

# Analysis of Construction Technology for Mass Concrete in Railway

Xianzhe Li

Northeast Branch of China Railway Bridge Bureau Group Co., Ltd, Shenyang, Liaoning, 110000, China

## Abstract

The paper explores the construction technology of large volume concrete in railways. Firstly, the standard requirements for raw materials of railway mass concrete are discussed, and the standards for raw material consumption in different situations are analyzed. Secondly, the issues that need to be noted during the concrete mixing and transportation process are sorted out to ensure that the concrete quality reaches the expected level. Once again, a reasonable plan is provided during the concrete pouring and curing process to ensure the quality and quantity of construction concrete. Finally, by optimizing the level of concrete construction technology and reducing quality issues such as concrete cracks, certain treatment strategies are proposed.

## Keywords

mass concrete; concrete cracks; construction technology

# 铁路中大体积混凝土施工技术分析

李宪哲

中铁大桥局集团有限公司东北分公司, 中国 · 辽宁 沈阳 110000

## 摘要

论文对铁路中大体积混凝土施工技术进行探讨。首先, 对铁路大体积混凝土原材料标准要求论述, 对不同情况下的原材用量标准进行分析。其次, 对混凝土拌合及运输过程中需要注意的问题进行梳理, 使其混凝土质量达到预期水平。再次, 通过混凝土浇筑及养护过程中给出合理方案, 保证施工混凝土保质保量。最后, 通过对混凝土施工工艺水平进行优化, 减少混凝土裂缝等质量问题, 给出一定的处理对策。

## 关键词

大体积混凝土; 混凝土裂缝; 施工工艺

## 1 引言

随着中国高铁运输的快速发展, 高速铁路运行设计速度越来越快。根据 TB 10098—2017《铁路线路设计规范》, 中国技术型高速铁路设计速度达 250km/h 以上, 这就对铁路混凝土材料的应用提出了更高的要求。混凝土分为多种类型, 大体积混凝土属于当前工程中较为常用的一种。应用大体积混凝土, 能够明显提升工程施工效率。大体积混凝土本身也具有很多的优点, 如良好的耐久性、较强的抗压性, 并且带来的经济性也极为显著<sup>[1,2]</sup>。但因中国幅员辽阔, 地形地势不一, 整体环境复杂, 所以对混凝土的性能要求也有很大的差别, 需要通过对原材料质量严格把控, 拌合、运输、浇筑及养护都需要进行合理规划, 以此保证混凝土施工质量。

【作者简介】李宪哲(1995—), 中国河南濮阳人, 硕士, 助理工程师, 从事混凝土施工技术研究。

## 2 原材料性能控制

### 2.1 水泥

水泥作为铁路混凝土结构的主要原材料, 应优先选用(普通)硅酸盐水泥。当混凝土结构所处环境在氯盐环境中<sup>[3,4]</sup>, 要选用低氯离子水泥( $\leq 0.06\%$ )。因铁路工程上使用的较多为钢筋混凝土, 水泥中高氯离子含量会使内部钢筋锈蚀, 致使钢筋混凝土出现结构性破坏行为<sup>[5]</sup>。这也是由于钢筋锈蚀会产生各种氢氧化物和氧化物, 体积较原钢材体积增大几倍之多, 钢筋锈蚀部分附近混凝土会膨胀开裂, 同时又进一步促进了钢筋的腐蚀。在恶性循环下, 钢筋混凝土结构将彻底破坏。其次, 混凝土中氯离子过量会大大降低混凝土抗侵蚀性、抗化学性、耐磨性及抗折强度。锈蚀则导致混凝土内部结构疏松、膨胀破坏, 影响混凝土的耐久性<sup>[4,5]</sup>, 这也是铁路混凝土的标准和规范对氯离子含量做出了一定限制的原因。

当骨料具有碱集料反应活性时, 水泥中的碱含量也要有所限制<sup>[3,4]</sup>。主要由于混凝土中水泥水化产生的氢氧化钙

与集料中的活性成分出现化学反应,使混凝土内部产生自膨胀应力<sup>[5,6]</sup>,导致混凝土从内部开裂,损害本身的预期强度。混凝土碱骨料反应时间相对较慢,有可能数十年不被发现,如果工程建设时没有发现问题及时处理,往往后期发现问题时没有解决办法而只得拆除重建,工程经济损失相当严重。

