

泵送混凝土裂缝的产生及其防治

孟庆钧

(上海市城市建设投资开发总公司, 上海 200233)

摘要: 泵送混凝土具有水泥用量多、单位用水量大、砂率高和掺化学外加剂的特点, 结构物容易产生裂缝。该文从温差、沉陷收缩、干缩引起的裂缝进行分析, 提出了从合理选用原材料、合适的配合比、改进施工工艺、加强科学养护等方面采取措施、防止裂缝产生。

关键词: 泵送 混凝土 裂缝 产生原因 防治措施

混凝土是粗集料、细集料、水泥、水和气体所组成的非均质堆聚结构。混凝土混合料在不同的温湿度条件下凝结硬化, 并同时产生体积变形。由于水泥的干燥和冷却收缩大, 集料的干燥和冷却收缩小, 而水泥和集料又相互黏结约束, 所以变形会产生微裂缝。

泵送混凝土, 特别是在高强度、大流动性条件下, 由于水泥用量多、单位用水量大、砂率高和掺化学外加剂, 因此混凝土干燥收缩时更易产生裂缝。对此必须引起足够重视。

产生裂缝的主要原因有以下三种:

1 温差裂缝

1.1 产生原因

水泥水化过程中产生大量的热量, 每克水泥放出 502 J 的热量。在水泥用量为 350~550 kg/m³ 时, 每方混凝土将散放出 17500~27500 kJ 的热量, 从而使混凝土内部温度升高 35℃ 左右。按我国施工验收规范规定浇筑温度为 28℃, 则混凝土内部温度可达 65℃ 左右。水泥水化热在 1~3d 可散放出 50% 热量。由于热量的传递、积存, 混凝土内部的最高温度发生在浇筑后的 3~5d。混凝土内部和表面的散热条件不同, 混凝土中心温度高, 表面和中心形成温度梯度, 造成温度变形和温度应力。温度应力与温差成正比, 温差越大, 温度应力也越大。当这种温度应力超过混凝土的内外约束应力时, 就会产生裂缝。裂缝出现在混凝土浇筑后的 3~5d。初期出现的裂缝很细, 随着时间的发展而继续扩大, 甚至贯穿。

1.2 防治措施

混凝土内部的温度与混凝土结构厚度、水泥品

种、用量有关。混凝土结构越厚、水泥用量越大、水化热越高的水泥, 其内部温度越高, 温差越大, 形成的温度应力越大, 产生裂缝的可能性也越大。对于大体积混凝土, 温度应力与结构尺寸相关, 在一定尺寸范围内, 混凝土结构尺寸越大, 温度应力也越大, 引起裂缝的危险性也越大。因此, 防止大体积混凝土出现裂缝, 最根本的措施就是控制混凝土内部与表面的温度差。

1) 混凝土原材料和配合比的选用

① 水泥品种选择和水泥用量控制: 选用中热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥可以减小混凝土内部与表面的温差。在掺加泵送剂或粉煤灰时, 可选用矿渣硅酸盐水泥。大量试验研究和工程实践表明, 每方混凝土的水泥用量增减 10kg, 其水化热将使混凝土的温度相应升高或降低 1℃。因此, 可以根据工程结构受力情况, 对结构强度复核与验算, 充分利用混凝土后期强度, 减少水泥用量, 控制水化热造成的温度升高和减小温度应力。

② 掺加粉煤灰: 国内外大量试验研究和工程实践表明, 混凝土中掺入一定数量优质粉煤灰后, 不但能代替部分水泥, 还可改善混凝土拌合物的流动性、黏聚性和保水性; 能补充泵送混凝土中细集料的比例, 改善可泵性。粉煤灰的活性 Al_2O_3 、 SiO_2 与水泥水化析出的 CaO 作用, 生成新的水化产物, 可填充孔隙、增加密实度, 改善混凝土的后期强度。但是, 掺加粉煤灰的混凝土, 其早期抗拉强度和极限变形略有降低。故对早期抗裂要求较高的混凝土, 粉煤灰掺量不宜太多, 宜控制在 10%~15% 以内。

掺加粉煤灰对降低混凝土的水化热和温升的

~28d 龄期内,掺入粉煤灰的百
水化热降低的百分数,即掺加
凝土,其温升和水化热约为未
凝土的 80%。

③ 掺加外加剂:掺加具有减水、增塑、缓凝、引气的泵送剂,可以改善混凝土拌合物的流动性、黏聚性和保水性。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,从而减少温差裂缝。

