

文章编号:1008-844X(2004)02-0068-03

泵送砼施工技术若干问题的探讨

王常青

(常德市公路局, 湖南 常德 415000)

摘 要: 结合洞庭湖大桥西引桥工程实例, 简述了连续箱梁 C₅₀ 泵送砼的配制, 配制泵送砼的技术途径与要求, 粗骨料对泵送砼的影响, 以及泵送过程中应注意的问题。

关键词: 桥; 泵送砼; 工程特性; 配合比

中图分类号: U444.1

文献标识码: B *

泵送砼是采用砼泵沿输送管路将砼拌合物在压力的作用下输送到施工作业面的一种砼浇注施工方法。它已广泛采用和推广。

本文主要通过室内试验探讨粗骨料的粒径、砂率、粉煤灰的掺量及外加剂的品种对泵送的影响, 为合理选择原材料和确定合适的砼配合比提供技术依据。

1 泵送砼主要技术参数选择

1.1 砼输送泵主要技术参数选择

砼输送泵的主要技术参数首先要满足施工要求, 如砼的性质、泵送生产率、泵送距离等。而这些要求可以通过选择合适的工作压力、管道直径和泵送速度来实现。

1.1.1 砼泵送压力的选择

泵送砼所需的泵送压力取决于泵送距离、砼与管壁的粘着阻力、摩擦阻力及垂直泵送的砼的自重。

由于砼通过直管和通过弯管的阻力不同, 所以应按下式计算:

$$P = \sum p_{1i} x_{1i} + \sum p_{2j} x_{2j}$$

式中: p_{1i} 为通过单位长度的第 i 段直管所需的泵送压力; x_{1i} 为第 i 段直管的长度; p_{2j} 为通过单位长度的第 j 段弯管所需的泵送压力; x_{2j} 为第 j 段弯管的长度。

1.1.2 泵送砼流速和输送管道直径选择

泵送砼流速和输送管道直径取决于砼泵的生产率、砼的流动特性、骨料的最大粒径、输送距离等因素, 其关系如下:

$$Q = KV D^2/4$$

式中: Q 为生产率; K 为与砼的流动特性、骨料的最

大粒径、输送距离有关的系数; V 为泵送速度; D 为输送管道的直径。

1.2 泵送砼配合比参数的选择及设计

1.2.1 工程实例

岳阳洞庭湖大桥西引桥上部构造采用连续钢筋砼箱梁, 砼总量约为 36 776 m³, 砼设计强度等级为 C₅₀, 砼采用泵送灌注成型。该桥下游 10 km 处是城陵矶华能火电厂, 有大量的粉煤灰, 洞庭湖的砂石充分, 以北相距 30 km 有大型矿石场。除水泥采用韶峰牌 52.5R 普通硅酸盐水泥外, 其余砂、碎石和粉煤灰采用当地的原材料。

1.2.2 配合比参数的选择

1) 水灰比: 应在 0.4 ~ 0.6 之间选择, 过小的水灰比不易泵送, 过大的水灰比难以保证强度。

2) 砂率: 我国规定泵送砼的砂率宜控制在 40 % ~ 50 % 之间, 砂率过大, 会降低强度, 增加水泥用量; 砂率过小, 不利于泵送, 见表 1。

表 1 泵送砼适宜砂率范围

粗骨料最大粒径/mm	适宜砂率范围/%
25	41 ~ 45
40	39 ~ 43

3) 坍落度 (见表 2)。

表 2 泵送砼适宜坍落度

捣振方式	压送前		压送后/ cm	压送前后 坍落度允 许变化范 围/cm
	适宜坍落 度/cm	坍落度波 动范围/%		
机械振捣	8 ~ 18	15 (并小于 2.5)	5	±1.5
不振捣	18	15	15	±1.0

4) 泵送砼的最小水泥用量宜为 300 kg/m³。

5) 泵送砼应掺适量的外加剂和粉煤灰, 其品种

* 收稿日期: 2004-03-03
作者简介: 王常青(1966-), 男, 总工, 主要从事公路桥梁建设与管理工作。

和掺量由试验确定。

1.2.3 C₅₀砼的配合比设计

C₅₀砼实验室配制强度为:

$$f_{cu,o} = f_{cu,k} + 1.645 \times \sigma = 50 \text{ MPa} + 1.645 \times 6 \text{ MPa} = 60 \text{ MPa}。$$

坍落度选择 8~18 cm,经过试配确定其配合比为:水泥用量 500 kg/m³,砂率 42%,W/C 为 0.36,砼 28 d 抗压强度为 59.9 MPa,坍落度为 18 cm。

