

团 体 标 准

T/CI 341—2024

钢渣-碎石沥青路面施工技术规范

Technical specification for construction of steel slag-crushed stone asphalt pavement

2024 - 04 - 29 发布

2024 - 04 - 29 实施

中国国际科技促进会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 1

5 钢渣-碎石沥青混合料配合比设计 3

6 生产与施工 6

7 现场质量控制与检查验收 8

附录 A（规范性） 钢渣-碎石混合料浸水膨胀性试验 9

附录 B（资料性） 沥青浸渍法 11

参考文献 12

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。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：长沙理工大学、萍乡公路勘察设计院有限责任公司、江西联达白源冶金有限公司、萍乡市公路事业发展中心、湖南民道工程检测有限公司、湖南中交民智工程科技有限责任公司。

本文件主要起草人：刘明金、李闯民、刘毅、曾松华、罗菊佗、赖敏、甘有为、刘智堃、吴昆、黎建林、李伟、黄高兴、李舒、邓覃浩、易帅兵、张洪显、唐钊、舒超、邹均芳、柯望、刘泉、刘舫标、何鼎辉。

钢渣-碎石沥青路面施工技术规范

1 范围

本文件确立了钢渣-碎石沥青路面的原材料技术要求、配合比设计、生产与施工、现场质量控制与检查验收等内容。

本文件适用于各等级公路和城市道路路面的新建、改扩建及养护维修工程。

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 6566 建筑材料放射性核素限量
HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法
JT/T 533 沥青路面用纤维
JTG 3430 公路土工试验规程
JTG 3432 公路工程集料试验规程
JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范
JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
YB/T 4188 钢渣中磁性金属铁含量测定方法
YB/T 4328 钢渣中游离氧化钙含量测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钢渣集料 steel slag

以碱性氧气转炉钢渣或电弧熔炉钢渣为原料，经稳定化处理、破碎、筛分而成的集料。

3.2

钢渣-碎石沥青混合料 steel slag-crushed stone asphalt mixture

以钢渣集料为主，掺入一定数量的轧制碎石等矿质集料，与矿粉、沥青或其他沥青混合料添加剂等拌和而成的沥青混合料。

3.3

钢渣-碎石混合料浸水膨胀率 immersion expansion ratio

以实际工程级配合成的钢渣-碎石混合料在规定试验条件下，浸水后的体积变化率。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 进场钢渣等材料要按料源、规格分开隔墙堆放，对相同规格不同料源的钢渣应分别进行矿料配合比设计，对于碎石、矿粉应搭棚或用帆布覆盖存放。

4.1.2 施工区钢渣材料应堆放整齐，并悬挂标明材料有关资料的标牌。施工现场符合文明施工的相关要求。

4.1.3 钢渣-碎石沥青路面施工应注重落实项目环境影响评价、水土保持和施工图设计文件的环保要求，

减轻施工阶段对环境的扰动影响。有效控制建设过程中环境污染物排放，满足环境质量标准要求。

4.1.4 钢渣-碎石沥青混凝土作为表面层应满足所在层位的功能性要求，便于施工，不容易离析。应与其他各层保持连续施工并连结成为一个整体。

4.2 钢渣

4.2.1 道路沥青路面用钢渣宜采用经热闷法处理，并陈化 6 个月以上的碱性氧气转炉钢渣或电弧熔炉钢渣。钢渣化学性质指标质量要求应符合表 1。

表1 钢渣化学性能指标质量要求

检测项目	单位	技术要求	试验方法
镉含量	%	≤ 0.005	HJ/T 299
锌含量	%	≤ 5.0	HJ/T 299
游离氧化钙含量	%	≤ 3.0	YB/T 4328
金属铁含量	%	≤ 2.0	YB/T 4188
放射性核素限量	内照射指数	≤ 1.0	GB 6566
	外照射指数		

4.2.2 钢渣粗集料、细集料质量检查项目见表 2 及表 3，钢渣等材料进场后应按批量分别进行检测验收，符合要求方可使用，不得以供货单位提供的检测报告或商检报告代替现场检测。对首次使用的钢渣，应检查生产单位的生产条件、加工机械、覆盖层的清理情况，供货单位应提交有效的试验报告。