比表面积对水泥的质量保证也极为重要。其细度和比表面积息息相关,水泥若机械研磨得越细,它的比表面积就会越大,反之则变小。所以水泥比表面积须控制在 $300\sim 350\text{m}^2/\text{kg}$ ,水泥过细,早期水化会相对充分,早期强度升高得较快,混凝土开裂概率也会随着需水量增加而变大。反之过粗就会出现早期强度降低,需水量变小<sup>[6]</sup>。所以要控制水泥比表面积指标范围,有利于控制混凝土用水量,混凝土质量也会随着水泥的稳定得到保证。

## 2.2 掺合料

粉煤灰和矿渣粉等矿物掺合料一定要选用可以改善铁路混凝土性能且品质较为稳定的产品<sup>[3,4]</sup>。虽然矿物掺合料的掺入,一定程度上降低了混凝土的早期强度,但后期粉煤灰和矿渣粉会发生协同作用,填充作用增强,同时两者会在混凝土内部发生二次水化反应,使得后期强度得以增强。其中颜色均匀、不含油污等杂质的F类粉煤灰产品应为首选,且与水泥和水混合时不应有明显刺激性气体放出。若有刺激性气味产生,是由于粉煤灰脱硝工艺不当,过量的脱硝剂被粉煤灰所吸收形成碳酸氢铵,两者与水混合后出现升温而释放出氨气的味道。当铁路混凝土结构所处严重冻融破坏环境时,宜采用烧失量不大于3.0%的粉煤灰<sup>[3,4]</sup>。需水量比作为考核粉煤灰是否具有减水功能的技术指标,也是评价粉煤灰品质及影响工程应用的重要物理指标,粉煤灰的需水量比越小,其工程利用价值就越高。其中影响粉煤灰需水量比的主要因素为粉煤灰颗粒细度。粉煤灰颗粒越细,内部玻璃微珠体增多,进一步提高混凝土流动性,当达到未掺入粉煤灰相同的流动性时,减少了拌合水用量,对混凝土强度和可泵性较利好<sup>[6,7]</sup>。究其原因,是当磨细粉煤灰时,粉磨打碎了粉煤灰中的多孔无定型熔渣,减少了毛细管吸水作用,同时也打碎了粉煤灰中的组合粒子,减少了开口空心颗粒,从而使得拌制混凝土的需水量比降低,所以对不同等级粉煤灰的需水量比要求也有所不同<sup>[7]</sup>。

## 2.3 粗细骨料

粗骨料应选用质地坚固、吸水率低、线膨胀系数小的洁净碎石<sup>[3,4]</sup>。铁路用混凝土粗骨料一般选择多级配碎石,通过母岩抗压强度控制粗骨料质量。而在施工过程中,粗骨料的压碎指标是强度控制的关键。其中粗骨料的公称粒径不宜超过钢筋混凝土保护层厚度的 $2/3$ ,在严重腐蚀环境下不宜超过 $1/2$ ,且不应超过钢筋最小间距的 $3/4$ 。当需要配制高强度等级(C50及以上)混凝土时<sup>[4]</sup>,最大公称粒径要小于等于 $25\text{mm}$ 。这个参数对混凝土的强度、耐久性和工作性都有着重要影响。当最大公称粒径过大,会导致混凝土

结构局部组织损伤,影响混凝土的整体性能,也会造成在高温环境中的收缩裂隙,造成重大损失。因此,大粒径粗骨料的大小对混凝土的生产制造至关重要,也就要求大粒径粗骨料只能在最大限制粒径内使用,方能保证混凝土的均匀流动性和加工性能。

细骨料选择料源要优良稳定,检测结果符合标准规范的洁净天然河砂或机制砂,而机制砂必须母材检验合格且经专门机组生产,一定不可使用海砂<sup>[3,4]</sup>。由于海砂含盐分高,同样出现钢筋腐蚀行为,降低力学性能,氯盐结晶膨胀加速混凝土碳化。钢筋混凝土结构中钢筋会变得越来越细,且整个锈蚀过程一旦开始就不会停止,在氯离子不断催化作用下,其力学性能会持续下降,屈服强度和延伸率都显著降低。当细骨料中含有颗粒状的硫化物杂质时,要进行专门试验确认能符合混凝土耐久性要求后,才能使用。冻融破坏环境对细骨料中的含泥量和吸水率也提出了较高要求<sup>[4]</sup>。因为细骨料含泥量过高,不仅降低了砼强度,而且对砼的耐久性也极为不利,显著减弱其抗冻性,影响砼的均匀性。这是因为砂石含泥量过大会降低骨料界面的粘结强度,水泥浆与碎石间内摩擦力减小,减弱了对集料的包覆性,产生相对滑动最终导致开裂,从而降低混凝土抗拉强度,对控制混凝土裂缝极为不利。

