

# Research on the Performance of the Concrete with the Mechanism Sand Used in the Prestressed Structure of Railway Engineering

Yue Zhang

Beijing Construction Engineering Construction Co., Ltd., Concrete Branch, Beijing, 100166, China

## Abstract

The exploitation of natural river sand is restricted by the policy, and the mechanism sand becomes the main substitute, which gives play to the green value in the engineering construction. Prestressed structure of railway engineering construction sand concrete used in the mechanism, to make it same as the river sand concrete working status, you need to by adjusting the dosage of water reducing agent and adding a certain amount of air-entraining agent, the mechanism of sand concrete enhanced their performance parameters, including the flexural strength, compressive strength and modulus of elasticity, the law of creep and shrinkage and river sand concrete are basically the same. The paper focuses on the performance of the concrete with the mechanism sand used in the prestressed structure of railway engineering.

## Keywords

railway engineering; prestressed structure; mechanism sand; concrete; performance

# 铁路工程预应力结构用机制砂混凝土性能研究

张越

北京建工一建工程建设有限公司混凝土分公司, 中国·北京 100166

## 摘要

天然河砂开采受到政策的制约, 机制砂成为主要的替代品, 在工程施工中发挥绿色环保价值。铁路工程预应力结构施工中使用机制砂混凝土, 要使其工作状态与河砂混凝土相同, 就需要通过调整减水剂用量及添加一定量的引气剂, 使机制砂混凝土的各项性能参数都有所增强, 包括抗折强度、抗压强度以及弹性模量等, 其收缩徐变的规律与河砂混凝土基本相同。论文着重研究铁路工程预应力结构用机制砂混凝土性能。

## 关键词

铁路工程; 预应力结构; 机制砂; 混凝土; 性能

## 1 引言

在铁路工程中应用石灰岩质机制砂配制高强预应力结构混凝土, 通过调整减水剂掺量及掺加引气剂保障混凝土工作性能、力学性能及耐久性能, 其各项指标符合铁路工程预应力结构设计要求, 而且提升了混凝土生产的经济与环境效益。铁路预应力结构中应用机制砂, 主要是由于轨枕、梁体等结构要求使用, 通过对机制砂混凝土配合比优化试验, 将适合铁路结构中 C60 强度等级轨枕及 C50 强度等级梁体混凝土的配合比确定下来, 轨枕及梁体质量有所保证, 且有良好的外观, 各项指标符合施工标准。本文对机制砂混凝土的性能进行研究, 为铁路工程预应力结构中应用该种材料起到一定的指导作用。

## 2 试验

### 2.1 选用的原材料

水泥: 选用北京金隅琉水环保科技有限公司生产的 P.O42.5 水泥, 其各项指标如表 1 所示。

表 1 水泥性能指标

比表面积 / (m <sup>2</sup> / kg)	标准稠度用水量 / %	初凝时间 / min	终凝时间 / min	抗折强度 / MPa		抗压强度 / MPa		密度 (g / cm <sup>3</sup> )
				3d	28d	3d	28d	
365	27.8	185	241	5.9	8.8	29.5	50.1	3.06

粉煤灰: 选用大唐同舟科有限公司唐山分公司生产的 F 类 II 级粉煤灰, 其细度为 18.5%, 需水量比 99%, 烧失量 4.8%, 含水率 0.1%。

矿渣粉：三和天龙新型建材有限公司生产的 S95 级矿渣粉，其比表面积为 429 m<sup>2</sup>/kg，流动度比为 102%，烧失量 3.7%，7 天活性指数 78%，28 天活性指数 99%。

细骨料：天然砂采用张家口福泰矿业有限公司生产的二区中砂，机制砂采用北京威克冶金有限公司生产的石灰岩质二区中砂，两种砂子的各项性能指标如表 2 所示。

表 2 细骨料性能指标

细骨料所属类型	表观密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	含泥量 / (%)	泥块含量 / (%)	MB 值	细度模数	坚固性 / %	压碎指标 / %	空隙率 / %
石灰岩机制砂	2.70	6.8	0.2	0.85	2.9	5	4	43
天然河砂	2.65	2.6	0.2	—	2.6	6	—	42