表2 钢渣粗集料检查项目和物理力学性能指标质量要求

检查项目	单位	高速公路及一级公路		其他等级公路	试验方法
		表面层	其他面层		
表观相对密度	-	≥ 2.9	≥ 2.9	≥ 2.9	JTG 3432-T0304
压碎值	%	≤ 20	≤ 24	≤ 28	JTG 3432-T0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤ 22	≤ 28	≤ 28	JTG 3432-T0317
针片状颗粒含量	%	≤ 15	≤ 18	-	JTG 3432-T0312
粒径大于 9.5mm		≤ 12	≤ 15	-	
粒径小于 9.5mm		≤ 18	≤ 20	-	
磨光值	-	≥ 42	-	-	JTG 3432-T0321
与沥青粘附性	级	≥ 5	≥ 4	≥ 4	JTG E20-T0616
吸水率	%	≤ 3	≤ 3	≤ 3	JTG 3432-T0304
水洗法 $<0.075\text{mm}$ 颗粒含量	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	JTG 3432-T0310

表3 钢渣细集料检查项目物理力学性能指标质量要求

检查项目	单位	高速公路及一级公路	其他等级公路	实验方法
表观相对密度	-	≥ 2.9	≥ 2.45	JTG 3432-T0328
坚固性	%	≤ 12	-	JTG 3432-T0340
砂当量	%	≥ 60	≥ 50	JTG 3432-T0334
棱角性	s	≥ 30	-	JTG 3432-T0345
亚甲蓝值	g/Kg	≤ 10	-	JTG 3432-T0349

4.2.3 钢渣可由具有生产许可证的石料厂生产或施工承包商自行加工。

4.2.4 钢渣粗、细集料的规格应符合表 4 及表 5 的要求规定生产和使用。当单一规格的集料级配不满足表中要求，而按照配合比合成的矿料级配符合要求时，工程上允许使用。

表4 钢渣粗集料规格要求

名称	公称粒径 (mm)	通过下方筛孔质量百分率 (%)							
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S9	10~20	100	90~100	-	-	0~15	0~5	-	-
S10	10~15	-	-	100	90~100	0~15	0~5	-	-
S11	5~15	-	-	100	90~100	40~70	0~15	0~5	-
S12	5~10	-	-	-	100	90~100	0~15	0~5	-
S14	3~5	-	-	-	-	100	90~100	0~15	0~3

表5 钢渣细集料规格要求

名称	公称粒径 (mm)	通过下方筛孔质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	0~5	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~20	0~10
S16	0~3	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

4.2.5 钢渣加工质量控制要点:

- 成品集料钢渣不得堆放在泥土地上,存放成品集料钢渣的场地必须硬化;
- 不同规格的成品集料钢渣应采用隔墙措施分别存放;
- 钢渣粗集料须采用二级或三级破碎工艺,第二级及第三级破碎不得采用颚式破碎机加工生产。第一级采用颚式破碎的碎石粒径不得小于 10cm;
- 钢渣破碎厂应统一振动筛筛孔尺寸,建议的振动筛筛孔尺寸如表 6。

表6 标准筛与振动筛筛孔尺寸对应表

筛孔类型	公称粒径	公称粒径	公称粒径	公称粒径	公称粒径	公称粒径
标准筛筛孔 (mm)	2.36	4.75	9.5	13.2	16	19
振动筛筛孔 (mm)	3~4	6	11	15	18	22

4.3 碎石集料

掺入钢渣-碎石沥青混合料的碎石粗集料、细集料,其技术指标应符合JTG F40-2004的规定。

4.4 矿粉

钢渣-沥青混合料中的填料通常使用石灰岩等碱性石料经磨细得到的矿粉,偶尔也会使用水泥、石灰、粉煤灰等填充料。按照JTG 3432技术指标检测方法对矿粉进行检测,技术要求应符合JTG F40-2004的规定。

4.5 钢渣-碎石混合料

沥青混合料使用中的每档钢渣集料和碎石集料,技术要求应符合表1、表2、表3和JTG F40-2004的规定。钢渣-碎石合成的混合料,参照钢渣稳定性试验方法 GB/T 24175技术要求应符合表7的规定。

