

清水混凝土性能控制与缺陷修补

潘寿东, 王木柯

(中铁十六局集团第三工程有限公司, 浙江 湖州 313000)

摘要:结合上海磁悬浮工程,介绍了清水混凝土特殊性能需要的原材料选择及施工控制,并提出清水混凝土外观出现缺陷时的修补措施。通过施工过程各环节对混凝土性能的控制,清水混凝土是完全可以做到内实外美的自然效果。

关键词:清水混凝土;性能控制;缺陷修补;上海磁悬浮工程

中图分类号:TU528.38 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)02-0109-04

0 前言

上海磁悬浮快速列车工程是世界上第一条投入商业运营的集城市交通与观光为一体的高速交通工程。我局承担一标施工,线路总长10.3 km,线路结构形式为独柱墩和双柱墩,墩柱为C30钢筋混凝土29 000 m³,盖梁为C40钢筋混凝土11 000 m³,全部采用清水混凝土泵送施工。

清水混凝土是建筑混凝土的一种,它一次成型,不作任何外装饰,直接采用现浇混凝土的自然色作为饰面,要求真实、自然、不加修饰,达到表面光洁、色泽一致、线条平顺、棱角分明的效果。所以除模板、振捣和养护等因素外,混凝土本身的特殊性能及基于特殊性能需要的质量控制是否满足施工要求是清水混凝土达到内实外美的关键。

1 清水混凝土因性能原因容易产生问题

清水混凝土因性能不能满足施工需要,容易导致色差、砂痕、毛细裂缝、气泡、蜂窝麻面、花斑或粗骨料透明层等外观质量的问题出现,并可能影响混凝土强度。

1.1 色差

混凝土生产时水计量不准或控制不严导致坍落度忽大忽小,或因为原材料使用不一致。

水计量装置出现问题或粗骨料堆放场因堆放高度、瞬间天气变化等原因导致含水量差异太大,又未及时调整用水量,不同搅拌车次间坍落度值差异太大,使得混凝土出现外表面水纹;当原材料在使用过程中出现变化,对混凝土色泽影响更是显而易见

的,特别是水泥与外掺料的变化,水泥与外掺料与水反应在混凝土中形成包裹骨料的浆体,当水泥与外掺料因生产厂家、规格型号、强度等级等出现变化时,使用不同原材料的混凝土明显有色泽上的差异。

1.2 砂痕

混凝土中所用细骨料细度模数较小、粗骨料级配不均、或掺加大量的玻璃质矿物料所致。

所用细骨料细度模数小,比表面积增大,或粗骨料级配不均,填充料增加,用水量均会相应增大,振捣后混凝土表层形成游离水层;或因掺加大量的玻璃质矿物料,其颗粒呈球形,表面光洁,不保水,容易产生泌水,同样在混凝土表层形成游离水层,混凝土泌水后的大量表层水因振捣由表面向下部渗透冲洗骨料,浆体稀释后流失,层致砂痕的出现。

1.3 毛细裂缝

为提高混凝土的可泵性,掺加大量比重较小的外掺料、水泥用量过多或砂率过高所致。

清水混凝土中掺加外掺料可以改善混凝土工作性能,调节混凝土凝结时间,并可部分取代水泥,产生经济效益,但外掺料一般比重较小,当掺量过多时,部分未能完全作为粗骨料的填充料,形成混凝土表层局部浮浆,导致毛细裂缝的产生;水泥用量越大,混凝土工作性能越好,但水泥用量过高,水化热大,当混凝土表面达到不强度发展所需要的环境温度和湿度时,也容易产生毛细裂缝;砂率过高,胶凝浆体不能完全包裹细骨料,混凝土表层水化不均,同样可以导致毛细裂缝的出现。

1.4 花斑或粗骨料透明层

混凝土中砂率偏低或粗骨料色泽不均所致。

砂率偏低,细骨料填充不足,浆体未能完全包裹粗骨料,成型后混凝土表面可肉眼观察到若干似鳞状或线型的粗骨料体,形成花斑或粗骨料透明层,当

收稿日期:2005-07-04

作者简介:潘寿东(1964-),男,浙江温岭人,高级工程师,总工程师,从事市政、公路、铁路等工程施工和方案研究工作。

粗骨料原材为玻璃状或细粒斑状的岩石时(如玄武岩),混凝土表层花斑或粗骨料透明层则更为明显。

1.5 蜂窝麻面

混凝土中砂率过低所致。

粗骨料含量过多或针、片状含量大,细骨料含量严重不足,在混凝土中粗骨料之间没有足够的填充料,形成蜂窝状的麻面。

1.6 气泡

混凝土坍落度过大或含气量过多所致。

清水混凝土一般应掺入适量的泵送剂或高效减水剂,提高工作性能,减少用水量,当用水量过大,在振捣过程中,部分游离水不能完全排出,拆模后混凝土表面游离水水气蒸发,形成细小的气泡;含气量过大,部分不能释放的存在于混凝土表面的空气在拆模后挥发,同样形成混凝土气泡。

