

高速公路高性能混凝土试验检测研究

● 李 萍



[摘要] 近年来,高性能混凝土因其良好的工作性能被广泛应用到工程建设中,除了大型桥梁和高速公路建设工程,高铁、高层建筑、海洋工程中都开始大量使用高性能混凝土。混凝土是高速公路施工中必不可少的材料。随着高速公路建设水平的不断提高,其对混凝土的品质要求也越来越高。高性能混凝土不仅要具备较好的稳定性,还应具备较高的耐久性。本文首先对高性能混凝土中各种原材料的作用进行分析,然后结合具体工程项目设计混凝土配合比,并开展了各项混凝土性能试验研究。最后,在施工现场进行了试验检测,验证高性能混凝土在高速公路土木工程施工中的可行性。

[关键词] 高性能砼;施工现场;试验检测

20世纪70年代,我国开始对高性能混凝土材料进行研究,虽然起步较晚,但研究发展迅速。20世纪90年代,高性能混凝土已经开始被应用到各大工程项目建设中。我国最早使用较多的混凝土材料主要是水泥砼,其生产成本低,可以根据强度设计配合比。经过多年的使用经验发现,水泥砼耐久性较差,使用寿命低,许多工程无法达到设计使用年限。在此背景下,高性能混凝土应运而生,其以高耐久性、高力学性能、高工作性能成为工程项目的首选。

Q 原材料在高性能砼中的作用

高性能混凝土原材料主要包括水泥、集料、矿物掺合料、化学外加剂等。水泥作为高性能混凝土的重要原材料,其性能直接关系到混凝土质量。通常影响水泥性能的指标主要包括水泥细度、安定性、凝结时间、胶砂强度和密度。高性能混凝土中的水泥与减水剂应具有相容性,且流变性较强。水泥存放时间过长应严禁使用。集料的含泥量、密度、压碎值等指标会对混凝土质量产生一定影响。集料粒径不能太大,最大不能超过25毫米,细集料模数应在2.3~3范围内。矿物掺合料是提高混凝土强度和性能的重要组成部分,它具有较强的抗腐蚀性,能够改变拌合物的工作特性。加入适量矿物掺合料能大大提高砼的耐久性,用于高性能混凝土中的掺合料不应含有毒物质且性质稳定。混凝土中的外加剂主要指减水剂,其作用是在其他工作性能良好的前提下,减少用水量且塌落度不发生变化。

Q 砼配合比设计

本文以某大型高速公路承台混凝土为研究对象,该工程

混凝土设计型号为C30,用量为3200方,其配合比设计主要包括以下几个步骤:计算配置强度、确定水胶比、确定砂率、确定砂石用量、确定外加剂掺料的用量、初步得到配合比、试配调整。经过以上试验步骤得到试验配合比结果如表1所示。

表1 试验配合比结果

材料名称	水泥	水	砂	石	粉煤灰	减水剂
材料用量 (每 m ³ 砼)	159kg	316kg	79kg	672kg	1098kg	2.38kg

Q 大体积高性能砼和易性试验

原材料组成、时间和温度是影响新拌混凝土和易性的主要因素。原材料主要包括水泥用量、水灰比、砂率等指标。在水灰比一定时,水泥浆用量与拌合物流动性成正比。其用量应严格控制,不应过大或过少。水泥浆用量过多会导致混凝土耐久性不好,流动性差,过少则使砼粘聚性降低,影响工作性能。水灰比,指的是水的质量与水泥质量的比例。水灰比大,混凝土的流动性强;相反,水灰比小,混凝土的粘稠性强,流动性相对较弱。砂率,指砂石中砂的占比,砂率大,混凝土流动性弱。和易性,主要与保水性、流动性和粘聚性三个因素有关。大体积高性能混凝土的和易性试验主要是对以上三个因素进行检测。大体积高性能混凝土通常使用塌落度试验仪法进行和易性检测。将混凝土试样装进坍落度筒中,用捣棒插捣30次,用尺子测量坍落度值。粘聚性,注意是通过观察混凝土状态就可以看出其性能是否良好。保水性,主要是通过观察底部是

否有水流出得出结论。本次试验一共取 6 组试样进行检验,实验结果如表 2 所示。

表 2 和易性试验结果

序号	1	2	3	4	5	6
坍落度	215mm	200mm	210mm	205mm	195mm	210mm
粘聚性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
保水性	良好	良好	良好	良好	良好	良好