表7 钢渣-碎石混合料检查项目和物理力学性能指标质量要求

检查项目	单位	高速公路及一级公路		其他等级公路	试验方法
		表面层	其他面层		
钢渣-碎石混合料浸水膨胀性试验	%	≤1.8	≤2	≤2	附录 A

4.6 纤维稳定剂

在钢渣-沥青混合料中加入纤维稳定剂能起到加筋抗裂的作用,宜选用木质素纤维、矿物纤维等,纤维稳定剂的技术指标应符合JT/T 533的规定。

4.7 沥青

钢渣-碎石沥青混合料可采用SBS改性沥青,也可采用道路石油沥青,其技术要求应符合JTG F40-2004的规定。

5 钢渣-碎石沥青混合料配合比设计

5.1 设计内容

5.1.1 目标配合比设计阶段

5.1.1.1 根据 JTG F40-2004 中附录 A 的规定,按照气候特征,并结合道路使用要求、交通量等因素,确定沥青混合料合理的级配范围。

5.1.1.2 根据所用钢渣的天然级配特点和技术性能特性,确定替代沥青混合料中碎石的规格及粒径范围。

5.1.1.3 在确定钢渣替代碎石的规格和粒径范围后,对于每档集料中钢渣的替代量,可以制备 0%、20%、40%、60%、80%和 100% 种替代量下的钢渣-碎石沥青混合料,并根据混合料的路用性能确定钢渣集料的最佳替代量和碎石的用量。

5.1.1.4 由于钢渣与普通集料密度相差较大,需对钢渣进行等体积换算,调整各档集料之间的质量组成比例,优选矿料级配、确定最佳沥青用量,符合配合比设计阶段技术要求和配合比设计检验要求,以此作为目标配合比,供拌合机确定各冷料仓的供料比例、进料速度及试拌使用,具体换算方法如下:

- 根据各档料的筛分结果,确定出最优级配曲线各档集料之间的质量比,如果钢渣和碎石之间的毛体积密度一样,此时的质量比即为体积比;
- 考虑钢渣集料和碎石集料的毛体积密度差异,以体积比为基础进行质量换算,保证两类集料的体积百分比不变,将式(1)代入到式(2)中,可求得钢渣集料、碎石集料的实际质量比。具体换算方法见表 8。

$$\rho_a = \sum_{i=1}^n (M_{vi} \rho_i) / 100 \quad (1)$$

$$\rho_{vi} = \frac{M_{vi} \rho_i}{\rho_a} \quad (2)$$

式中:

ρ_a ——集料的平均毛体积相对密度;

ρ_i ——各档集料的毛体积相对密度;

M_{vi} ——各档集料的体积比(%);

ρ_{vi} ——各档集料的质量百分比(%);

i ——集料种类;

n ——集料数量。

表8 集料质量-体积换算方法

矿料类型	体积百分比 (%)	毛体积相对密度	质量分量 (%)	质量百分比 (%)
1	M_{v1}	ρ_1	$M_{v1} * \rho_1$	$M_{v1} * \rho_1 / \Sigma * 100$
2	M_{v2}	ρ_2	$M_{v2} * \rho_2$	$M_{v2} * \rho_2 / \Sigma * 100$
3	M_{v3}	ρ_3	$M_{v3} * \rho_3$	$M_{v3} * \rho_3 / \Sigma * 100$
...				
n	M_{vi}	ρ_i	$M_{vi} * \rho_i$	$M_{vi} * \rho_i / \Sigma * 100$
合计	100	—	—	100

5.1.2 生产配合比设计阶段

由拌和楼热料仓中取样筛分,以确定各热料仓中材料比例,同时反复调整冷料仓比例,以达到供料均衡。并取±3%目标配合比的最佳沥青用量进行马歇尔试验,确定各热料仓材料、矿粉比例及最佳沥青用量,供试拌、试铺使用。

5.1.3 生产配合比验证阶段

即通过试拌、试铺最终确认生产用的标准配合比,用以作为生产控制和质量检测的依据。对确定的标准生产配合比,宜再次进行车辙试验和水稳定性和膨胀性检验。依据标准配合比及施工质量管理要求,施工允许波动范围要满足相关要求,以此检查钢渣-碎石沥青混凝土的生产质量。