2 基于清水混凝土性能需要的原材料选择

一般泵送混凝土配合比设计需要考虑泵送性能和成本节约两个方面,而对于清水混凝土要消除外观质量问题,在选择原材料进行混凝土优化设计时,就要优先考虑如何实现良好的可泵性能下对混凝土中水的最佳控制。

2.1 水泥

混凝土强度取决于水泥特性和水泥用量,用较高的水泥用量可增加混凝土的工作性能。在非高强混凝土的配合比设计中采用与混凝土强度同等级的水泥在经济和工作性能方面均较佳。水泥品种的选择,一般不宜采用火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥,因为火山灰质硅酸盐水泥需水量大、易收缩,而矿渣硅酸盐水泥保水性差、易泌水。适宜采用粉煤灰硅酸盐水泥、硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥,首选为硅酸盐水泥,要求定生产厂商、定标号、定批号,最好能做到同一熟料。

2.2 细骨料

采用Ⅰ区砂,需提高砂率并保持足够的水泥用量,以满足混凝土的和易性,则成本增加;而采用Ⅲ区砂时,因0.65 mm以下的细颗粒含量偏多,比表面积增大,混凝土需水量增加,用灰量也偏高,干缩性大,容易泌水和产生微裂缝;一般适宜采用细度模数为2.3~3.0的Ⅱ区中砂,含泥量和泥块含量按国标分别控制在3.0%和1.0%以内,要求定产地、定细度模数、定颜色。

2.3 粗骨料

选择立方形、石质好、强度高、色差一致、最大公

称粒径上限在31.5 mm以下的连续级配碎石,含泥量和泥块含量按国标分别控制在1.0%和0.5%以内,特别对影响混凝土和易性的针、片状含量在国标15%的基础上提高至控制在8%以内,要求定产地、定规格、定颜色。

2.4 活性掺合料

一般预拌泵送混凝土均选择矿渣胶结材料和粉煤灰等细粉末矿物作为掺合料。主要成份为玻璃质颗粒的矿渣胶结材料,其保水性能差,容易泌水,此特点决定了在清水混凝土中不宜使用;而适当掺用粉煤灰,既可以改善混凝土流动性,提高混凝土后期强度,节约水泥用量,又可以调节混凝土凝结时间,在非高标清水混凝土施工中是适用的,粉煤灰宜选用细度按GBJ 146-90规定Ⅱ级粉煤灰以上产品,要求定供应厂商、定细度,且不得含有任何杂物。

2.5 外加剂

与一般泵送混凝土相比,清水混凝土对于外加剂的选择尤为重要。首先它必须高效减水,尽量减少用水量,与水泥匹配,不泌水,又能极大改善混凝土的工作性能,提高混凝土的性能价格比,要求定厂商、定品牌、定掺量。

2.6 水

拌合用水中的有害物质会影响混凝土的和易性及凝结时间,有损强度发展,并可能降低混凝土耐久性,加速钢筋腐蚀。非饮用水须经检验合格后方可使用,但考虑非饮用水特别是流动河水潜在的可能污染,一般选择符合国家标准的生活饮用水,以保证质量。

在磁悬浮项目清水混凝土配合比设计中,经大量的试验对比,水泥选用了强度富余系数较高的南京龙潭水泥厂“双猴”牌含碱量小于0.6%的普通硅酸盐水泥,C30和C40混凝土分别采用32.5和42.5等级;骨料采用在上海预拌混凝土搅拌站大量使用的浙江湖州5~31.5 mm连续级配碎石和湖北巴河中砂;掺合料选用需水量小的上海吴泾热电厂Ⅱ级粉煤灰;外加剂选用上海浦华厂PH高效减水剂;搅拌站紧靠黄浦江的支流川杨河,其水质经化验符合拌合用水标准,但考虑到川杨河系重要水上航道易受污染,最终选用自来水作为拌合用水。

3 施工过程中的清水混凝土性能控制

在材料和浇筑方法允许的条件下,尽可能采用低的坍落度和水灰比。对于泵送混凝土,坍落度一般为100±20 mm,水灰比不应大于0.65,以减少泌

水的可能性。同时要求混凝土含气量不超过5.0%，砂率控制在40%~50%。

对首批进场的原材料经试验室取样复试合格后，应立即进行“封样”，以后进场的每批采料均与“封样”进行对比，发现有明显色差的不得使用。在清水混凝土的生产过程中，一定要严格按试验确定的配合比投料，不得带有任何一点随意性，并严格控制水灰比和搅拌时间，随气候变化随时抽验砂、碎石的含水量，及时调整用水量。