## 3 混凝土拌合及运输

新拌制混凝土的工作性能应根据混凝土结构的类型、施工工艺与成型方法确定。混凝土在拌合前所需原材料应检验合格,符合标准规定。需要有经验丰富、操作熟练的拌合主机手进行操作,保证按照施工配合比进行精确顺序投料。铁路混凝土搅拌时间不应低于 $120\text{s}$ ,且出机入场浇筑前要进行坍落度试验,在符合设计要求和易性良好且产品质量合格后方可进场浇筑。搅拌罐车运输时要采取隔热保湿措施,途中以 $2\sim 4\text{r}/\text{min}$ 的速度进行搅拌。

铁路中大体积混凝土在浇筑施工过程中必须保证整个工艺结构稳定,强度符合设计要求。现场人员要及时清理模板中异物,钢筋外部光洁、绑扎合格,且模板内表面要涂刷隔离剂。这就需要现场技术人员以及监理工作人员组织钢筋隐蔽工程、支撑体系及其模板的质量验收,确保质量符合标准。铁路中大体积混凝土也要保证连续浇筑,一次成型。这就需要混凝土在运输过程中不能中断,减少混凝土运输过程中的吸热现象,且料源要保持充足。若不能连续供料,也要尽可能缩短时间间隔,以保证混凝土初凝之前完成次层混凝土的浇筑工作。由于在混凝土施工技术过程中,混凝土需要不断搅拌,这一过程中会产生升温现象,极有可能产生水化热问题<sup>[8,9]</sup>。一旦出现温度迅速上升,混凝土中的含水温度不能够快速释放,随着时间的推移,热量会在混凝土中大量聚集,内部会出现较大温差,致使浇筑的混凝土结构出现裂缝问题。

## 4 混凝土浇筑及养护

混凝土浇筑时作业队伍应专业化,混凝土连续入模浇筑温度范围应控制在 $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,入模过程中外部环境温度过高或过低都会对混凝土产生损害,巨大温差会引起裂缝<sup>[9-11]</sup>。由于大体积混凝土体积较大,极易由胶凝材料水化热引发温度应力,从而导致结构混凝土产生裂缝。裂缝对混凝土质量的危害不必多言,裂纹是腐蚀气体、海水氯盐物质等外界粒子入侵材料基体内部的快速通道,在腐蚀物脱落后表面会因不断交错生长的裂纹加速腐蚀气体的进入,使得混凝土基体出现二次侵蚀现象,更有甚者也会使内部钢筋结构产生锈蚀,引发结构性破坏<sup>[10]</sup>。

明确浇筑方案,做好振捣工作。大体积混凝土浇筑时的振捣工作也极为重要,为保证浇筑的大体积混凝土内外部质量符合设计要求,在浇筑过程中,要对混凝土进行振捣工作,以此保证混凝土完整填充至整个模板上。一般可以进行人工和机械两种振捣方式,而人工振捣比较适用一些较小的项目,也就是用振捣棒进行振捣。机械设备则进行振捣一些较大的项目,以此降低人力振捣不充足现象。大体积混凝土应合理选择浇筑时间、施工方法,严防浇筑过程中出现堵管现象。混凝土振捣期间,必须保持均匀振捣,要严格控制振捣力度、时间及幅度,避免振捣时间过长导致混凝土离析。

浇筑过程中的冷却方式应合理选择,充分考虑现场条件。一般用冷却管铺设,内部循环水冷却的方式。混凝土循环水冷却管及温度监测装置布置合理,并指派专人负责及时记录温度变化状况,一旦出现温度异常,需要及时处理,实现温度的严格控制。在进行降温的时候,需要对冷却管内部的水量进行控制,若冷却管内部水温升高异常,水流速度会进而提升,造成水流量增加。其次,冷却管内部的水流不能对混凝土施工产生不利影响,当混凝土结构产生一定硬化时,现场技术人员一定要及时使用冷却管出水进行保温养护。待到养护完成后,要采用真空压浆法及时进行注浆及压浆处理,来保证混凝土结构强度及质量<sup>[12,13]</sup>。

