

大体积混凝土长距离运输的施工

摘 要 该文介绍浙江萧山国际大酒店(30 层)大型基础底板泵送商品混凝土 在夏季高温施工条件下,通过严格控制混凝土温度、降低内外温差、预防收缩缝、运程 35km 的情况下减少坍落度损失、延缓凝结时间,确保顺利泵送和浇筑质量所采取的一系列技术措施及其取得的效果。

关键词 大体积混凝土 泵送商品混凝土

1 工程概况和特点

萧山国际大酒店是 1995 年竣工的中外合资四星级高级宾馆,地处萧山市区西北角,建筑面积 42500m²,主楼 28 层,为内筒外框钢筋混凝土结构,总高度 107m,裙房 3~4 层,地下层 2 层,主楼地下室由 104 根 1000 钻孔灌注桩支承,基坑挖深 8.7m,混凝土底板厚 2.6m,混凝土设计强度等级 C30,混凝土总量 3500m³(其中主楼底板 2700m³),全部采用泵送商品混凝土,坍落度 12±2cm,要求一次连续浇筑,不留施工缝。

工程特点是:①混凝土运输距离远,从杭州搅拌站到萧山施工现场达 35km,且市区交通拥挤,道路堵塞严重,在通行相对正常的情况下,混凝土运达现场约需 1.25~1.5h;②基础混凝土浇筑按工期和施工进度要求,安排在 8 月上旬,正值盛暑炎热,且当年出现百年一遇长达两个月的持续高温,日最高温度达 39℃;③结构体积大,主楼基础长宽各 33m,厚 2.6m,且嵌有暗梁,钢筋密集,施工技术要求高。根据这些特点,除必须满足混凝土强度和耐久性等要求外,其关键是确保混凝土的可泵性,控制混凝土的最高温升及其内外温差,防止结构出现有害裂缝。

2 施工技术措施

大体积混凝土由外荷载引起的裂缝的可能性很小,而混凝土硬化期间水化过程释放的水化热和浇筑温度所产生的温度变化和混凝土收缩的共同作用,由此产生的温度应力和收缩应力,是导致结构出现裂缝的主要因素。因此,主要采用减少水泥用量以控制水化热,降低混凝土出机温度以控制浇筑温度,并采取保温养护等综合措施来限制混凝土内部的最高温升及其内外温差,控制裂缝并确保高温情况下顺利泵送和浇筑。

2.1 限制水泥用量降低混凝土内部水化热

(1)选择水泥。选用杭州水泥厂水化热较低的#425 矿渣硅酸盐水泥。其早期的水化热与同龄期的普通硅酸盐水泥相比,3d 的水化热约可低 30%。

(2)掺加磨细粉煤灰。在每立方米混凝土中掺加粉煤灰 75kg,改善了混凝土的粘聚性和可泵性,还可节约水泥 50kg。根据有关试验资料表明,每立方米混凝土的水泥用量每增减 10kg,其水化热引起混凝土的温度相应升降 1~1.2℃,因此可使混凝土内部温度降低 5~6℃。

(3)选用优质外加剂。为达到既能减水缓凝,又使坍落度损失小的要求,经比较,最后选用了上海产效果明显优于木钙的 E.A—2 型缓凝减水剂,可减少拌和用水 10%左右,相应也减少了水泥用量,降低了混凝土水化热。

(4)充分利用混凝土后期强度。实践证明,掺优质粉煤灰混凝土后期强度较高,在一定掺量范围内 60d 强度比 29d 约可增长 20%左右。同时按《粉煤灰混凝土应用技术规范(GBJ 146—90)》,地下室内工程宜用

60d 龄期强度的规定。为了进一步控制温升，减少温度应力，根据结构实际承受荷载情况，征得设计单位同意，将原设计混凝土 28d 龄期 C30 改为 60d 龄期 C30(即用 28d 龄期 C25 代替设计强度)，这样可使每立方米混凝土的水泥用量减少 50kg，混凝土温度相应随之降低 5~6℃。

(5)综合上述因素，考虑高温和远距离运送造成的坍落度损失较大，取出机坍落度 $18\pm 2\text{cm}$ ，水泥用量控制在 370kg/m^3 以下。由于降低水泥用量可降低混凝土温度 $16\sim 18^\circ\text{C}$ 。