2 配制泵送砼的技术途径

1) 掺入外加剂:在保证可泵性的前提下,满足砼技术的措施之一是掺入外加剂,一般为高效减水剂,其作用是:降低水灰比,获得良好的和易性。由于减水剂为表面活性剂,当水泥浆体中加入减水剂后,减水剂分子中的憎水基团定向吸附于水泥质点表面,形成单分子或多分子吸附膜,在电斥力作用下使水泥颗粒间存在的絮凝结构解体释放出被包裹的水分,从而降低水灰比,提高强度。另外,减水剂还具有增塑、缓凝、引气的作用,可改善砼的流动性、粘聚性和保水性,由于其减水作用和分散作用,在降低用水量和提高强度的同时,还可以降低水化热,推迟放热峰出现的时间,因而减少温度裂缝。

2) 粉煤灰掺量的选择:在保证可泵性的前提下,满足砼的技术措施之二是掺入掺合料,采用磨细粉煤灰,其作用是:既可增加水化产物,又可减少孔隙。粉煤灰是火力发电厂用煤粉做燃料,从烟气中收集下来的飞灰。

当砼掺了磨细粉煤灰后,它可以用来填充界面区存在的大量孔隙,并且使粉煤灰中的活性 Al₂O₃、SiO₂ 与界面存在的 Ca(OH)₂ 反应(二次水化反应),生成新的水化产物来填充孔隙增加密实度,能使水泥浆和骨料粘结力增强,可以大大降低粗骨料薄弱区的影响,明显改善砼内部结构,从而改善了砼的后期强度。利用粉煤灰的活性在满足强度要求的同时,使水胶比不至于太低,有利于兼顾砼的其他性能,使之具有较高富余强度,提高生产施工中强度的保证率。

大量试验研究和工程实践表明,砼中掺入一定数量的优质粉煤灰后,不但能代替部分水泥,而且具有物理减水作用,由于粉煤灰颗粒呈球状,具有滚珠效应,起到润滑作用,可改善砼的流动性、粘聚性和保水性,并且能够补充泵送砼中粒径在 0.315 mm 以下的细集料,达到 15% 额定要求,从而改善可泵性。

3 配制泵送砼的技术要求

1) 泵送砼施工应严格按照泵送砼施工技术规范、规范进行。除满足设计强度、耐久性外,还要考虑泵送距离、具体的施工条件等因素,合理选定配合比,确定适宜的坍落度、砂率、水灰比及水泥用量。

2) 泵送砼的坍落度较现场拌制的低塑性砼大,在砼浇注后应及时压面和反复搓面,以改善砼表层结构,防止砼出现不均匀收缩,砼终凝前应及时密封,进行保温和保湿养护,这样可减少砼表面热扩散,减少内外温差,延缓散热时间,控制降温速率,有利于砼强度增长和应力松弛,避免产生贯穿裂缝。

3) 应均匀振捣,时间一般为 10~30 s。避免漏振或过振,防止砼离析和出现沉降裂缝。

4) 为提高砼的可泵性,降低水化热,增加密实度,增加砼的和易性,在满足砼强度的前提下,严格按照比例掺入粉煤灰和减水剂。粉煤灰按胶凝物重量的 10% 掺入,等量代替水泥。

5) 在砼基本组成材料中,碎石最大粒径应不大于泵送砼时输送管道内径的 1/3,它的颗粒级配应采用连续级配。

4 材料组成对泵送砼的影响

4.1 粒径

粗骨料的最大粒径是影响泵送砼流动性和强度的重要因素,选择最大粒径分别为 15,20,31.5,40,50 mm 连续级配的碎石来配制 C₅₀ 泵送砼,试验结果见表 3。

表 3 粗骨料粒径对泵送砼的影响

序号	粗骨料最大粒径/mm	坍落度/mm	R ₂₈ /MPa	流动性评价
1	15	21.0	66.4	砼较稠
2	20	20.5	64.3	
3	31.5	20.0	62.0	基准泵送砼
4	40	19.5	57.6	稍有泌水
5	50	18.5	50.5	严重泌水

从表 3 可以看出粗骨料最大粒径的变化对坍落度影响不大,但随着粗骨料最大粒径的减小,砼的粘聚性明显增大,不利于泵送。随着粗骨料最大粒径的增大,砼离散性有所增加,出现严重泌水或离析现象。随着粗骨料粒径的增大,由于砼和易性变差,砼中的缺陷增多,再加上大骨料本身的缺陷比小粒径骨料要多些,故砼的抗压强度会随之降低,特别是当粗骨料粒径大于 31.5 mm 时,砼抗压强度显著降

