\gamma_f} \quad (3)$$

由上式推算并考虑安全系数,即获得式(1)。当计算的气泡混合轻质土换填厚度超过常规填土总厚度过多时,说明预压时间严重不足,如采用换填,代价较高,建议结合其他处理措施综合控制。从珠江三角洲多条高速公路的工程经验看,换填厚度基本上在 4m~6m。

(3)当直接用于低填软土路基的填筑时,气泡混合轻质土填筑厚度 h 采用下式计算,当地下水位较高时,需分别按地下水位以上和地下水位以下计算。



$$(h_1 + h_2)\gamma + h_3\gamma_a + T_p\gamma_p + h_f\gamma_f - h_2\gamma_0 + h_3\gamma_{0a} \quad (4)$$

- 式中: h_1 气泡混合轻质土地面以上填筑厚度(m);
 h_2 气泡混合轻质土地面以下水位以上填筑厚度(m);
 h_3 气泡混合轻质土地下水位以下填筑厚度(m);
 T_p 路面结构厚度(m);
 γ_p 路面结构容重(kN/m^3);
 γ_f 路基填土容重(kN/m^3),一般取 18~19;

h_f 车辆荷载换算成填土荷载的等代厚度(m),一般取 0.8;

γ_0 、 γ_{0a} 地基土天然容重、饱水容重(kN/m^3)。

上式中, h_1 、 h_2 可以根据填土高度、地面高程、地下水位高程确定,只需要计算出 h_3 即可得到气泡混合轻质土填筑总厚度。当地下水位埋深大或无地下水时,式中 h_3 则取 0。此时,则需计算出 h_2 值即可确定气泡混合轻质土填筑总厚度 h 。

(4)当用于旧路改造控制工后沉降时,气泡混合轻质土换填厚度可按下式计算:

$$h \geq \frac{\gamma_f [(1+\beta)h_2 - h_1]}{(1+\beta)(\gamma_s - \gamma)} \quad (5)$$

式中: h_2 、 h_1 分别为旧路改造前、后常规填土路基路面永久荷载厚度,包括沉降部分、原地面至路面结构底的厚度、路面结构层换算填土厚度(m);

h 气泡混合轻质土换填厚度(m);

γ_f 填土容重(kN/m^3);

β 系数,取 0.75。

4.5.5 本条文提出了气泡混合轻质土的强度验算方法。

(1)气泡混合轻质土用于路基填筑时,要满足《公路路基设计规范》JTG D30 中不同部位填料的 CBR 值。根据国外有关资料, CBR 与抗压强度 q_u 存在一定的比例关系,即 $q_u \approx \frac{100\text{CBR}}{3.5}$ 。本条文根据此关系式并考虑安全系数 F_s ,提出了用于填筑时不同填筑部位路基的最小抗压强度要求。式(4.5.5-1)、式(4.5.5-2)中 F_s 取值是根据长期荷载组合作用安全性、施工经验总结和国内外有关资料的规定等综合考虑。

(2)本条文公式是由下式填筑体自立稳定的高度推导得出:

$$H - 2 \left\{ \left(\frac{2c}{r} \right) \times \tan \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) - \frac{W}{\gamma} \right\} \quad (6)$$

式中: H 填筑体自立稳定的高度(m);
 c 气泡混合轻质土的黏聚力(kPa), $c=0.5q_{u2}$;
 φ 内摩擦角($^{\circ}$)(偏安全考虑,取 $\varphi=0$ 。也可参照本标准等 4.5.6 条第 2 款取值);
 W 填筑体顶部的荷载(kPa)。

(3)一般情况下, q_{u1} 的计算值比 q_{u2} 大。

4.5.6 除空洞填充或管线回填工程外,其填筑体特性类似于挡土墙结构,因此需要验算施工期和营运期的强度是否满足要求。当用于软土地基、高路堤边坡及斜坡体等部位填筑时,还需进行填筑体的抗滑、抗倾覆稳定性验算和包括地基在内的整体滑动稳定性验算。

气泡混合轻质土的黏聚力和内摩擦角参数主要参考了《公路路基设计规范》JTG D30 相关指标。填筑体的抗倾覆稳定性验算参考《公路路基设计规范》JTG D30 的规定。

本条文未规定填筑体的埋深要求。填筑体宜采用明挖基础,在大于 5% 纵向斜坡上填筑时,基底应设计成台阶形;填筑体受水流冲刷时,应按设计洪水频率计算冲刷深度,基底应置于局部冲刷线以下不小于 1m。

4.5.7 气泡混合轻质土填筑体沿原路堤、开挖边坡等结合面抗滑稳定性验算方法,主要参照了《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》JTG/T D31-02 和浙江省地方标准《公路工程泡沫混凝土应用技术规范》DB33/T 966 相关计算公式。