5.1.4 确定最佳油石比及体积参数评价

由马歇尔试验确定级配,初取油石比。以此油石比为油石比中值,前后设计多个油石比变化量为0.5%梯度的油石比。制作马歇尔试件,进行马歇尔试验,得到不同油石比试件的毛体积密度、空隙率、矿料间隙率、饱和度、稳定性和流值。根据毛体积密度、稳定性参数曲线的峰值,空隙率和饱和度的中值确定OAC₁,各项参数的共同范围(不包括VMA)确定OAC₂,最后取OAC₁和OAC₂的中值作为最佳油石比。

5.1.5 确定混合料的最大理论相对密度

采用沥青浸渍法测试钢渣-碎石集料有效密度,然后计算出钢渣-碎石沥青混合料的最大理论相对密度,具体方法可参照附录B。

5.1.6 其他设计方法的应用

本文件采用马歇尔试验配合比设计方法。如采用其他方法设计时,应按本文件规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验,对比不同设计方法的试验结果。马歇尔技术指标不符合要求时,应分析原因并及时调整配合比,使钢渣-碎石沥青混合料的质量符合要求并保持相对稳定,必要时重新进行配合比设计。

5.2 钢渣-碎石沥青混合料配合比设计技术要求

5.2.1 采用马歇尔试验配合比设计方法,钢渣-碎石沥青混合料技术要求应符合表9规定,SMA混合料技术要求应符合表10,并具有良好的施工性能。

表9 密级配AC类钢渣-碎石沥青混合料技术要求

指 标		单位	重交通及以上交通			中等交通		试验方法	
			夏炎热区(1-1、1-2、1-3、1-4区)	夏热区及夏凉区(2-1、2-2、2-3、2-4、3-2区)	夏炎热区(1-1、1-2、1-3、1-4区)	夏热区及夏凉区(2-1、2-2、2-3、2-4、3-2区)			
击实次数(双面)		次	75					JTG E20-T0702	
试件尺寸		mm	Φ 101.6×63.5						
空隙率VV	深约90mm以内	%	4~6	3~5	3~5	2~4		JTG E20-T0705	
	深约90mm以下	%	3~6						
稳定度MS, 不小于		kN	10					JTG E20-T0709	
流值 FL		mm	2~4						
矿料间隙率VMA(%) 不小于	设计空隙率(%)	相应于以下公称最大粒径(mm)的最小VMA及VFA技术要求(%)							
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75		
	3	11	12	12.5	13	14	16		
	4	12	13	13.5	14	15	17		
	5	13	14	14.5	15	16	18		
沥青饱和度VFA(%)		55~70	65~75			70~85		JTG E20-T0705	
车辙试验	动稳定度 (次/mm)	普通	≥1200			≥1000		JTG E20-T0717	
		改性	≥3200			≥2800			
水稳定性试验	浸水马歇尔试验残留稳定度(%)	普通	≥80			≥75		JTG E20-T0709	
		改性	≥85			≥80			
	冻融劈裂试验的残留强度比(%)	普通	≥75			≥70		JTG E20-T0729	
		改性	≥80			≥75			
低温弯曲试验	破坏应变(μ ε)	普通	≥2000			≥2500	≥2000	JTG E20-T0715	
		改性	≥2500			≥2800	≥2500		
渗水试验	渗水系数		≤120					JTG E20-T0730	
沥青混凝土膨胀性试验	沥青混凝土膨胀率		≤1.5					JTG E42-T0348	

表10 SMA 混合料马歇尔试验配合比设计技术要求

试验项目			单位	技术要求		试验方法
				普通沥青	改性沥青	
马歇尔试验	击实次数		次	50		JTG E20-T0702
	试件尺寸		mm	Φ 101.6×63.5		
	空隙率	设计	%	4		JTG E20-T0705
		范围	%	3~4		
	稳定度MS		kN	≥5.5	≥6	JTG E20-T0709
	流值		mm	2~5	-	
	矿料间隙率		%	≥17		
	沥青饱和度		%	75~85		JTG E20-T0705
粗集料骨架间隙率VCA _{MIX}				≤VCA _{DRC}		
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失			%	≤0.2	≤0.1	JTG E20-T0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失			%	≤20	≤15	JTG E20-T0733
车辙试验	动稳定度		次/mm	≥1800	≥3500	JTG E20-T0717
水稳定试验	浸水马歇尔残留稳定度		%	≥75	≥80	JTG E20-T0709
	冻融劈裂强度比		%	≥75	≥80	JTG E20-T0729
渗水试验	渗水系数		mL/min	≤80		JTG E20-T0730
沥青混凝土膨胀性试验	沥青混凝土膨胀率		%	≤1.5		JTG E42-T0348