2.2 用原材料降温控制混凝土出机温度

根据由搅拌前混凝土原材料总热量与搅拌后混凝土总热量相等的原理，可求得混凝土的出机温度 T，说明混凝土的出机温度与原材料的温度成正比，为此对原材料采取降温措施：①将堆场石子连续浇水，使其温度自浇水前的 56°C 降至浇水后的 29°C ，且可预先吸足水分，减少混凝土坍落度损失；②黄砂在钱塘江码头起水时，利用江水淋水冷却，使之降温。③虽混凝土中水的用量较少，但它的比热最大，故在搅拌混凝土用的 3 只贮水池内加入冰块，使水温由 31°C 降到 24°C ，总共用去冰块 75t。这样一来，经计算出机温度 T 为 32.8°C ，37 次实测的平均实测值 33.2°C ，送达现场的实测温度为 34.60°C ，从而使入模温度大为降低。

2.3 保持连续均衡供应控制混凝土浇筑温度

(1)为了紧密配合施工进度，确保混凝土的连续均匀供应，经过周密的计算和准备，安排南星桥和六堡两个搅拌站同时搅拌，配备了 18 辆 6m^3 搅拌车和两只移动泵，在三天四夜里始终保持了稳定的供应强度，基本上做到了泵车不等搅拌车，搅拌车不等泵车，未发生过一次由于相互等待而造成堵泵现象。

(2)本工程基坑挖深 8.7m，坑内实测最高气温达 62°C ，为避免太阳直接暴晒，温度过高，造成浇筑困难，采取在整个坑顶搭盖凉棚，并安设了通风散热设施，使坑内浇筑温度大幅度降低，接近自然气温，不仅控制了最高温升，而且改善了工人劳动条件，得以顺利浇筑。

(3)为不使混凝土输送管道温度过高，在管道外壁四周用麻袋包裹，并在其上覆盖草包并反复淋水、降温。

(4)考虑混凝土的水平分层浇筑装拆管道过于频繁，施工组织工作难于实施，故采取斜面分层浇筑，错开层与层之间浇筑推进的时间以利用下层混凝土散热，但上下层之间严格控制，不得超过混凝土初凝时间，不得出现施工“冷缝”。由于泵送混凝土的浆体较多，在浇筑平仓后用直尺刮平。约间隔 $1\sim 2\text{h}$ ，用木蟹打压两次，以免出现表面收水裂缝。

2.4 加强混凝土保湿保温养护

混凝土抹压后，当人踩在上面无明显脚印时，随即用塑料薄膜覆盖严实，不使透风漏气、水分蒸发散失并带走热量。且在薄膜上盖两层草包保湿保温养护，以减少混凝土表面的热扩散，延长散热时间，减少混凝土内外温差。经实测混凝土 3 天内表面温度在 $48\sim 55^\circ\text{C}$ 之间，且很少发现混凝土表面有裂缝情况。

2.5 通过监控及时掌握混凝土温度动态变化

(1)温度监控的最终目的是为了掌握混凝土内部的实际最高温升值和混凝土中心至表面的温度梯度，保证规

范要求的内部与表面的温差小于 25℃及降温速率。

(2)温度是直接关系整个混凝土基础质量的关键。为了客观反映混凝土温度状况，进行原材料温度、出机温度、入模温度、自然温度、覆盖养护温度、混凝土内部温度、棚内温度等 7 个项目的测试，便于及时调整温控措施。

(3)主楼基础的混凝土温度按不同平面部位和深度共布置了 25 个测点(图 1)，由专人负责连续测温一周，每间隔 2h 测一次，比规范规定每 8h 测 2 次的频度要大些。

3 效果及结论

(1)混凝土强度按《混凝土强度检验与评定标准(GBJ 107-87)》进行了测试，有关结果 如表 1，属合格。

(2)由于采用了“双掺技术”(缓凝减水剂和磨细粉煤灰)，延缓了凝结时间，减少了坍落度损失，改善了混凝土和易性和可泵性。使得混凝土在高温、远距离运送条件下仍能顺利泵送，也未发生堵泵。

(3)混凝土出机温度和入模温度共实测 37 次，原材料温度测试 20 次，混凝土内外温度连续测一周，混凝土中心最高温度出现在浇注后的 3~4d 之间，与文献介绍的一致。内外温差仅为 15℃，且低于规范规定不得大于 25℃的要求。

(4)经各有关单位的严格检查和近年来的使用，未发现有害裂缝(仅表面有个别收水裂缝)。混凝土密实平整光洁，无蜂窝麻面。