(1) 严格碎石堆放场堆放高度：搅拌站靠近河道，碎石堆放场采用皮带输送，31.5 mm级配碎石堆放高度控制在5 m以下，因为超过5 m的高度产生颗粒离析使堆放场周边大颗粒大量集中，严重改变原有碎石颗粒比例，致使改变混凝土配比各物质的比例，影响混凝土和易性及其它性能。

(2) 严格监控材料含水量变化：骨料的含水量是随堆放时间、堆放高度、天气变化而不断变化的，现场试验表明，堆放10 m高度的细骨料因堆放时间的推移，上、下含水量差值可达5%以上。如果骨料含水量控制不准确，水灰比增大将直接影响混凝土性能和质量。现在一些先进的混凝土搅拌站可用红外线照射方式在集料下料过程中直接计算材料含水量并作拌合用水的相应调整，含水量控制较准确；但人工监控只要得力，根据各种变化及时调整用水量，同样可以取得理想的效果。

(3) 现场坍落度控制：泵送混凝土坍落度一般要求在 120 ± 30 mm，但对于外观质量要求较高的清水混凝土，要严格控制用水量，坍落度需要控制在 100 ± 20 mm。到达施工现场的混凝土需逐车测量坍落度，严格控制在要求范围内。

(4) 不同部位间的色差控制：混凝土的外观取决于浆体颜色，即水泥、掺合料品种及胶体等之间的比例。同一搅拌站生产的混凝土因原材料一致，性能稳定，浇筑后的墩柱与墩柱、墩柱与盖梁之间色泽一致，无部位间的色差。但现场施工进度快，不可避免出现同一时段多家搅拌站供应浇筑混凝土的现象，因此首先在选择商品混凝土时协调好不同供应厂家的胶体材料的品种及规格是必要的。但混凝土配合比设计复杂，原材料出厂时间跨度长，要求统一原材料及配合比不太实际，为此考虑在施工现场以河两岸、路两侧等为标准划分不同的施工区段，通过视觉上的差异来抵消因不同厂家浇筑的混凝土引起的色差。

通过从原材料的选择到施工过程中对混凝土性

能的控制，从源头上确保了浇筑后的混凝土无色差、光洁平顺的自然效果。

4 外观缺陷的修补

尽管从模板加工、配合比设计、到施工控制各个环节来保证浇筑后的混凝土色泽自然光洁、线条平顺优美，但因为施工中不可预见的因素较多，任何一个环节出现差错都直接影响清水混凝土的外观质量，导致色差、毛细裂缝、砂痕、气泡、花斑、蜂窝、麻面等现象的出现。为此必须通过细致的修补外观缺陷来还原清水混凝土本来的自然美。

4.1 外观缺陷修补工艺框图

外观缺陷修补工艺框图见图1所示。

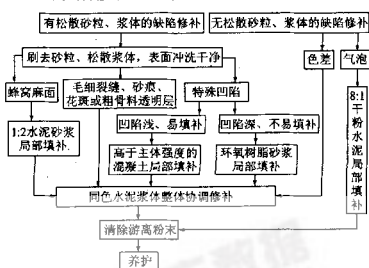


图1 外观缺陷修补流程框图

4.2 色差、毛细裂缝、砂痕、花斑或粗骨料透明层等表面缺陷的修补

混凝土表面产生毛细裂缝，除性能原因外，还有其它方面的原因，如养护不足、脱模过早、入模温度太高（产生水化热）等；色差，除性能原因外，还有模板锈蚀、搅拌时间不足、脱模剂施涂不均和养护不稳定等原因；砂痕，除性能原因外，还有模板接缝不密、振捣太强等原因；花斑或粗骨料透明层，除性能原因外，还有振动过头和模板挠曲等原因。

4.2.1 修补原因

配置同混凝土浆体颜色一致的修补浆体，均匀涂抹于混凝土表面（必要时浆体掺入适量的建筑胶水，或在需修补的结构体表面涂刷建筑胶水，以增加粘结力），利用混凝土前期强度发展的水化热过程进行养生，使修补浆体同混凝土主体部分结合为一整体，达到色泽一致的效果。

4.2.2 材料准备

与主体结构相同的混凝土配比品种、规格、强度等级的水泥及白水泥若干重量。

4.2.3 修补工具

装饰专用滚刷、钢丝刷、擦拭用海绵块、细砂纸、透明胶、混凝土养护用塑料薄膜等若干。

4.2.4 修补浆体配制

在上海磁悬浮项目中,根据水泥、掺合料品种及胶体间比例等实际情况,经现场反复试验,确定同色浆体配制为:按重量比,同浇筑主体混凝土配比品种、规格、强度等级的水泥8份和白水泥1份,水灰比0.70,水泥、白水泥和水充分搅拌均匀。

