

# 高速公路高性能混凝土试验检测研究

冯北川

四川路桥华东建设有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11618

**[摘要]** 本文聚焦于高性能混凝土的综合研究,旨在深入分析其性能影响因素。本文以某高速公路拓宽工程为例,进行了详细的配合比试验,包括对水泥胶砂强度、外加剂性能及骨料特性等原材料基本性能的测试。应用效果分析显示,高性能混凝土能够显著提升工程结构的承载能力和使用寿命,尽管原材料成本较高,但经济效益分析指出,从全寿命周期成本的角度考虑,高性能混凝土的应用能够降低总体成本。

**[关键词]** 高速公路; 高性能混凝土; 试验检测

## 1 高性能混凝土性能影响因素剖析

### 1.1 胶凝材料选择

在高性能混凝土的配制过程中,水泥基材料扮演着至关重要的角色<sup>[1]</sup>。因此,必须根据具体的工程特性,有针对性地选择适宜的胶凝材料。在水泥的选择上,应确保其强度满足要求,通常优先选用 P042.5 或更高级别的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。在实际操作中,有些地区的主管部门可能会规定使用 P.052.5 水泥来配制 C50 混凝土,往往是对混凝土强度的一种过度追求,需要在建设过程中予以警惕。

### 1.2 骨料筛选标准

在选取高性能骨料时,需确保其具备优异的物理性能与耐久性能,骨料的选用应基于其性质与种类,严格把控粒径大小及碱活性成分含量<sup>[2]</sup>。具体而言,主要选用机制砂与石灰石碎石作为集料,并对其进行全面检测,以确保其满足工程项目的具体要求,为降低混凝土泵送过程中的阻力,需精心挑选集料,并利用成型机械对其进行整体整形处理。

### 1.3 高性能减水剂的应用

高性能混凝土中掺入大量矿物掺合料,虽能有效提升混凝土性能,但也会对其水胶比产生影响,并可能导致混凝土粘度增加。为满足高速公路建设规范,需在混凝土中掺入高效减水剂<sup>[3]</sup>。在正式使用前,需经过充分的试验验证,以确保各组分在混凝土中的比例合理,从而显著提升混凝土性能,高效超塑化剂的使用需在节约水资源的前提下,保持良好的

塑形效果,其用量需通过多次试验及缓凝时间的测定来确定。

## 2 高性能混凝土配合比试验探究

### 2.1 案例概况

本项目在整体长度为 125.68km 的某高速公路特定区段启动了相应的拓宽工程,该高速公路区段经过拓宽后,宽度达到 9m。此次拓宽工程的重要意义在于将原本的路面建设改造为能够容纳 9 车双向通行的道路,从而更好地满足日益增长的交通需求。为了切实提高这一高速路项目的建设质量,展开高性能混凝土的检测研究工作,在研究过程中,着重对混凝土中所使用的各种材质进行了细致的配比工作。

### 2.2 原材料基本性能测试

#### 2.2.1 水泥胶砂强度测试

水泥胶砂强度是衡量水泥机械性能的关键指标。本实验依据 ISO 方法,测定标准养护下水泥砂浆的规定龄期抗压与抗折强度。实验准备包括:450g 水泥、1350g 标准砂、2250ml 水,确保仪器正常。具体而言,湿布擦锅,加水、水泥,抬升搅拌机,按慢-快-慢顺序搅拌 60 秒(后半分钟加砂)。砂浆分两次倒入试模,振捣 60 次/次,刮平后编号养护至脱模,再清水养护至规定龄期。测试前,试样覆盖湿布保湿 15 分钟,先测抗折强度(水平置于弯折仪,记录断裂荷载计算强度),后测抗压强度(用抗折断裂试样,置于压痕机测试至损坏,记录荷载计算强度)。

表 1 水泥胶砂强度

3 d 抗折强度 (MPa)			3 d 抗压强度						
4.4	4.5	4.3	破坏荷载 (N)	36100	36200	36600	38600	38900	36500
评定值: 4.4MPa			抗压强度 (MPa)	22.6	22.6	22.9	24.1	24.3	22.8
技术要求: $\geq 3.5$ MPa			评定值: 23.2 MPa 技术要求: $\geq 17$ MPa						
28 d 抗折强度 (MPa)			28 d 抗压强度						
8.9	8.7	8.7	破坏荷载 (N)	78900	72500	78200	81000	76200	73600
评定值: 8.8MPa			抗压强度 (MPa)	49.3	45.3	48.9	50.6	47.6	46.0
技术要求: 26.5MPa			评定值: 47.9 MPa 技术要求: 24.2.5MPa						

