

地下室外墙裂缝的成因分析与预防措施

徐 军

(宁波大学 建筑设计研究院有限公司, 浙江 宁波 315021)

摘要: 针对地下室外墙易产生各种形式的裂缝, 分析了地下室外墙裂缝的主要特征, 讨论了地下室外墙混凝土裂缝产生的主要原因, 并针对性地提出了裂缝控制措施和与混凝土裂缝有关的见解, 以确保构件的耐久性, 保证结构的使用安全.

关键词: 地下室; 外墙; 裂缝控制

中图分类号: TU473

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2014) 01-0129-04

随着经济社会的发展, 高层建筑日益增多, 混凝土结构地下室的采用越来越普遍, 其作用也显得愈加重要; 特别是对于地下水位较高的地区, 地下室外墙防止渗漏的问题也显得愈加突出. 据统计, 85%的混凝土结构地下室外墙存在着裂缝, 虽然某些裂缝的存在并不影响结构的承载能力和建筑物的安全, 但根据裂缝的宽度、深度和贯通程度的不同, 对结构的耐久性还是会产生不同程度的影响. 其影响一般会引起墙体内部钢筋的锈蚀, 破坏结构的防水密封性, 降低墙体承载力, 甚至对工程的使用功能也可能带来不同程度的影响. 对于地下室外墙的裂缝问题已经引起从事地下结构工程的业内外人士非常大的困扰, 尤其对于从事结构设计的第一线技术人员来说, 已成为一个亟待解决的技术难题.

众所周知, 混凝土是由多种材料组成的非匀质材料组成, 其具有良好的耐久性、较高的抗压强度以及抗拉强度低、延性差、抗变形能力差等特性. 各种类型的钢筋混凝土结构构件的裂缝形态亦随结构类型的不同而不同, 形成裂缝的原因也是多种多样的. 首先是结构设计方面, 包括结构设计方案不合理、抗裂设计相关技术措施不到位等, 其它还有混凝土材料方面、施工方面、外界自然因素方面等因素, 如建筑物的不均匀沉降、不可抗的外力等. 因各个工程而异, 有的裂缝成因是几方面综合

因素造成的. 近年来随着高强度混凝土的应用, 水灰比的减小, 水泥用量的增加, 掺加细的掺合料, 混凝土结构出现非结构性裂缝的现象比较普遍, 已成为迫切需要解决的问题.

笔者就目前受到工程技术界广为关注的地下室钢筋混凝土外墙裂缝形成的原因作一些实质性的分析, 并提出各相关方应引起足够重视, 及时把形成裂缝的各项因素引入到设计、施工、养护等各个环节中, 明确建筑材料、施工等一些关键性的指标要求, 及时分析、总结, 不断完善经验参数, 努力做到外墙裂缝的事先可控, 并且能够采取相应的控制措施, 以确保结构的安全性和建筑物的适用性.

1 地下室外墙裂缝的主要特征

通过对近十个混凝土结构的地下室外墙裂缝的观测, 发现该类裂缝主要有以下几个特征: (1)绝大多数裂缝为竖向裂缝, 在墙的两端则是向墙端呈 45° 向上的斜裂缝; (2)裂缝数量较多, 宽度不大, 一般在 0.05~0.20 mm 之间, 裂缝具有中间宽、两头灭的特点; (3)沿地下室墙长两端附近裂缝少, 中部附近裂缝较多, 尤其是扶壁柱(暗柱)两侧裂缝较明显; (4)往往在模板拆除后不久就发现细微裂缝, 在此以后, 裂缝数量还会继续增多, 但宽度却增大不多; (5)外墙回填土后, 裂缝处有渗水现象, 但一段

时间过后,大多数的裂缝不再变化,而少部分裂缝会自然愈合。

2 地下室外墙裂缝产生的主要原因

2.1 设计方面

(1) 结构设计中,只顾承载力极限状态而忽视正常使用极限状态下的验算、忽略温度收缩应力的计算、不注重构造设计(如水平方向的配筋偏少、间距偏大)等情况,没有严格按照规范要求科学合理地设置伸缩缝、沉降缝和后浇带,在结构截面或刚度变化明显出现应力集中的部位,缺少相应的构造措施等等。