低。综上所述,泵送砼的最大粒径以 31.5 mm 为宜。

4.2 碎石的针片状含量

砼中粗集料针片状含量越多,则粗骨料的比表面积越大,需水量就相应的增加。同时,骨料颗粒间机械啮合力也相应增大,颗粒间相互制约,由于减少了砼的流动性。为了研究针片状含量对泵送砼强度和流动性的影响,在砼配合比其它因素不变的条件下,使粗集料中碎石的针片状含量分别提高到 10 %、15 %、20 %、25 %,试验结果见表 4。

表 4 针片状含量对砼坍落度和强度的影响

序号	针片状含量/ %	坍落度/ mm	R ₂₈ / MPa	流动性评价
1	5	20.0	63.5	基准泵送砼
2	10	19.8	59.2	
3	15	19.5	53.8	坍落度下降
4	20	15.6	46.6	坍落度明显下降
5	25	13.2	41.2	开始出现离析

从试验结果可以看出,随着针片状含量的增多,砼坍落度明显减少,同时由于针片状含量的增多,使砼失去匀质性,在砼成型过程中出现分层,使其抗压强度下降。从表 4 可以看出,当针片状含量增加到 5 %时,砼的流动性和砼 28 d 抗压强度基本不受影响。当针片状含量超过 20 %时,砼的流动性和 28 d 抗压强度明显下降。故配制 C₅₀ 泵送砼时,粗骨料的针片状含量不宜超过 10 %。

4.3 砂率

将基准砼中 40 %的砂率分别改为 34 %、36 %、38 %、40 %、42 %、44 %后进行试验,其结果见表 5。

表 5 砂率对泵送砼的影响

序号	砂率/ %	坍落度/ mm	R ₂₈ / MPa	流动性评价
1	34	17.6	63.6	不适于泵送
2	36	17.0	61.4	流动性较差
3	38	20.5	60.3	流动性略差
4	40	20.0	62.7	基准泵送砼
5	42	18.0	62.1	
6	44	18.5	59.8	粘聚性显著增加

从试验结果可知,当砂率达 44 %时,砼粘聚性显著增大,流动缓慢,泵送阻力将会增加,对泵送不利。当砂率小于 36 %,砼强度值较大,但由于砂过少,难以发挥其润滑和对粗集料间隙的填充作用,故

流动性变差。在泵送过程中,容易在泵压下出现砂浆与粗骨料分离现象,造成堵泵。综上所述,砂率以 40 % ~ 44 %较为理想。

5 泵送过程中应注意的问题

5.1 泵送速度控制

在钢模外端面设 2 个观察孔,观察砼的泵送速度。当下面的观察孔有水泥砂浆溢出量,用木塞堵塞观察孔,同时敲打钢模两侧,检查两侧的泵送砼填充情况,当上面的观察孔有砂浆溢出时,将观察孔堵实后通知泵机点动泵送,直到将全部钢模填充密实。

5.2 泵机操作控制

泵送时尽量保持连续进行。当停机时间超过 45 min 时,排空并清洗干净砼缸、分配民阀、料斗、输送管中的砼,用正泵、反泵操作不能全部将砼料排除干净,剩余部分用人工进行清理,否则会引起泵水清洗管道时发生堵塞。

5.3 堵管故障的排除

在泵送施工前,要严格按技术交底组织进行,否则容易发生堵管。当泵送发生异常情况时,泵机机手要能够根据泵机压力变化和泵送声音、泵管振动幅度等及时准确判断,同时放慢泵送速度,当泵送压力一下突破 16 MPa 达到 32 MPa 时,立即按堵管处理,不能采取“正泵、反泵”的方式活动管道中的砼来排除堵管。应迅速找准堵管位置后,进行排除处理。

6 结束语

通过 C₅₀ 泵送砼配合比设计过程的研究及具体工程的应用效果来看,可以得到以下一些经验:

- 1) 砼配制的关键是保证原材料投放的准确性;
- 2) 粗骨料最大粒径以 31.5 mm 为宜;
- 3) 粗骨料的针片状含量不得超过 10 %;
- 4) 对粗砂而言,砂率以 40 % ~ 44 %为宜;
- 5) 粉煤灰是良好的掺合料,其等量取代水泥量以 10 %为宜;
- 6) 外加剂的选择与掺量应考虑配制砼的坍落度损失情况。

参考文献:

[1] 颜荣庆. 液压与液力传动[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990.
[2] 赵志缙, 赵 帆. 砼泵送施工技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.