粗骨料：粗骨料采用天然砂采用张家口福泰矿业有限公司生产的 5-25mm 连续级配碎石，其含泥量为 0.4%，泥块含量 0.1%，压碎指标 8%，针片状含量 10%。

减水剂：北京市成城交大建材有限公司生产的 CC-AI 标准型聚羧酸高性能减水剂，其密度为 1.045 g/ml，PH 值 4.2，含固量 15.1%，减水率 28%，含气量 2.8%。

引气剂：唐山宏实科技有限公司生产的 HS-9 引气剂，其密度为 1.021 g/ml，PH 值 4.4，含固量 12.8%，减水率 4%，含气量 5.1%，含气量 1h 损失为 0.3%。

## 2.2 配合比

对混凝土中掺加的减水剂和引气剂用量进行调整，满足预应力梁结构的混凝土坍落度控制在 180mm 至 200mm 之间，含气量控制在 2.5% 至 3.5% 之间，在轨道板上所使用的混凝土，其坍落度控制在 160mm 至 180mm 之间，含气量控制在 3.0% 至 4.0% 之间。优化后的混凝土的配合比如表 3 所示。

表 3 混凝土的配合比

编号	水胶比	砂率 / %	配合比 (kg/m <sup>3</sup> )								
			水泥	粉煤灰	矿渣粉	天然河砂	石灰岩机制砂	粗骨料	水	减水剂	引气剂
梁体用混凝土 HSC	0.32	40.0	370	39	59	711		1067	149	5.6	0.100
梁体用混凝土 JZC	0.32	40	370	39	59		711	1067	149	7.0	0.110
轨道板用混凝土 HSB	0.29	39.0	415	33	47	703		1101	144	5.9	0.114
轨道板用混凝土 JZB	0.29	39.0	415	33	47		703	1101	144	7.4	0.145

## 2.3 试验方法

按照设定的配合比将各种配料添加到搅拌机中，先投入细骨料以及碎石其次投入粉剂：水泥、矿渣粉、粉煤灰，经过 15s 的搅拌之后，将一定比例的水以及外加剂添加于其中，继续搅拌，持续 3min 的时间，就可以将混凝土拌和物制出来。

对预应力结构的梁体养护采用混凝土，从试件养护到规定龄期都测试其性能。轨道板使用的混凝土养护主要采用蒸汽养护方法。当完成养护之后，就将试件送入到标准养护室进行养护，龄期符合规定之后就测试性能<sup>[1]</sup>。

## 3 实验结果以及讨论

### 3.1 工作性能

机制砂混凝土的工作性能要与河砂混凝土等同，就需要添加更多的减水剂和引气剂加入其中。由于机制砂含有石粉量较多，梁体和轨道板需要使用的混凝土单方浆体量比加大，为了对工作性能进行调整，就需要将更多的减水剂和引气剂加入到机制砂混凝土当中。河砂的表面光洁平整，这是水流冲刷多年的结果。机制砂是由于岩石破碎之后经过筛分而得，砂中细小颗粒表面粗糙，形貌上更加有棱角，加之其含有石粉量可视为增加配合比中粉料用量，所以在使用机制砂混凝土的时候，需要加入的减水剂和引气剂量比较大<sup>[2]</sup>。

### 3.2 力学性能

#### 3.2.1 抗压强度

满足混凝土的抗压强度设计值，无论是使用机制砂，还是使用河砂，28 天标养试块抗压强度都可以满足设计要求，使梁体所应用的混凝土强度满足 C50 的设计要求，轨道板用混凝土满足 C60 设计强度等级要求。龄期在一个月以内，混凝土抗压强度会快速增长，之后逐渐平缓，使用机制砂混凝土，3 天龄期与 7 天龄期抗压强度要比河砂混凝土高 5%，28 天龄期强度两者基本相同。