(2) 混凝土保护层厚度偏厚。由于保护层偏厚容易造成该部分混凝土收缩时不能获得钢筋的约束,而形成裂缝,且有可能进一步发展的可能。

(3) 钢筋选用不合理。钢筋的强度等级直接影响到钢筋的配筋率,配筋率越大或钢筋直径越大,外墙的裂缝宽度也越宽。

(3) 墙体混凝土的强度等级过高,造成混凝土的收缩变形和裂缝宽度也过大。

(4) 文献[1]规定现浇钢筋混凝土地下室墙壁的伸缩缝最大间距:室内或土中为 30 m,露天为 20 m;而在地下室外墙的施工阶段,实际上却是属露天的,伸缩缝间距一般都超过了规范值,这往往容易被结构设计人员所忽视。

2.2 施工方面

原材料质量较差,配合比不当,浇捣不密实,混凝土表面强度过低时就盲目进行下道工序的施工,过早拆除模板,模板拆除不当,结构构件的施工养护不当等方面。此外,随着施工技术的发展,已广泛采用的商品混凝土和泵送技术使得混凝土的坍落度逐渐变大,更导致了混凝土收缩的增加和变形裂缝的不断出现。

2.3 混凝土收缩

从裂缝的特征可以发现,大多数裂缝为收缩裂缝。地下室外墙混凝土在浇捣完成趋向逐渐稳定的过程中,由于混凝土泌水蒸发和混凝土内部水化热释放所引起的温度变化等作用,导致混凝土构件收缩变形。而且,地下室外墙裂缝由于墙体混凝土结构超长、收缩变形较大,所产生的拉应力往往会超过混凝土抗拉强度;同时,由于在水平方

向的收缩变形,却受到了已先期施工完成的地下室底板结构的约束作用,阻碍着主体结构的自由收缩,所以地下室外墙长度越长,其收缩应力也越大,严重时甚至会产生贯穿结构的有害裂缝。

3 预防措施

3.1 设计方面

对于重要部位必须进行抗裂度验算,保证在设计源头上控制裂缝现象的产生。墙体中水平钢筋应放在竖向钢筋的外侧,每侧水平分布钢筋配筋率不宜小于 0.4%,墙厚宜大于 160 mm。根据裂缝分布特点,在墙中部 1/3 墙高的范围及柱墙交接部位适当增加细而密的水平构造配筋,在截面尺寸变化部位、地下室出入口等重要部位适当增加附加筋。在适当部位设置“暗梁”,使得易产生裂缝的薄弱部位适当增大含钢量,从而增加外墙的抗裂性。

在满足有关规范的前提之下,保护层的厚度越小,对外墙裂缝宽度的控制就越有利。

钢筋应优先采用高强度、小直径、密间距(100~120 mm)的方式进行布置。

外墙的截面尽量避免突变而引起的应力集中,继而造成墙体裂缝。墙体混凝土的强度等级越高,水泥含量也越多,混凝土的收缩也就越大,因此,强度等级不宜大于 C35。同时,为避免混凝土的水化热过大,宜采用普通混凝土。

合理划分温度区段,合理设置后浇带,宜每隔 20~30 m 设 1 道,宽度不宜小于 800 mm。

3.2 施工方面

施工方应认真学习图纸,充分理解设计意图,在图纸会审的基础上做好施工组织设计、作业设计的制定等施工前期技术准备工作。

做好浇筑前的各项工序的验收,如模板的牢固和严密、钢筋位置的校正和附着污物的清除以及钢筋保护层等的控制等等。按照施工组织设计、作业设计确定的混凝土浇灌路线,按次序进行分层浇筑,并随时振捣密实,尤其须注意的是在混凝土施工缝、预埋件、门窗洞等预留洞口、部位要进行二次振捣。