由以上数据可知,混凝土坍落度符合要求,且保水性和粘聚性良好。高性能混凝土和易性检测的另外一个指标就是泌水率。泌水率分为常压和压力下两种情况。现使用压力泌水仪对高性能混凝土泌水率进行检测,试验结果如表 3 所示。

表 3 混凝土泌水率试验结果

强度等级	坍落度	常压泌水率	压力泌水率
C30	20mm	1.7%	55.8%
C40	22mm	1.3%	53.9%
C60	21mm	0.8%	52.7%

由以上数据可知,高性能混凝土在常压下不会出现泌水现象。

Q 高性能砼力学性能及耐久性试验检测

高性能混凝土力学性能指标主要包括抗压强度、劈裂抗拉强度和抗压弹性模量。

(一)抗压强度试验

抗压强度试验是将养护好的高强度混凝土试件放在承压板上,启动压力机并计算荷载值,计算得到抗压强度。本实验采用承台 C30 混凝土进行 6 组测试,测试结果如表 4 所示。

表 4 抗压强度试验结果

序号	1	2	3	4	5	6
抗压强度(MPa)	39.5	38.6	36.9	38.9	39.2	35.2

将上述数据代入公式 $R_n - K_1 S_n \geq 0.9 R_{cu,k}, R_{min} \geq K_2 R_{cu,k}$, 可得抗压强度均满足以上公式,评定为合格。

(二)劈裂抗拉强度试验

混凝土属于脆性材料,其抗拉强度较低,在受力时易出现裂纹。本试验使用承台 C30 高强度混凝土,将龄期为 7、14、28、56 天的试件分别放在承压板上,利用机器施加荷载,同时记录破坏极限值,计算抗拉强度值。笔者结合试验结果可知,大体积高性能混凝土具有较好的抗拉性能,抗裂安全系数较高。

(三)抗压弹性模量试验

抗压弹性模量是评价高性能混凝土力学性能的有效指标之一。本实验采取 6 组混凝土试块进行检测。笔者结合试验结果可知,抗压强度值在 69.3~71.5MPa 之间,抗压弹性

模量在 36874~39527MPa 之间,满足设计和相关标准要求。高性能混凝土耐久性试验包括抗渗性试验、抗氯离子渗透性试验。提高混凝土耐久性的常用方法是加入一定量的减水剂,降低孔隙率。

(四)抗渗性试验

高性能混凝土的抗渗性能试验主要是检测抗水渗透能力。本实验采用逐级加压法,将混凝土试块放在抗渗仪上,启动仪器,逐级加大水压,观察渗水情况,记录水压,计算抗渗等级。笔者结合试验结果可知,高性能混凝土水胶比越小,其抗渗性能越好,加入减水剂,可使混凝土抗渗性满足相关要求。

(五)抗氯离子渗透性试验

高性能混凝土氯离子含量过高时,其可以侵入混凝土内部钢筋表面,导致钢筋锈蚀,降低结构强度,使混凝土出现裂纹。本实验采用 RCM 法检测混凝土抗氯离子渗透性。需要注意的是,如果试件已经被氯离子侵蚀,则不适用于此方法,可以使用电通量法进行试验。本试验试块未被氯离子侵蚀,所以采用 RCM 法进行测试。RCM 法在试验前须将试块切割成标准尺寸,用一定浓度的 $K(OH)_2$ 溶液浸泡试件,通电并记录电压、电流。用一定浓度的 $Ag(NO)_3$ 溶液测定氯离子扩散深度,计算扩散系数。笔者结合试验结果可知,加入硅粉和粉煤灰的混凝土氯离子扩散系数明显减小,这表明加入矿物质材料能有效减少氯离子含量,延缓锈蚀。