#### 3.2.2 抗折强度

使用机制砂混凝土，在前期阶段抗折强度要比河砂混凝土高，当进入到后期阶段，则两者相当。混凝土的抗折强度会随着龄期的增长而有所增大，其所呈现出来的变化规律等同于混凝土抗压强度的变化规律。机制砂混凝土抗压强度和抗折强度之间所存在的差值关系是不超过 70 兆帕。

### 3.3 耐久性能

#### 3.3.1 混凝土的抗氯离子渗透性

氯离子扩散系数以及电通量,两者都小于河砂混凝土,也就是说,机制砂混凝土具有更好的抗氯离子渗透性,密实性也很好。机制砂中使用石粉,用于混凝土中可以使胶凝材料颗粒的级配有所改善,对浆体空隙可以起到充填的作用,使混凝土有较高的密实度。

梁体使用机制砂混凝土,经过两个月的时间之后,氯离子的扩散系数小于  $5 \times 10^{-2} \text{m}^2/\text{s}$ , 适用于氯盐环境。机制砂混凝土经过两个月的时间之后,电通量不足 1000 库伦。轨道板使用机制砂混凝土,经过两个月之后,电通量不足 1000 库伦,氯离子扩散系数不足  $5 \times 10^{-2} \text{平 m}^2/\text{s}^{[9]}$ 。

#### 3.3.2 抗冻性

通过对图 1 进行分析可以明确,冻融循环 300 次之后,梁体使用机制砂混凝土的相对动弹模量是 97.8%,河砂混凝土的相对动弹模量是 98.6%,都满足要求。梁体混凝土的冻融循环为 200 次,防水保护层混凝土的冻融循环为 300 次,相对动弹模都没有低于 80%,符合技术要求,这也就意味着两者都有很好的抗冻性。

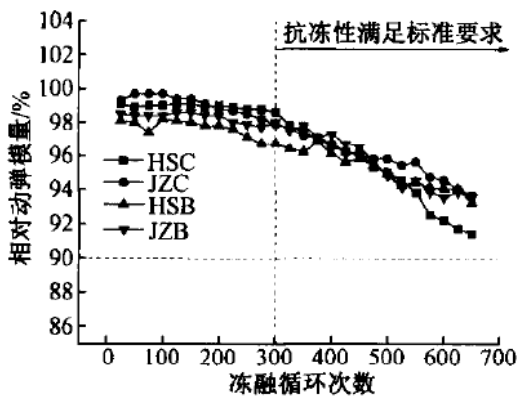


图 1 混凝土的抗冻性

混凝土的含气量和强度决定了其抗冻性,随着含气量的提高,混凝土的强度就越大,抗冻性能也更好。机制砂混凝土与河砂混凝土的含气量和强度等同,抗冻性基本保持一致。

#### 3.3.3 收缩性能和徐变性能

##### (1) 收缩性能

当混凝土处于塑性阶段的时候,会产生收缩变化,可以明确,梁体使用的混凝土在 15 个小时以内的时候,收缩状况非常显著,轨道板使用的混凝土在 10 个小时以内,收缩状况

也非常显著。从收缩变化情况来看,机制砂混凝土等同于河砂混凝土,最终机制砂混凝土的收缩性要超过河砂混凝土。

从坍落度情况来看,机制砂混凝土要超过河砂混凝土,这是由于与其中有较大的自由水含量,混凝土表面的水分快速蒸发,使机制砂混凝土的收缩幅度要超过河砂混凝土。因此,做好保养工作非常重要,采用覆膜的方式进行保养,可以避免由于塑性收缩导致开裂的问题。