4.5.9 填筑体的抗倾覆稳定性验算参考《公路路基设计规范》JTG D30 第 5.4.2 条的规定。

4.5.10 本条文公式采用湿容重的 85% 进行验算是基于偏安全的考虑。折算系数取 0.85,一方面依据水泥的水化用水,另一方面依据近 3 年气泡混合轻质土配合比设计实测容重与表干容重的统计数据。计算时,取湿容重的 85%,公式(4.5.10)中的体积 v_1 、 v_2 为平均值。

5 配合比

5.1 一般规定

5.1.1 气泡混合轻质土的配合比设计应根据设计和施工工艺要求,在配合比计算的基础上,通过试配及调整,使气泡混合轻质土满足设计和施工要求的流动度、湿容重、强度。由于气泡混合轻质土的用水量、胶凝材料用量既影响拌合物流动度,也影响湿容重和强度,宜通过试算试拌以同时满足流动度、湿容重、强度的要求。

5.1.2 在配合比试配前,应对原材料进行检测,保证用于配合比设计的原材料符合质量标准要求;通过试配保证用于工程的材料间具有良好的相容性。

5.1.3 湿容重、流动度及抗压强度说明:

(1)湿容重是划分气泡混合轻质土容重等级的依据,试配试验实测的湿容重应控制在容重允许偏差范围内,以保证气泡混合轻质土的轻质性。

(2)流动度是保证气泡混合轻质土浇筑质量的重要技术指标,为保证浇筑体质量,本标准规定流动度以出料口流动度为控制指标。出料口的流动度应根据泵送距离等确定,并按附录 B 进行相容性试验以保证满足流动度要求的前提下,拌合物具有良好的稳定性。

(3)气泡混合轻质土从材料特性来说具有非均质性,强度的测试值会产生波动和偏差,为保证浇筑体的强度满足设计要求,试配强度应在强度设计标准值的基础上,予以适当提高。

5.2 配合比计算

5.2.1 气泡混合轻质土配合比设计采用体积法进行计算,配合比用 1m^3 气泡混合轻质土材料用量表示。

5.2.3 一般情况下,水胶比按 $0.55\sim 0.65$ 选用。当采用低水胶比时,可掺入减水剂,水胶比可根据强度要求,通过试验确定。

5.2.4 气泡混合轻质土的胶凝材料可以单独采用水泥,也可采用水泥加掺合料。掺合料的掺量宜根据同时满足强度、容重要求确定。

5.2.5 配制较高容重等级的气泡混合轻质土,可通过掺入细集料调整容重。细集料的掺量按设计容重等级确定。

5.3 配合比试配

5.3.2 条文规定了配合比试配的常用拌制方法,当搅拌量太少或条件不允许时,可采用手工拌制进行试拌。

5.3.4 行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 中调整气泡混合轻质土强度时采用调整水泥用量的方式。但近 3 年对气泡混合轻质土配合比设计的数据表明,在气泡混合轻质土中,水胶比的影响小于泡沫掺量的影响,因此在试拌过程中采用改变泡沫掺量的方法更合理。

6 工程施工

6.1 施工准备

6.1.4 发泡剂属于关键原材料,应在施工现场对发泡剂性能进行检验,判断是否合格。

6.2 制作与浇筑

6.2.1 本条有如下说明:

(1)对设备的各项控制参数明确了需满足实时显示的条件,主要目的在于实时检测相关数据,保证气泡混合轻质土浇筑质量。

(6)气泡混合轻质土料浆湿容重差异率直接影响成型质量,故进行了规定,其差异率测试可采用下列方法:

采用设备生产湿容重为 $5+0.2\text{kN/m}^3$ 的气泡混合轻质土料浆,机组连续生产后,在管道出口处从 30s 开始,每隔 30s 取一次气泡混合轻质土料浆样品测其湿容重,一共 5 次,按照公式(7)和(8)计算气泡混合轻质土料浆湿容重差异率。

$$M0 = \frac{M1 + M2 + M3 + M4 + M5}{5} \quad (7)$$

$$C = \frac{1}{M0} \sqrt{\frac{(M1 - M0)^2 + (M2 - M0)^2 + (M3 - M0)^2 + (M4 - M0)^2 + (M5 - M0)^2}{5}} \times 100\% \quad (8)$$

式 1、式 2 中: $M0$ 气泡混合轻质土料浆平均湿容重,单位为 (kN/m^3) ;