④ 选用质量优良的粗细集料:要优先选用天然连续级配的粗集料可根据结构最小断面尺寸和泵送管道内径,尽可能选用较大的粒径,使混凝土具有较好的可泵性,从而减少用水量、水泥用量,进而减少水化热。细集料以采用级配良好的中砂为宜。实践证明,采用细度模数 2.8 的中砂比细度模数 2.3 的中砂,用水量少、水泥用量少,从而降低了水泥水化热、混凝土温升和收缩。泵送混凝土宜选用合理砂率,含砂率高,混凝土流动性好;但含砂率过高,会影响混凝土强度和增大裂缝。

2) 泵送混凝土施工工艺改进

① 控制混凝土出机温度和浇筑温度:为了降低混凝土的总温升,减少大体积工程结构的内外温差,控制混凝土的出机温度和浇筑温度是一个重要措施。我国《水工混凝土施工规范》(SDJ207—1982)规定:高温季节施工时,混凝土最高浇筑温度,不得超过 28℃。为了降低混凝土的出机温度和浇筑温度,最有效的方法是降低原料温度。混凝土中石子比热较小,但所占重量最大,所以必须降低石子温度。在气温较高时,为防止太阳直接照射,可在砂石堆场搭设简易遮阳棚,必要时可向集料喷淋雾状水,或在使用前用冷水冲洗集料,也可在搅拌混凝土时加冰块冷却。此外,搅拌运输车罐体、泵送管道的保温、冷却也是必要的措施。

② 改进工艺:采用二次投料的净浆裹石或砂浆裹石工艺,可以有效地防止水分聚集在水泥砂浆和石子的界面上,使硬化后界面过渡层结构致密、黏结力增大,可提高混凝土 10% 强度或节约 5% 水泥,从而减少水化热和裂缝。对已浇筑的混凝土,在终凝前进行二次振动,可排除混凝土因泌水,在石子、水平钢筋下部形成的空隙和水分,提高黏结力和抗拉强度,减少内部裂缝与气孔,提高抗裂性。养护是十分重要的工序,主要是保持适当温度和湿度条件。保温能减少混凝土表面的热扩散,降低混凝土表层与内部的温差,防止表面裂缝。由于散热时间延长,

混凝土强度和松弛作用得到充分发挥,使混凝土总温差产生的拉应力小于混凝土的抗拉强度,防止了贯穿裂缝的产生。浇筑时间不长的混凝土,仍处于凝结、硬化过程,水泥水化速度较快,适宜的潮湿条件可防止混凝土表面脱水而产生收缩裂缝。在潮湿条件下,还可使水泥的水化充分、完全,提高混凝土的抗拉强度。

2 沉陷收缩裂缝

2.1 产生原因

在以泵送混凝土现浇的各种钢筋混凝土结构中,特别是板、墙等表面系数大的结构,经常出现一种早期裂缝。这种裂缝为断续的水平裂缝,裂缝中部较宽、两端较窄、呈梭状。裂缝经常发生在板结构的钢筋部位,板肋交接处、梁板交接处、梁柱交接处、结构变截面的地方。这种裂缝产生的原因主要是混凝土流动性过大或流动性的不足以及流动不均匀,在混凝土凝结硬化前没有沉实或者沉实不够,当混凝土沉陷时,受到钢筋、模板抑制以及模板移动、基础沉陷所致。裂缝在混凝土浇筑后 1~3h 出现,裂缝的深度通常达到钢筋表面。

2.2 防止措施

严格控制混凝土单位用水量在 107kg/m^3 以下,水灰比在 0.6 以下,在满足泵送和浇筑要求时,尽可能减少坍落度。掺加适量、质量良好的泵送剂和掺合料,可改善和易性和减少沉陷。混凝土搅拌时间要适当,时间过短、过长都会影响拌合物均匀性而增大沉陷。混凝土浇筑时,下料不宜太快,防止堆积或振捣不充分。混凝土应振捣密实,时间以 10~15s/次为宜,在柱、梁、墙和板的变截面处宜分层浇筑、振捣。在混凝土浇筑 1~1.5h 后,混凝土尚未凝结之前,对混凝土进行两次振捣,表面要压实抹光。在炎热的夏季和大风天气,为防止水分过分、过快蒸发,形成内外硬化不均和异常收缩引起裂缝,应采取缓凝和覆盖措施。