##### (2) 干燥收缩性能

梁体使用机制砂混凝土,不同的各龄期,干燥收缩都会超过河砂混凝土。在两个月龄期的时候,采用机制砂混凝土的干燥收缩值是 0.00034,河砂混凝土的干燥收缩值是 0.000314,按照预应力结构用混凝土收缩要低于 0.00044 的技术要求,都已经满足。轨道板使用机制砂混凝土按不同的龄期,干燥收缩值都要比河砂混凝土小,在两个月的时候,机制砂混凝土的干燥收缩值是 0.000291,河砂混凝土的干燥收缩值是 0.000344,满足 0.00044 的技术要求。影响混凝土干燥收缩的主要因素包括水灰比、胶凝材料以及骨料的含量等,混凝土的种类以及养护的条件也会产生一定的影响。

通过这个试验操作可以明确,这些影响因素都能有效控制,所以两种混凝土的干燥收缩程度是一致的。轨道板使用机制砂混凝土的干燥收缩程度要低于河砂混凝土,其主要原因是由于配合比中骨料所含有的体积比较大,机制砂本身有棱角,对于混凝土的收缩程度有很强的抑制性。

##### (3) 徐变性能

不同测试龄期的混凝土,徐变系数会存在一定的变化规律,但这个规律与河砂混凝土基本保持一致,强度等级都比较高,最后徐变系数都比较小。处于应力作用下,骨架弹性会受到水泥浆体的滑动变形的影响或者剪切变形的影响,随着吸附水的转移以及层间水的转移,水泥浆体会引起变形,这种变形存在滞后性,内部结构产生细微的裂缝会重新连接,然后再破坏,就会出现混凝土徐变的问题。混凝土徐变主要是由于内部因素引起的,包括水泥、矿物掺合料以及骨料等都是重要的影响因素,同时还会受到加载应力、温湿度等的影响。处于同等条件下,机制砂颗粒有很强的棱角性,对浆体变形会产生很强的约束力,使混凝土的徐变程度有所降低。

## 4 结语

铁路工程跨越区域广,河砂资源分布不均以及河砂限采

政策实施,致使中国铁路工程面临河砂资源严重短缺的局面,以中国云、贵、川地区为主的山区铁路尤为显著。机制砂是一种由岩石矿物经过除土、破碎、筛分、整形等工艺制成的建筑材料,其出现对解决天然河砂资源短缺,供量不足以及价格上涨等问题起至关重要的作用。受传统制砂工艺水平限制,铁路预应力结构标准制约以及机制砂岩石矿物组成复杂的影响,机制砂在铁路工程预应力混凝土结构中的应用技术尚不完善。通过上面的研究可以明确,在机制砂中含有的颗粒特点是表面粗糙,有很强的棱角性,加之其筛分析中处于0.15mm以下粉状颗粒较多,通过调整外加剂的掺量和添加引气剂,可以使混凝土的材料性能符合施工要求。梁体和轨道板使用机制砂混凝土与河砂混凝土相比较,早期抗压强度和抗折强度都要大一些,当进入到后期阶段,两者基本相当,机制砂混凝土弹性模量要超过河砂混凝土,无论是张拉强度,还是脱模强度都满足技术要求。由于机制砂中含有大量石粉,

石粉发挥填充效应可以增加混凝土的密实度,与河砂混凝土相比较,机制砂混凝土中,氯离子有很小的扩散系数,而且电通量也非常小。从含气量和强度情况来看,机制砂混凝土与河砂混凝土一致,抗冻性不存在很大的差异。从收缩徐变的规律来看,机制砂混凝土与河砂混凝土基本相同,受到各种因素的影响,两者的收缩徐变程度会存在差异,但是差异性不是很大。

### 参考文献

- [1] 赵有明,韩自力,李化建,等.我国铁路工程机制砂混凝土应用现状及存在问题[J].中国铁路,2019(08):65-66.
- [2] 宋玉良,高庆力.机制砂混凝土及其预应力梁受力性能研究[J].居业,2020(01):72-73.
- [3] 杨振国.机制砂质量指标对混凝土性能影响研究[D].武汉:武汉理工大学,2015.