5.2.2 配合比设计时应按 JTG E42-T0348 中 T0348 进行沥青混凝土膨胀性试验,其膨胀率应符合表 9 和表 10 沥青混凝土膨胀率技术要求。不符合要求的钢渣-碎石沥青混凝土混合料,应更换材料。

5.2.3 需在配合比设计的基础上进行各种使用性能检验,不符合要求的钢渣-碎石沥青混合料,应更换材料或重新进行配合比设计。

- 应在规定的试验条件下进行车辙试验,并符合表 9 和表 10 的要求;
- 应在规定的试验条件下进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验检验钢渣-碎石沥青混合料的水稳定性并同时符合表 9 和表 10 的要求,达不到要求时应采取抗剥落措施,调整最佳沥青用量后再次试验。

6 生产与施工

6.1 一般规定

6.1.1 根据沥青种类、用量、设计厚度、环境温度等相关因素来确定沥青路面的施工温度,当下卧层的表面温度小于 10℃时,不允许进行摊铺。钢渣-碎石集料加热温度应比沥青加热温度高 15℃~30℃,钢渣的散热速率较快,当运输距离较远时,石料与钢渣的混合集料加热温度应取上限。钢渣-碎石沥青混合料温度超过 195℃应作废弃处理。

6.1.2 在钢渣-碎石沥青混合料生产之前,需要对钢渣和碎石原料的性能进行检测,包括钢渣-碎石混合料的膨胀率、钢渣 f-CaO 含量等特殊指标及集料常规性能的检测。拌合混合料时各档集料的比例要严格控制,避免溢料、缺料现象的发生。钢渣-碎石加热时间应足够长以保证水分的蒸发,且钢渣陈化时间不得低于 6 个月。

6.1.3 钢渣-碎石沥青混合料用大吨位的运输车,车厢内应擦涂适量的油水混合液。混合料在出厂时需要逐车检查温度,若不满足要求需要废弃。混合料应均匀、不能出现花白料。

6.1.4 摊铺前,工作面应保持清洁,摊铺机要进行预热,调试到最佳状态。

6.2 试验段铺筑

6.2.1 每种混合料正式施工前应铺筑不少于 200m 试验段。用以确定以下内容:确定施工机械合理组合及数量;确定冷料仓转速与材料流量的关系;确定拌和机上料速度、拌和数量与时间、拌和温度及相关操作工艺;确定摊铺机摊铺速度、自动找平方式及操作工艺;确定压路机的压实顺序、碾压温度、碾压速度及遍数等压实工艺;确定松铺系数、压实度与芯样密度的相关关系、接缝方法及三个压实阶段压路机合理组合。

6.2.2 检查生产配合比应用的矿料配合比例和沥青用量,并确定标准配合比。全面检查试铺段的工程

质量,并确认是否达到相关技术要求。施工单位在试验段施工完成后应提出相关总结报告,经监理工程师确认并取得主管部门批复后方可转入正式施工。

6.3 混合料拌制

6.3.1 原材料及混合料温度要求见表 11 和表 12。

表11 钢渣-碎石沥青混合料施工温度

工序		单位	沥青标号		
			50号	70号	90号
沥青加热温度		℃	160~170	155~165	150~160
矿料加热温度	间隙式拌和机		钢渣-碎石集料加热温度比沥青高10~30		
	连续式拌和机		矿料加热温度比沥青高5~10		
沥青混合料出料温度			150~170	145~165	140~160
沥青混合料贮存温度			贮存过程温度降低不超过10		
混合料废弃温度			>195	>195	>190
运输到现场温度			≥150	≥145	≥140
摊铺温度	正常施工		≥140	≥135	≥130
	低温施工		≥160	≥150	≥140
碾压开始温度	正常施工		≥135	≥130	≥125
	低温施工		≥150	≥145	≥135
碾压结束温度	钢轮压路机		≥80	≥70	≥65
	轮胎压路机		≥85	≥80	≥75
	振动压路机		≥75	≥70	≥60
开放交通路表温度			≤50		