## 5 优化混凝土施工工艺

在工程建设过程中,拌合站内一定要选择性能良好的搅拌设备及精准的原材料计量设备,最大程度上提升施工技术水准,进一步加快混凝土散热效率水平。砂石料存放过程中,要设置顶棚及温度控制装置,严格防止雨水冲刷及日光暴晒,保证材料性能均匀,能与胶凝材料有良好的和易性。拌合水的水温也要精准控制,尤其低温条件下,更要保证水温在标准规范之间,不可过高或过低。在大体积混凝土施工中,混凝土设计的水灰比是相对较小的,且很少泌水。所以为避免发生塑性收缩裂缝病害行为,一定要第一时间进行混凝土结构湿养护作业。

由于铁路运营线路较长,地质环境差异明显。外界温度的变化很大程度上影响大体积混凝土浇筑温度,尤其北方

高寒地区,昼夜温度差异明显,而混凝土中内部产生的水化热与外部环境温度的骤降的温差极大降低混凝土使用性能及施工质量<sup>[14]</sup>。所以在混凝土模板设置时,保温设施要到位,尽可能保证内外部温差一致,防止混凝土由于温度应力发生干缩裂缝。为保证混凝土在浇筑完成后的质量,要确保其内部有一定水分,防止水分蒸发产生异常收缩,所以要及时进行覆膜洒水养护。

为防止混凝土中出现裂缝问题,需采取有效措施控制温度应力<sup>[14,15]</sup>。首先,可采用内部预埋冷却管,通过冷水循环,降低混凝土内部温度。其次,在保证混凝土强度及工作性的前提下,通过添加一定的外掺料及减水剂等来降低水泥用量,防止水泥用量过高产生水化热。最后,要通过在地基与混凝土之间设置砂垫层等措施,来减少大体积混凝土结构的外在约束力,防止混凝土出现裂缝问题。

## 6 结语

在铁路项目建设过程中,大体积混凝土结构施工相当重要,其技术手段的高低将极大地影响施工质量水平。建设及施工单位要加强规范操作,每个人心中要有标准要求,安全文明施工,稳步有序推进工程进度,才能更好地提升项目建设质量水平。

## 参考文献

- [1] 刘娴.土木工程中的大体积混凝土结构施工技术分析[J].四川建材,2022,48(12):117-118.
- [2] 郭成兵.大体积混凝土结构施工技术在土木工程建筑中的应用探析[J].工艺技术,2023(2):40-42.
- [3] TB/T 3275—2018 铁路混凝土[S].
- [4] TB 10424—2018 铁路混凝土工程施工质量验收标准[S].
- [5] 庄添和.论商品混凝土施工工艺及养护措施的质量控制[J].城市建设理论研究(电子版),2011(34).
- [6] 王映龙.混凝土原材料对混凝土品质的影响[J].长春大学学报(自然科学版),2020,30(6):14-18.
- [7] 张雪,陈仕国,王群英,等.粉煤灰需水量比的影响因素及降低措施[J].华电技术,2016,38(8):3-7.
- [8] 吴发展.市政海关桥承台大体积混凝土施工技术[J].建筑设计·理论,2023(4):175-178.
- [9] 杨育贤.大体积混凝土施工收缩裂缝控制研究[J].四川水泥,2022(12):144-146.
- [10] 李宪哲.钢轨材料的高温及电化学腐蚀机理研究与高压模拟计算[D].郑州:中原工学院,2021.
- [11] 张书利.房建施工中大体积混凝土无缝技术分析[J].工艺技术,2023(1):4-6.
- [12] 王臣林.大体积混凝土施工技术[J].施工技术,2022,49(24):35-37.
- [13] 李尊龙.市政路桥工程大体积混凝土施工技术管理分析[J].施工技术,2022(8):86-88.
- [14] 张华.对建筑工程基础底板大体积混凝土施工技术分析[J].理论视角,2023(2):193-196.
- [15] 廖贵喜.大体积混凝土施工技术与温度控制技术的实际应用[J].石材(工程管理),2023(2):74-76+106.