控制好混凝土搅拌时间和运输环节,控制自由倾落高度,防止离析;保证混凝土浇筑质量和振

动密实成型, 正确留置施工缝。在混凝土表面强度达到一定要求情况下, 才可以拆除模板(一般应带模 7 d), 并可带模浇水养护, 且根据有关施工规范的工艺操作要求, 按正确的步骤、次序和方式拆除模板。

加强混凝土养护(一般不得少于 14 d), 对混凝土外墙的早期养护不可大水猛浇, 应采取小水慢淋的方式保湿养护, 使混凝土墙体处在潮湿又不致引起混凝土温度急剧下降的环境之中。并根据季节特点, 须注意厚度较大的混凝土墙体的内外温差。由失水引起的干缩也是引起混凝土收缩最大的因素之一, 为了将干缩降低到最小限度、降低水泥水化热峰值、减少混凝土的热胀量和冷缩量, 就必须保证混凝土在饱水状态下养护, 且一般在模板拆除后就应及时进行浇水养护。

另外, 为了缩短混凝土墙体在大气中暴露的时间, 应抓紧对地下结构进行分部验收并及时回填, 必要时及时涂刷防水涂料。

3.3 配合比及原材料

优化的配合比是在满足设计各项指标(如强度等级、抗渗等级等)和施工性能的前提下, 采用合适的水泥用量和水胶比, 配制出有利于控制墙体裂缝的混凝土。为此, 必须注意以下两点:

(1) 人们常错误地认为水泥用量越多, 强度等级越高, 安全度也越大。但众多的研究成果表明, 混凝土的干缩变形随单位水泥用量的增加而增大。因此在满足地下室外墙结构整体性和抗渗性的前提下, 必须严格控制水泥用量^[2]。

(2) 有关参考文献表明, 大部分的水完全是为了满足混凝土和易性的要求, 水泥的水化仅仅需要很少一部分的水, 但对于混凝土的干缩却起着决定性的作用^[3]。为了既要保证混凝土的和易性, 又要减少用水量, 就必须使用减水剂。在混凝土中掺入一定量的减水剂, 不仅可以有效减少用水量, 还可减少水泥用量的 8%~15%, 从而减少混凝土的收缩值。

在原材料方面, 水泥采用普通硅酸盐水泥, 外掺矿物质掺合料, 骨料最好选用河砂、河卵石, 适当提高粗骨料的用量。

在条件允许的情况下, 可使用纤维混凝土。纤维混凝土提高抗裂度的基本原理是在混凝土中掺

入一定比例的聚丙烯纤维, 使纤维与水泥基料的紧密结合, 有效阻止了水泥基体的收缩及离析裂缝的形成, 保证混凝土早期均匀的泌水性、阻碍了裂缝的产生。目前, 在工程实际中应用较多的是杜拉纤维混凝土, 有关资料表明其抗裂、抗渗能力较普通混凝土提高 60%以上^[4]。

4 几个相关问题

4.1 大体积混凝土的概念

20 世纪 70 年代以前, 工程界对于大体积混凝土的定义主要是依据几何尺寸(厚度), 一般采用 0.8~1.0 m 作为界限。在构件厚度满足该条件时, 设计者、施工单位才考虑混凝土的温度影响。但自 20 世纪 80 年代以后, 对于大体积混凝土的理解有了新的概念, 如美国混凝土学会(ACI)的定义是: “任何就地浇筑的大体积混凝土, 其尺寸之大, 必须要求解决水化热及随之引起的体积变形问题, 以最大限度减少开裂。”王铁梦教授在《工程结构裂缝控制》中也指出“在工业与民用建筑结构中, 一般现浇连续墙式结构、地下构筑物及设备基础等容易由温度收缩应力引起裂缝的结构, 通称为大体积混凝土结构。”因此, 我们对“大体积混凝土”就可理解为它是钢筋混凝土结构构件的尺寸已经足够大到必须采取相应的技术措施, 妥善处理内外温差, 解决温度应力并控制裂缝开展的混凝土。