$M1$ 30S 时的气泡混合轻质土料浆湿容重,单位

- 为(kN/m^3)；
- M2 60S 时的气泡混合轻质土料浆湿容重,单位为(kN/m^3)；
- M3 90S 时的气泡混合轻质土料浆湿容重,单位为(kN/m^3)；
- M4 120S 时的气泡混合轻质土料浆湿容重,单位为(kN/m^3)；
- M5 150S 时的气泡混合轻质土料浆湿容重,单位为(kN/m^3)；
- C 气泡混合轻质土料浆湿容重差异率,单位为(%)。

6.2.2 气泡混合轻质土由气泡和加压水泥浆混合而成,施工过程中需要对其参数进行调整,以保证轻质土的湿容重与流量满足设计要求。拌合制作成型过程中对搅拌时间进行控制是为了避免气泡混合轻质土因终凝前的结构破坏而降低了强度。

水泥浆在储料装置中的停滞时间超过 2h,会出现部分水泥浆料凝结现象,从而导致制作出的气泡混合轻质土出现分层、裂缝、表面起皮等现象,影响气泡混合轻质土的质量。

6.2.6 泵送作业是气泡混合轻质土填筑工程施工的关键工序,也是容易出现故障的工序。气泡混合轻质土输送宜采用直接泵送或配管泵送方式,不宜采用水泥罐车等工具输送。

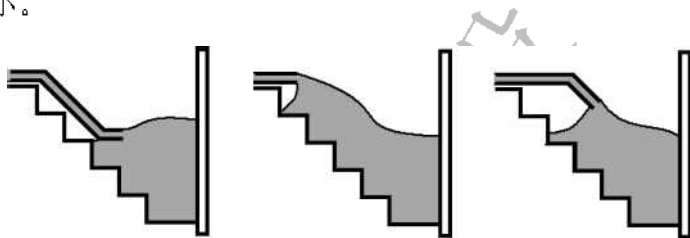
泵送前,应做好管接头的紧固和检查工作,确保接头牢固。泵送过程中,随时检查泵送管的压力和接头的牢固情况,发现压力出现异常时,及时检查并排除故障。

6.2.7 设备是确保工程施工质量的关键,泡沫混凝土或发泡水泥设备由于产品性能差、稳定性不高,不可替代气泡混合轻质土专用设备进行气泡混合轻质土填筑工程施工。

6.2.8 气泡混合轻质土配管泵送范围受配合比及落差影响。

6.2.10 浇筑时,泵送管出口应与浇筑面保持水平,以减少对新

拌气泡混合轻质土扰动。图 2 列出了施工中可能出现的三种填筑方式。其中,方式 A 为正确方式,方式 B 和方式 C 为不正确方式,施工时应避免。在固化前,气泡混合轻质土中的气泡处于独立、分散等不稳定状态,容易受挤压或扰动而消泡。采用分层分块方式填筑和泵送管的出料口与填筑面保持水平进行填筑,以减少对未固化的气泡混合轻质土扰动,使气泡消泡量降到最小。



方式 A (正确)方式 B (不正确)方式 C(不正确)

图 2 气泡混合轻质土填筑方式

6.2.11 为减少气泡消泡和确保填筑质量,填筑厚度一般按 0.5m~1.0m 进行控制。

6.2.13、6.2.14 在没有采取有效措施情况下,当施工现场环境日均气温连续 5d 低于 -5°C (或最低气温低于 -15°C),或环境温度超过 38°C 时,不宜进行气泡混合轻质土填筑施工。特殊情况需要施工时,应采取特殊措施并进行专项报批,确保工程质量和施工安全。

6.3 附属工程施工

6.3.1 本条对砌块类保护壁的浇筑高度和浇筑原则进行了规定,是为了避免在施工过程中保护壁失稳倒塌。

6.3.3 气泡混合轻质土顶部设置有其他构造物时,宜在构造物范围增设一层金属网。

6.4 养 护

6.4.2 填筑体表面覆盖塑料薄膜或土工布保湿养护是为了避免气泡混合轻质土在硬化过程中因水分流失而导致强度降低。

重庆工程建设

7 质量检验与验收

7.3 气泡混合轻质土填筑体

I 主控项目

7.3.1 地下水位以上,检查施工记录及表干容重、抗压强度试验报告;地下水位以下或受浸水作用影响时,检查施工记录及饱水容重、饱水抗压强度试验报告。

7.4 气泡混合轻质土填筑附属工程

7.4.4 当结合抗滑桩、轻型肋柱式锚杆挡墙处理时,质量验收应符合《重庆市城市道路工程施工质量验收规范》DBJ 50/T-078 挡护结构桩板式挡土墙、锚杆混凝土挡土墙等相应质量验收检验批的规定。