### 2.2.2 外加剂试验检测

#### (1) 外加剂减水率

当基准与试验混凝土的坍落度均达 80mm $\pm$ 10mm 时,外加

剂减水率为试验混凝土相比基准混凝土减少的用水量比例。制备标准配比的基准混凝土,记录其用水量(满足坍落度要求)。然后,在基准配比中加入推荐外加剂量制备试验混凝土,

记录其用水量(同样满足坍落度要求)。计算两者用水量差值，得出外加剂减水率。

表 2 外加剂减水率记录

试验次数	基准砼单位用水量 kg/m <sup>3</sup>	参外加剂砼单位用水量 kg/m <sup>3</sup>	坍落度 (mm)	减水率 (%)	技术要求 (%)
1	248	173.8	200	29.9	不小于 25%
2	248	172.9	200	30.3	
3	248	174.0	200	29.8	

(2) 外加剂含固量

直至达到恒重状态，随后对该样品进行称重，并基于其质量来计算外加剂中的固体含量(含固量)。

选取一份具有代表性的外加剂样品(重量介于 3 至 5 克之间)，将其置于烘箱中，并按照规定的温度进行烘干处理，

表 3 外加剂含固记录

试验次数	瓶质量 (g)	瓶加试样重 (g)	瓶加烘干试样重 (g)	固体含量 (%)	技术要求 (%)
1	11.8672	16.0665	12.6948	19.71	/
2	12.8245	17.2558	13.7027	19.82	

(3) 外加剂氯离子含量

热/超声辅助溶解，再补水至刻度线，用 OnGuard RP 柱去除有机物后，注入离子色谱仪，仪器自动分离样品并生成色谱图，通过测量各色谱峰面积进行定量分析。

本次实验采用离子色谱法分析：取 1 克外加剂样品置烧杯中，加纯净水及 5 滴硝酸，视溶解情况选择直接稀释或加

表 4 外加剂氯离子含量记录

试验次数	试样质量 (g)	试样体积 (mL)	试样中氯离子浓度 (ug/mL)	氯离子含量 (%)	技术要求 (%)
1	1.0592	100	4.626	0.044	/
2	1.1037	100	4.287	0.039	

2.2.3 骨料试验检测

(1) 细骨料筛分析

确定样本重量，置于套式筛分机内，启动筛分机，逐一筛分样本。筛分后，取出各筛网，手工补筛至每分钟筛出量不超过筛余量 1%，过程中，称重每筛网上试样，记录数据，确保筛分前后质量损失不超过 0.5%。最后整理试验结果列于下表，供后续分析。

为精确测定粗骨料粒度与粗细度，本研究采用干筛法，步骤如下：选取代表性粗骨料试样，烘干并冷却。按筛口尺寸分类标准筛，安装于振动筛分机。依据标称最大颗粒尺寸

表 5 细骨料筛分析

试样总量：第一次：500g；第二次：500g									
筛孔尺寸	分计筛余质量 (g)		分计筛余 (%)		累计筛余 (%)		累计筛余百分率 (%)	通过百分率 (%)	累计筛余百分率技术要求
	第 1 次	第 2 次	第 1 次	第 2 次	第 1 次	第 2 次			
4.75	23.1	22.8	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	95.4	10-0
2.36	62.3	64.1	12.5	12.8	17.1	17.4	17.2	82.8	25-0
1.18	83.4	84.5	16.74	16.9	33.8	34.3	34.0	66	50-10
0.6	120.1	121.2	24	24.2	57.8	58.5	58.2	41.8	70-41
0.3	104.2	102.4	20.8	20.5	78.6	79	78.8	21.2	92-70
0.15	98.7	97.9	19.7	19.6	98.3	98.6	98.4	1.6	100-90
筛底	8.2	7.1	1.6	1.4	1	1	1	1	1

(2) 细骨料含泥量

湿润筛网，将样品溶液依次过 1.18mm 和 0.075mm 筛网，小心冲洗避免大颗粒流失，反复加水搅拌确保彻底清洗。通过此过程准确测定<0.075mm 物料含量，评价细集料清洁度。

为评估细集料清洁度，本实验采用水洗法测定<0.075mm 物料(粉尘、凉泥等)含量。取代表性样品干燥冷却，置圆筒中加水淹没约 20mm，搅拌浸泡 24 小时分离悬浮粒子。后

表 6 细骨料含泥量记录

实验次数	试验前烘干试样质量 (g)	试验后烘干试样质量 (g)	含泥量 (g)	实验结果	技术要求
1	400	398.1	0.5	0.5%	≤0.2
2	400	397.9	0.5		

(3) 细骨料筛分析

准筛按孔径大小顺序组合成筛分装置，称取约 500 克试样放入，使用人工振动筛分机筛分。筛分后逐一取出各筛网上的物料，手工复筛至每分钟筛出量不超过剩余总量的 1%。然后，

为测定细集料的细度模数和级配，本实验采用干筛法。操作要点如下：选取两个代表性试样烘干并冷却备用。将标

称重各筛网上样品, 计算剩余量。同时, 严格控制筛分过程中试样的质量损失率, 确保不超过 1%。最后整理试验结果列于下表, 以供分析:

表7 粗骨料筛分记录

试样总质量: 第1次 4325g 第2次 4464g									
筛孔尺寸	分计筛余质量 (g)		分计筛余 (%)		累计筛余 (%)		累计筛余百分率 (%)	通过百分率 (%)	累计筛余百分率技术要求
	第1次	第2次	第1次	第2次	第1次	第2次			
31.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26.5	222	198	5.1	4.4	5.1	4.4	4.8	95.2	0-5
16	2504	2608	57.9	58.4	63.0	62.8	62.9	37.1	30-70
4.75	1345	1402	31.1	31.4	94.1	94.2	94.2	5.8	90-100
2.36	198	201	4.6	4.5	98.7	98.7	98.7	1.3	95-100
筛底	55	54	1.3	1.2	100	99.9	100	0	/

#### (4) 粗骨料含泥量

为评估粗骨料洁净度, 本实验检测了其中粒径 $<0.075\text{mm}$ 的颗粒。采用水洗法: 取代表性样品干燥降温后, 以最大粒度为单位放入容器, 加水淹没约 20cm, 搅拌排气泡并浸泡 24

小时。再将溶液注入 1.25mm 和 0.075mm 双层筛网, 反复加水、搅动、浸泡、冲洗, 直至水清。最后洗涤摇动筛网去除 $<0.075\text{mm}$ 杂质, 将筛渣干燥至恒重后称重, 计算污泥量。

表8 粗骨料含泥量记录

实验次数	试验前烘干试样质量 (g)	试验后烘干试样质量 (g)	含泥量 (g)	实验结果	技术要求
1	11354	11267	0.770.82	0.8	$\leq 0.1$
2	11287	11194	含泥量 (6)		

### 3 高性能混凝土的质量检测与验收

#### 3.1 混凝土的性能检测

在高性能混凝土的施工过程中, 需要对混凝土的性能进行实时检测, 以确保混凝土的质量符合要求, 主要检测项目包括混凝土的坍落度、抗压强度、抗渗性、抗冻性等, 检测频率应根据工程的具体要求和相关规范进行确定。

#### 3.2 混凝土的外观质量检查

混凝土的外观质量也是评价混凝土质量的重要指标之一, 在混凝土浇筑完成后, 应及时对混凝土的外观质量进行检查, 如是否存在蜂窝麻面、孔洞、裂缝等缺陷, 对于存在缺陷的部位, 应及时进行修补和处理, 以保证混凝土的外观质量和耐久性<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 混凝土的验收

高性能混凝土的验收应按照相关规范和合同要求进行。在混凝土浇筑完成后, 应提交混凝土的配合比设计报告、原材料检验报告、混凝土性能检测报告等相关资料, 经监理单位 and 建设单位验收合格后, 方可进行下一道工序的施工。

### 4 高性能混凝土的应用效果与经济效益分析

#### 4.1 应用效果分析

高性能混凝土在实际工程中的应用效果显著。由于其具有良好的工作性能、高强度和高耐久性, 能够有效提高工程结构的承载能力和使用寿命, 减少维修和加固的次数, 降低工程的全寿命周期成本。例如, 在桥梁工程中, 采用高性能混凝土可以提高桥梁的抗裂性能和耐久性, 减少桥梁的病害发生, 延长桥梁的使用寿命<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 经济效益分析

虽然高性能混凝土的原材料成本相对较高, 但从工程的全寿命周期成本来看, 其经济效益是显著的, 由于高性能混

凝土的耐久性好, 能够减少维修和加固的费用, 同时还可以提高工程结构的使用寿命, 从而降低工程的总体成本。此外, 高性能混凝土的应用还可以提高工程的质量和安全性, 减少因工程质量问题带来的经济损失和社会影响。

### 5 结束语

综上所述, 本次针对高速公路高性能混凝土的试验检测研究, 全面且深入地分析了高性能混凝土的性能影响因素、配合比设计以及质量检测验收等关键环节。研究表明, 高性能混凝土在高速公路建设中应用效果显著, 能有效提升工程质量与耐久性。尽管其原材料成本相对较高, 但从全寿命周期成本考量, 经济效益明显。未来应进一步优化试验检测方法, 推动高性能混凝土在高速公路建设中的广泛应用, 为交通基础设施建设提供更坚实的技术支撑。

### [参考文献]

- [1] 李萍. 高速公路高性能混凝土试验检测研究[J]. 前卫, 2024 (11): 0159-0161.
  - [2] 秦彩秋. 高速公路隧道高性能混凝土耐久性试验检测研究[J]. 运输经理世界, 2024 (15).
  - [3] 李兴红, 王珠福, 赵子忠, 等. 高速公路高性能混凝土试验检测研究[C]//2023年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册). 2023.
  - [4] 齐明折. 浅析高速公路高性能混凝土试验检测研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023 (2): 4.
  - [5] 柯睿. 高速公路高性能混凝土试验检测研究[J]. 写真地理, 2020 (24): 1.
- 作者简介: 冯北川, 1991.10.4, 男, 四川省阆中市, 汉, 大专, 初级工程师, 研究方向: 试验检测。