4.2.5 修补方法

在浇筑主体混凝土强度增长至设计要求的30%~40%时,即拆除侧模,将拌制均匀的修补浆体用滚刷一次性自上而下涂刷于需修补主体的表面,待浆体硬化后,用海绵块按照浆体涂刷的顺序轻轻地将表层游离粉末清扫干净,若表面仍有粗糙不平时,则用细砂纸将结构体表面均匀地打磨光洁,并用清水冲洗洁净。修补时应注意:

(1)浇筑主体一般只是局部区域出现色差、毛细裂缝、砂痕、花斑或粗骨料透明层等外观质量问题,但浆体修补时应是主体的整体协调修补,避免在修补部位与未修补部位间出现色差,影响美观。

(2)修补前应注意在毛细裂缝、砂痕、花斑或粗骨料透明层出现的地方用钢丝刷刷去砂粒和松散浆体,并用清水冲洗干净,避免修补后的浆体与整体分离形成裂缝,甚至脱落。

4.2.6 养护

修补后迅即用塑料薄膜将主体整体覆盖,并用透明胶密封,利用混凝土本身强度发展时产生的水化热过程进行养护,确保修补后的浆体不与主体本身产生分层脱皮。

4.3 蜂窝、麻面的缺陷修补

因模板漏浆或振捣不均,水泥浆缺失,导致表面粗糙并形成麻面,严重的因砂浆少、石子多,石子间出现空隙导致蜂窝状的孔洞出现。对于蜂窝、麻面的修补,方法如下:

(1)用钢丝刷刷去表面松散砂粒及浆体,并用清水冲洗干净。

(2)同主体混凝土品种、规格、强度等级的水泥和细度模数2.0左右的细砂,按重量比1:2配制水泥砂浆填补。

(3)填补后再按前面所述的色差等表面缺陷修补方法进行表面修补并及时养护。

4.4 气泡的缺陷修补

混凝土表面产生气泡,除性能原因外,还有模板不吸水、模板表面湿润性能不良以及混凝土捣固时

间不足等原因。

经现场反复试验,确定该项目清水混凝土中,对于面积较小的气泡修补方法为:同主体混凝土品种、规格、强度等级的水泥和白水泥按重量比8:1配制干粉水泥,搅拌均匀后用抹布蘸抹填补气泡部位,并进行养护。

4.5 特殊凹陷修补

对于因施工中局部模板焊缝、连接螺杆松动断裂引起混凝土跑漏或拆模后局部碰撞的修复,因面积大、凹陷深,首先应进行凹陷部位的填补。凹陷填补方法如下:

(1)凹陷浅、易于填补的应先配制高于主体本身混凝土等级的修补混凝土填满凹陷部位,填补后再按前面所述的色差等表面缺陷修补方法进行表面修补并及时养护。

(2)当凹陷部位面积过大、深度过深且一般混凝土不易粘补时应配制环氧树脂砂浆填补。

a. 环氧树脂砂浆填补浆体的配制:同主体混凝土或高于主体混凝土品种、规格、强度等级的水泥;细骨料:糠醇;乙二缩缩水甘油醚:YH-82固化剂:E44或E51环氧树脂,按重量比1:2.5:0.05:0.2:0.3:1配制,首先将E44或E51环氧树脂、糠醇和乙二缩缩水甘油醚均匀拌合在一起配成环氧树脂混合液,再将水泥和砂均匀掺合,然后将YH-82固化剂加入到环氧树脂砂浆混合液中,搅拌均匀后倾倒在掺合好的水泥和砂上拌合均匀即可使用。这一配制的特点是强度高(28d抗压强度可达100MPa)、凝结时间快,因此要求拌制后填补迅速。

b. 填补前应将需粘结修补的混凝土表面凿毛,用钢丝刷刷去松动水泥砂浆及石子,并用压力水或高压空气将粘结表面清洗干净,再把配好的环氧树脂砂浆填补于粘结面上。

c. 填补后的表面修补按前面所述的色差等表面缺陷修补方法进行。

5 结束语

清水混凝土的质量是由混凝土性能、模板、钢筋绑扎、浇筑和养护等因素控制,其中混凝土性能是关键的因素。只要完全掌握清水混凝土的性能,通过施工过程各环节对混凝土性能的控制,并重视其它不可勿视的因素,清水混凝土是完全可以做到内实外美的自然效果。即使出现某些缺陷,只要通过对缺陷的艺术再加工,同样可以恢复清水混凝土本来的光洁自然和朴实美观的设计风格。