3 干缩裂缝

3.1 产生原因

干燥收缩的主要原因是在混凝土硬化较长时间后产生的水分蒸发引起的。混凝土的干燥收缩,水泥干燥收缩造成的。混凝土的水分蒸发、干燥过程是由外向内、由表及里,逐渐发展的。混凝土蒸发干燥非常缓慢,多数在一个月以上才产生干燥收缩裂缝,有时甚至一年半载。裂缝发生在表层很浅的位置,裂缝细微,有时呈平行线状或网状,常常不被人们注视。但是,由于碳化的钢筋锈蚀的作用,干缩裂缝不仅严

渗透性和耐久性,也会使大体积混凝土发展成为更严重的裂缝,影响结构力。

1)水泥品种:一般来说,水泥的需水量越大,混凝土的干燥收缩越大。不同水泥混凝土按干燥收缩大小顺序排列为:矿渣硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、中低热水泥和粉煤灰水泥。从减少收缩的角度出发,宜采用中低热水泥和粉煤灰水泥。

2)水泥用量:混凝土干燥收缩随着水泥用量的增加而增大,但增加量不显著。在有可能的情况下,应尽可能降低水泥用量,通常泵送混凝土的水泥用量偏高,C20~C60混凝土的水泥用量一般为350~600 kg/m³。

3)用水量:混凝土的干燥收缩受用水量的影响最大。在同一水泥用量条件下,混凝土的干燥收缩和用水量成正比、为直线关系。当水泥用量较高,混凝土的干燥收缩随着用水量的增加而急剧增大。水灰比越大,干燥收缩越大。由于混凝土每方用水量过大、混凝土过稀、坍落度过大,且水分蒸发过快,过多易造成沉陷裂缝、干缩裂缝,因此严格控制泵送混凝土的用水量是减少裂缝的根本措施。在混凝土配合比设计中,应尽可能将每方混凝土用水量控制在170kg/m³以下。浇筑墙体和板材,每方混凝土用水量的控制尤为重要。为了降低用水量,掺加适当数量

的减水率高、分散性能好的外加剂是非常必要的。

4)砂率:混凝土的干燥收缩随着砂率的增大而增大,但增加的数值不大。泵送混凝土宜加大砂率,但应通过理论计算和工程实践确定最佳砂率。

5)掺合料:矿渣、硅藻土、煤矸石、火山灰、赤页岩等粉状掺合料,掺加到混凝土中,一般都会增大混凝土的干燥收缩值。但是质量良好、含有大量球形颗粒的一级粉煤灰,由于内比表面积小、需水量少,能降低混凝土干燥收缩值。

6)化学外加剂:掺加减水剂、泵送剂,特别是同时掺加粉煤灰的双掺技术不会增大干燥收缩,但是对于某些减水剂、泵送剂,尤其是具有引气作用时,有增大混凝土干燥收缩的趋势。因此在选用外加剂时,必须选用干燥收缩小的减水剂、泵送剂。

7)膨胀剂:在地下室和防水工程中,掺加适量的膨胀剂可以起到收缩补偿作用,有利于防止裂缝。使用混凝土膨胀剂,要严格控制掺量和保证混凝土有足够强度,否则会适得其反,使混凝土膨胀开裂。

8)养护时间和方法:混凝土浇筑面受到风吹日晒,表面干燥过快,产生较大的收缩,受到内部混凝土的约束,在表面产生拉应力而开裂。如果混凝土终凝之前进行早期保温、保湿养护,对减少干燥收缩有重要作用。

(收到修改稿日期:2004—04—05)

(上接第60页)

密;评标委员会中社会经济、技术专家由专门指定的保密员在上海市建设工程招标投标管理办公室的专家库中随机抽取,在决标之前,评委名单绝对保密;在发出中标通知书之前,中标单位的名单予以保密;在招投标代理的整个过程之中,评标和决标的地点和详细过程予以保密。

对于泄密的情况,依据“谁分管,谁负责”的原则追究责任,并根据造成的影响和危害程度,给予行政

处分并承担相应赔偿责任,情节恶劣、后果严重、构成犯罪的,应依法追究刑事责任。

作为招标代理,不仅要接受招标人和投标人的监督,还要接受政府和社会的监督,以及执业资格考核和执业道德的约束,只有秉承依法招标的宗旨,规范招标工作程序,坚持诚信执业,才能提高整体咨询水平,使招投标活动在公开、公平、公正的环境中运作。

(收到修改稿日期:2004—06—24)