表12 聚合物改性钢渣-碎石沥青混合料施工温度

工序	单位	聚合物改性沥青品种		
		SBS	SBR	EVA、PE
沥青加热温度	℃	160~165		
改性沥青现场制作温度		165~170	-	165~170
成品改性沥青加热温度		≤175	-	≤175
钢渣-碎石集料加热温度		190~200	185~200	185~195
聚合物改性钢渣-碎石沥青混合料出厂温度		170~185	160~180	165~180
混合料最高温度		195		
混合料贮存温度		拌和出料后降低不超过10		
摊铺温度		≥155		
初压温度		≥150		
碾压结束温度		≥90		
开放交通路表温度		≤50		

6.3.2 进行生产配合比时,需严格控制冷料仓的出料比例,以保证钢渣掺量和生产配合比与目标配合比相一致。

6.3.3 拌和时间由试拌确定,应使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料,并保证沥青混合料拌和均匀。钢渣-碎石沥青混合料拌和过程中,干拌时间不少于 10s,湿拌时间不少于 35s,总拌和时间不少于 45s。改性沥青和 SMA 宜将集料拌合时间延长 5s~10s。

6.4 混合料的运输

6.4.1 采用水银温度计或数字显示插入式热电偶温度计检测混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150 mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔,孔口距车箱底面大于 300 mm。

6.4.2 运料车接料时,应移动车辆按前、后、中三次装料,以减少离析现象。

6.4.3 在运输过程中,运料车宜采用“双层篷布+棉被”的覆盖方式,并将篷布覆盖至运料车侧翼板,卸料过程中应保持继续覆盖,直到卸料结束,方可取走篷布。

6.5 混合料摊铺与碾压

6.5.1 摊铺机的摊铺速度应根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度，按中、下面层 2 m/min~3 m/min、上面层 2 m/min~4 m/min 予以调整选择，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺。

6.5.2 初压宜使用双钢轮振动压路机进行施工，宜碾压 3 遍以上，碾压时要遵循紧跟、慢压、高频、低幅的原则。

6.6 其它要求

钢渣-碎石沥青路面其它施工工艺应符合JTG F40-2004的规定。

7 现场质量控制与检查验收

钢渣-碎石沥青路面施工过程中的质量管理与检查验收应符合JTG F40-2004的规定，交工验收阶段的工程质量检查与验收应符合JTG F80/1-2017的规定。

附 录 A (规范性) 钢渣-碎石混合料浸水膨胀性试验

A.1 目的与适用范围

本方法适用于测定钢渣-碎石混合料浸水膨胀量以评价其体积安定性。

A.2 仪器与材料

- A.2.1 天平：量程20kg，感量不大于10g；量程2kg，感量不大于0.1g。
- A.2.2 加热装置：煤气炉、电炉等。
- A.2.3 漏斗：直径50mm 的玻璃漏斗。
- A.2.4 烘箱：恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- A.2.5 试验筛：根据需要选用。
- A.2.6 标准击实仪：满足JTG 3430中T 0131的重型II-2要求，其中试筒、垫块应满足JTG 3430的 T 0134相应要求，试筒内径为152mm。
- A.2.7 百分表、多孔板、多孔底座、膨胀率测定装置、荷载板、直尺、滤纸：满足JTG 3430中T 0134相应要求，其中多孔板宜为黄铜制，带调节杆；荷载板应为不锈钢材质。
- A.2.8 恒温水浴：能同时放置150mm试件3个，持续恒温 $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。
- A.2.9 水：蒸馏水、纯净水。
- A.2.10 其他：铲子、刷子、毛巾、计时器等。

A.3 试验准备

A.3.1 试样准备

将样品缩分至适量试样。现场取回的样品应尽快进行试验。

A.3.2 确定最佳含水率

- A.3.2.1 采用实际钢渣-碎石混合料工程级配，按照 JTG 3430 中 T 0131 进行重型击实试验，分 3 层装料，每层击实 98 次。
- A.3.2.2 根据重型击实试验确定最佳含水率。

A.4 试验步骤

- A.4.1 按A.3.2.1确定的级配，以A.3.2.2确定的最佳含水率 $\pm 1\%$ 的含水率，按照JTG 3430中T 0134采用重型击实成型3个试件。其中浸润时间为24h，分3层装料，每层击实98次。