Q 高性能砼施工现场检测

(一)现场温控监测

高速公路工程 1 号承台长 19 米,宽 23 米,高 4 米。大体积混凝土,指几何尺寸大于 1 米的结构,该承台所用混凝土属于大体积混凝土。在高速公路土木工程施工中,常见的问题就是大体积混凝土水化热,承台体积大。当发生水化热时,热量不易排出造成承台内部温度大幅度上升。这时,如果进行混凝土浇筑,内外温差过大,易导致裂缝等病害问题的发生。因此,为了防止水化热现象的发生,在实际施工过程中,要进行现场温控监测,必要时采取一定措施防止内外温差过大。在高性能混凝土浇筑前,可以通过测量其原材料的温度来估算浇筑温度,从而得到内外温度差。如果温度差过大,则可以在浇筑前进行调整。大体积高性能混凝土在浇筑后要做好养护,确保其温度和湿度适宜。现场温控监测首先要在承台中设置测温点,实时监控混凝土的温度值,同时记录环境温度变化。本实验主要通过埋设温度传感器的方式测定混凝土温度。温度传感器的量程在零下 50 摄氏度到零上 150 摄氏度之间。一个月后,对现场 15 个大体积高性能混凝土构件进行温度测量,发现内外温

差一直保持在 15 摄氏度到 21 摄氏度之间，满足施工技术要求，且混凝土表面没有出现裂纹等病害，达到设计要求和预期。

(二) 现场砼强度检测

施工现场对大体积混凝土构件强度检测多使用回弹法，其属于非破损方法检测，即不需要破坏混凝土构件，直接进行检测的方法。回弹法主要通过测定混凝土构件表面硬度来推算构件强度。因此，现场检测一般是对构件表面硬度进行检测，检测时需要用到回弹仪测定回弹值。此外，还需使用酒精酚酞溶液进行碳化深度值检测。为了验证回弹法的测量精度，本实验制备四组试件，在相同养护条件下，分别测量抗压强度值，计算强度推定值。笔者结合试验结果可知，高性能大体积混凝土构件使用回弹法推定的强度值比实测值要低，而且随着混凝土强度的不断增大，两者之间的差值也越来越大。这说明回弹法推定值精度在不断降低。

鉴于回弹法精度不高，本实验采取钻芯法进行混凝土强度检测。钻芯法属于微破损方法检测，它需要在混凝土构件上钻取试块。在取样时，应尽量减少对实物的破坏，然后将试块制作成标准试件再进行检测。这种方法测量精度较高，但操作难度大。首先使用切割机获取混凝土试块，稍作处理后，使用压力试验机进行抗压强度检测。本实验一共钻取了五组试块进行检测，并在相同养护条件下制备了三组试件进行对比，验证钻芯法测量精度。笔者结合试验结果可知，钻芯法所测得的强度值比同条件养护试件的强度值低，且差值相差不大。因此，钻芯法可以用来测量高速公路大体积高性能混凝土强度。

Q 结束语

综上所述，本文以某高速公路高性能混凝土为研究对象，在对其原材料作用分析的基础上，进行大体积高性能混凝土配合比设计，严格控制原材料用量。通过和易性试验验证混凝土的坍落度和保水性。通过泌水率试验，证明添加外加剂可以防止混凝土出现泌水现象。通过抗压强度和劈裂抗压强度试验，证明混凝土抗拉抗裂安全系数高，不易变形。通过抗压弹性模量试验，证明混凝土力学性能良好。通过抗渗性能试验，证明高性能混凝土水胶比越小，其抗渗性能越好，加入减水剂，可使混凝土抗渗性满足相关要求。抗氯离子试验表明，在混凝土中加入一定的掺和料有利于减少氯离子扩散，延缓构件锈蚀。根据现场温度检测表明，本文研究的高性能大体积混凝土可以满足设计要求，并达到预期效果。笔者使用两种方法对混凝土构件强度进行检测，经过实测值对比发现，钻芯法精度更高，更适合本工程的混凝土强度检测。

参考文献

- [1]沙比拉·库吾尔鲁西.公路工程施工中的混凝土抗压强度检测分析[J].工程机械与维修,2022(04):104-105.
- [2]吴杰.公路工程混凝土病害及防治探讨[J].中国设备工程,2021(08):228-230.
- [3]郜君晖.公路工程大体积混凝土配合比设计[J].交通世界,2021(Z2):203-204.
- [4]张喜龙,周刚,田国伟.高速公路施工中清水混凝土施工技术[J].施工技术,2020,49(S1):378-380.

作者简介:

李萍(1988—),女,土家族,四川成都人,大学专科,中铁十九局集团第三工程有限公司,研究方向:高速公路试验检测。