(上接第63页)

资格的认定和执业注册管理制度,对从事该行业的人员实行有效管理。

建立完善的建设工程代建制度,全面发展建设工程代建行业,提高代建行业的资信度,才能让业主放心代建公司代为管理;同时,引入竞争机制,使代建行业不断地提高业务水平和诚信度。这样既能稳定地提高代建单位的业务水平,使代建单位得到健康发展;同时还能避免因建设单位临时组建建设管

理机构,导致管理非专业化,行业从业人员的不稳定,行业整体水平提不高。

6)健全监督检查体系:目前,我国的工程监理机制存在不少问题,监理公司的专业技术力量薄弱,难以胜任对建设资金和工程质量的全面监督的职责。建议对现有质量监理、监督体制作彻底的改革,建立全新的质量、资金使用监督体制。

(收到修改稿日期:2004—06—06)

ment of Earth Pressure Balance Shield
ogy in Metro Tunnel
g Wei Fu Deming
struction Group, Shanghai 200023)

The working mechanism and applicable ground for earth pressure balance shield entry-driving machine are described here. The introduction of the application of earth pressure shield technology in metro tunnel construction in metropolises like Shanghai, Nanjing, Guangzhou etc shows that different types of earth pressure shield machines and cutters should be selected for bad ground. With merits like wide applicable ground type, fast driving speed, satisfactory construction quality etc, earth pressure shield entry-driving machines have been widely used in metro tunnel construction in our country and have a good prospect.

Key words: metro, tunnel entry-driving machine, tunnel engineering, ground condition, construction, earth pressure balance, shield

On Power Save of Lighting of Urban Roads

Lin Xinqin

(Xiamen Municipal Street Lamp Dep, Xiamen 361003)

It's necessary to adopt power saving measures on lighting of urban roads, providing that it should meet the requirements of lighting standard and improve lighting quality. To tap the potentialities of power saving of road lighting and achieve the goal of lighting according to need, discussion has been made on aspects such as the application of lighting facilities of excellent quality and high effect, the application of special transformer for lighting and wire distribution mode of 3 phases 4 wires, and the application of control system optimizing the lighting of road.

Key words: road lighting, power save of lighting, lighting control

On Several Factors Affecting Construction Cost of Project in Total Contract Construction for Enterprises

Le Zhanfeng

(Shanghai Urban Construction Group, Shanghai 200023)

The control of construction cost is a key composite in administration of an enterprise, deciding the economic benefit of an enterprise. In this paper, several factors affecting construction cost in total contract construction phase of project are described from four aspects such as contract stage, construction stage, settling accounts stage and miscellaneous, and effective control measures are proposed based on construction examples.

Key words: total contract construction, construction cost, control method

Standardizing Working Procedure in Calling for tenders, Insisting on Honest and Trustworthiness in Work

Zhu Weili

(Shanghai Zhongxin Construction Consultation Co Ltd, Shanghai 200023)

The mode of calling for tenders in public has been used in Gongyuan Rd Project of Shanghai International Automobile City Works to choose contractors. Based on the practice of calling for tenders in Gongyuan Rd Project, the working procedure of calling for tenders in municipal engineering projects is introduced. In the work of calling for tenders, the working procedure must be standardized according to law, the work should be strictly kept secret and under the supervision of government and society, showing the principle of "open, fair, just".

Key words: calling for tenders, working procedure, open, fair, just

On Administration Methods of Public Works

Chen Jian Fei Liangrong

(Shanghai Municipal Engineering Construction Company, Shanghai 200063)

With the development of reform of socialist market economic system, the investment of public works construction has been changed from the unitary investing by the government to a new system of multi-investing and marketable management. In the paper, comparisons have been made between public works administration methods in Germany and in our country on four aspects. Based on German experience, suggestions are presented on public works investment administration in our country for reference of departments concerned.

Key words: public utilities, investment, project, administration

Producing and Control of Pumped Concrete Cracks

Meng Qingjun

(Shanghai Urban Construction Investment & Development General Company, Shanghai 200233)

Pumped concrete is of large cement consumption and large water consumption, high sand ratio and with chemical additions, and its structures tend to crack. Analysis is made hereby on cracks induced by temperature differential, sinking shrinkage and dry shrinkage, and suggestions are proposed for the control measures of cracking on raw material selection, appropriate mixing ratio, construction process improvement and reasonable concrete curing etc.

Key words: pumped concrete, crack, producing cause, control measure