近年来, 随着施工技术的发展, 泵送商品混凝土也得到了较为广泛的应用, 即使是厚度很薄的结构收缩也很大, 此时控制裂缝也显得非常重要。因此, 泵送混凝土的薄壁结构也应当按照大体积混凝土的有关要求采取相应措施, 控制混凝土的收缩裂缝; 尤其是在结构构件施工时, 当环境气温的变化引起的冷缩变形与混凝土的收缩变形相互叠加的情形之下。

4.2 抵抗混凝土的温度裂缝并不能通过依靠提高混凝土强度等级来实现

个别设计人员希望通过提高混凝土强度等级来提高构件抵抗温度裂缝的能力, 其结果往往会大失所望。随着混凝土强度的提高, 混凝土的水泥用量和用水量也相应加大。同时, 水泥的水化热也同步增大, 混凝土内的温度应力也同样加剧。此种情况下构件的抗拉强度却增强不多, 但构件的收

缩变形却大幅增加。

4.3 合理的构造配筋能对抵抗裂缝有不可或缺的作用

众多的工程实例表明,在结构设计阶段合理地构造配筋,对防止裂缝的产生或减少裂缝的危害有着不可估量的作用,甚至可以达到“事半功倍”的效果。相应的具体方案如合理布置“细而密”的构造钢筋,并将水平钢筋放在竖向钢筋的外侧等等。

4.4 了解膨胀剂对抵抗温度裂缝的作用

膨胀剂加入到混凝土中将生成大量膨胀结晶水化物-水化硫铝酸钙(即钙矾石),使混凝土产生适度膨胀,其在结构中建立的预压应力可大致抵消混凝土在硬化过程中产生的收缩拉应力,并推迟了收缩的产生过程。当混凝土开始收缩时,其产生的抗拉力已足以抵抗收缩应力,从而防止或减少混凝土收缩开裂;而且产生的钙矾石使得混凝土更加致密,从而大大提高了混凝土结构的抗裂防渗性能。

但据最新的研究成果表明,钙矾石类膨胀剂有缺水不胀、高温不稳定、膨胀延迟不同步等现象的发生,因此在使用时必须谨慎。一旦由于养护条件不满足要求,混凝土的收缩将有可能比不加微膨胀剂的混凝土收缩大很多,甚至产生大量的裂缝^[5-6]。

5 结论

(1) 裂缝是钢筋混凝土地下结构普遍存在又不可避免的质量问题,工程界对此不是无可奈何,还是可以适当控制的。要克服此难题,在工程的设计阶段,就应该采取合理有效的措施,消除裂缝产生的可能性,并紧密结合施工过程,有效地防止裂缝的产生。

(2) 地下室外墙裂缝产生的原因很多,在施工实践中,要根据工程所处的环境条件,认真分析每个影响因素,针对性地采取不同的方法、措施,以避免或减少收缩裂缝的产生,保证构件的耐久性和结构的安全使用。

参考文献:

- [1] GB 50010-2010, 混凝土结构设计规范[S].
- [2] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [3] 徐荣年. 工程结构裂缝控制: 步入“王铁梦法”及诠释[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [4] 日本混凝土工程协会. 混凝土裂缝调查及修补规程[M]. 牛清山, 译. 北京: 人民铁道出版社, 1981.
- [5] 严尔昌. 某地下室底板大体积混凝土施工技术[J]. 山西建筑, 2005, 31(3):82-83.
- [6] 刘涛, 赵丽平. 浅谈混凝土的施工温度与裂缝[J]. 山西建筑, 2005, 31(5):90-91.

Analysis on Causes of Basement Wall Cracks and Preventive Measures

XU Jun

(Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Ningbo University, Ningbo 315021, China)

Abstract: As commonly observed, the basement wall exteriors are usually prone to cracks. In this paper the main characteristics of the cracks on the basement wall exterior is analyzed, and the possible causes of concrete cracks is discussed. Some preventive measures are put forward as to the crack control with some personal notes concerned with a view of improving structure durability as well as safety. .

Key words: basement; exterior wall; crack control

(责任编辑 章践立)