注：试筒各表面须涂一层机油等防腐剂。每层加料后，先用大螺丝刀沿试筒边缘捣15次，然后再击实。

- A.4.2 击实完成后取下套环，用直刮刀沿试筒顶修平击实的试件，表面不平整处用细料修补；在试件表面放一层滤纸，安装、固定多孔底座。将试筒连同多孔底板倒转，取走垫块；更换滤纸，装上带调节杆的多孔板；在多孔板上放上4块荷载板。

注：荷载板外表面须涂一层机油等材料，以减少其与试筒侧壁的摩擦。

- A.4.3 将试模放进恒温水浴中，在试筒顶部安装膨胀测量装置和百分表。百分表应准确对准中央触点并保持竖直状态。缓慢加常温水至高出试件顶面25mm以上。静置 $30\text{min} \pm 1\text{min}$ 后，读取百分表的初读数 d_0 ，并开始计时。

- A.4.4 将恒温水浴加热至 $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，在此温度下恒温 6h，然后停止恒温并自然冷却。

- A.4.5 从计时开始，每24h读取一次百分表读数 d_i ；然后重复A.4.4步骤，持续进行10次。

注：应每 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 读一次数；如果每次读数时水位下降过多，应在读取数据后缓慢补充适量常温水，再进行加热、

恒温6h。

A. 4. 6 第10个24h后，读取百分表终读数 d_{10} 。结束试验。

注：3个平行试件宜在一个水浴中同时进行试验。每次试验结束后，应采用稀释盐酸清洗多孔底座、多孔板、荷载板等试验用工具。

A. 5 结果整理

A. 5. 1 钢渣-碎石混合料试样膨胀率按式(A. 1)计算，准确至0. 01。

$$V_s = \frac{d_{10} - d_0}{120} \times 100 \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

V_s ——钢渣-碎石混合料试样膨胀率，%；

d_0 ——百分表的初读数，0. 01mm；

d_{10} ——第10个24h后的百分表终读数；

120——试件的高度，120mm。

A. 5. 2 取三份试样膨胀率的算术平均值作为试验结果，准确至0. 1%。

注：本方法参照钢渣稳定性试验方法GB/T 24175编写。

附录 B (资料性) 沥青浸渍法

B.1 试验设备

钢勺、不锈钢容器、水中重法试验仪器、烘箱。

B.2 试验步骤

B.2.1 称取钢勺加容器的质量 m_1 以及钢勺加容器在水中质量 m_2 。

B.2.2 用钢勺将500~1000g钢渣-碎石沥青混合料装入的容器中,准确称取装有钢勺以及沥青混合料的容器总质量 m_3 。

B.2.3 将装有钢勺及钢渣-碎石沥青混合料的容器放入165℃(非改性沥青140℃)的烘箱中2h去除水分,然后将相同沥青倒入容器中,沥青需没过集料,并充分搅拌排除气泡。

B.2.4 重新将装有钢勺及钢渣-碎石沥青混合料的容器放入165℃(非改性沥青140℃)的烘箱中,2h后取出,每15min进行搅拌,1h后观察表面是否有气泡。若无气泡,则取出冷却至室温。

B.2.5 称取装有钢勺、沥青及钢渣-碎石沥青混合料的容器总质量 m_4 及水中质量 m_5 。

B.2.6 计算钢渣-碎石沥青混合料最大理论相对密度 γ_t 。

$$\gamma_t = \frac{m_3 - m_1}{m_4 - m_5 - (m_1 - m_2) - (m_4 - m_3)/\gamma_a} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

γ_t ——沥青相对密度;

m_1 ——钢勺加容器的质量;

m_2 ——钢勺加容器在水中质量;

m_3 ——钢勺以及钢渣-碎石沥青混合料的容器总质量;

m_4 ——钢勺、沥青及钢渣-碎石沥青混合料的容器总质量;

m_5 ——钢勺、沥青及钢渣-碎石沥青混合料的容器水中质量。

注: 本方法参照公路工程沥青及沥青混合料试验规程JTG E20中T0711方法编写。

参 考 文 献

- [1] GB/T 24175 钢渣稳定性试验方法
-