

混凝土超长结构裂缝防治措施的简述

龚奇兵

四川省第十一建筑有限公司

DOI: 10.18686/bd.v1i9.843

[摘要] 本文以泸州市陶然路停车场这个大型的地下停车场项目为例,分析地下室混凝土超长结构裂缝产生的原因,对防治裂缝的施工技术措施作出简述,以便提供施工此类工程的参考借鉴价值。

[关键词] 地下停车场;超长结构;防治裂缝;技术措施

地下停车场是城市地下空间利用的重要组成部分。城市“行车难、停车难”的现象十分普遍,因此,充分利用地下空间建设停车场对缓解城市道路拥挤具有十分重要的作用^[1]。

作为泸州市城市建设的重点工程,陶然路地下停车场从开工建设到如期竣工投入使用,我单位都高度重视,在施工质量管理方面,重点对地下停车场关键工序施工技术措施进行了分析,项目的难点在于如何控制超长结构的温度收缩应力以避免裂缝。我结合施工中的一些情况并根据亲自参与该工程技术管理工作的一些经历,对地下室楼板这一超长结构裂缝的产生原因进行分析,进而对在施工中遇到此类问题时应考虑的事项和采取的措施进行简述。

1 工程概况及特点

1.1 工程概况

本工程位于泸州市龙马潭区陶然路南侧,东北侧为规划道路齐关街,其余侧为空地,交通较为便利。泸州市陶然路停车场属于框架-剪力墙结构;地上4层;地下2层;建筑高度:约22.75m;总建筑面积约27630m²,地下总建筑面积13745.74m²。地下建筑底板上部建筑面层距室外地坪296.15m的建筑高度为8.45m。停车数量:停车381辆,为大型汽车库和I类汽车库。地上总建筑面积13886.41m²。地上公共建筑的建筑高度为19.38m。

1.2 工程特点

陶然路地下停车场底板厚为300mm,局部厚1200mm;梁截面最大尺寸为300mm×1300mm;剪力墙300mm厚,总高约8.8m;有梁楼盖厚度均为h=120mm,无梁楼盖厚度均为h=250mm;柱截面最大尺寸为900mm×600mm、800mm×800mm,基础采用独基+桩基,混凝土主要种类有:基础C30P6,±0.00以下柱C50,外墙C30P6,墙(SCQ1)C30,墙(Q1、Q2)C50,梁、板C30,±0.00以上一、二层柱C40,三、四层柱C30,梁、板C30。1/01~14轴的总长度为87.6m,3/0A~N轴的总长度为89.45m,基本柱网尺寸为8.1m×8.1m。《混凝土结构工程施工规范》中,超长结构是指按规范要求需要设缝或因种种原因无法设缝的结构构件^[2]。所以,本工程特点:整个地下停车场楼板为超长超宽结构。

2 混凝土超长结构裂缝产生原因

结构裂缝分为两大类:荷载引起的裂缝及变形引起的

裂缝。工程实践中的许多裂缝现象往往无法用荷载原因解释,而是变形作用引起的裂缝,这种变形作用包括温度、湿度、地基变形。大量工程实践证明,结构留缝与否,并不是决定结构变形开裂与否的唯一条件,留缝不一定不裂,不留缝不一定裂,是否开裂与许多因素有关。

楼板超长混凝土结构产生裂缝有多种原因,包括基础不均匀沉降、模板及支架变形超标、原材料不合格、混凝土配合比、水灰比及坍落度不符合要求、混凝土内外温度及湿度变化产生应力、混凝土自身的收缩,超长结构的约束积累及应力叠加等。

2.1 基础不均匀沉降

基础不均匀沉降,改变了结构的内力分布,在建筑物体内产生了附加应力。建筑物因承受自重、附加荷载及地基反压力的作用而产生内力和变形,通常在拉应力和剪应力的作用下产生裂缝。

2.2 模板及支架变形超标

立模板和支架前,没有根据工程结构形式和上部荷载的大小,按照规范要求计算确定支架的用材规格和间距大小,而是盲目估计确定。造成施工时承载力、刚度不足的变形,致使新浇筑的混凝土构件裂缝。

2.3 原材料不合格

1) 水泥种类选用不当或质量不达标引起的裂缝

使用安定性不合格的水泥,在水泥水化后凝结硬化过程中,在有害物质作用下,产生了剧烈的不均匀的体积变化,在构件内部产生破坏应力,导致混凝土强度下降、开裂;不同品种、不同标号的水泥混用,水化后初凝和终凝的时间不同,收缩率也不同,造成开裂;施工人员不完全了解水泥的性质或不清楚工程的性质,滥用水泥,未采取相应的技术措施,因而造成破坏事故或产生裂缝。

2) 砂石泥量超标、外加剂选用不当引起的裂缝

采用劣质产品,质量不过关,没有发挥应有的作用,使混凝土强度下降,出现裂缝;骨料的含泥量控制不严,骨料表面附着的黏土、灰尘和有机杂质,影响了水泥的黏结,使泥浆浮在构件表层,当混凝土构件硬化后便产生网状干缩裂缝;外加剂配比不准确,使混凝土拌和物不能硬化,造成混凝土构件破坏。

2.4 温度应力

本工程混凝土结构平面尺寸超长,存在约束积累,因热胀冷缩的缘故,导致在结构中累计产生过大的温度应力。另外混凝土在硬化过程中,水泥水化产生大量的水化热,由于混凝土的导热系数较低,大量的热量积聚于内部使得内部温度升高,而表面的热量散发较快,导致内外温差过大。当温度在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内时,线膨胀系数为 $0.00001/^{\circ}\text{C}$ (《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010))。本工程楼板结构最大长度90m,温度升高或降低30度(冬夏季温差),则将产生28mm左右的膨胀或收缩,在完全约束条件下,混凝土内部将产生7.3MPa左右的拉应力,足以导致混凝土开裂。

2.5 混凝土的收缩

因混凝土内部水分蒸发以及水泥继续水化引起的体积变形称为干燥收缩。影响因素主要有水泥用量、水灰比、水泥品种和强度、环境条件。

混凝土的主要组成部分是水泥和水,通过水泥和水的的水化作用,形成胶结材料,将松散的砂石骨料胶结成为人工石。混凝土中含有大量空隙、粗孔及毛细孔,这些空隙中存在水分,水分的活动影响到混凝土的一系列性质,特别是产生湿度变形对裂缝控制有重要作用。工程中最常见的混凝土收缩变形引起裂缝是与湿度变化有关的毛细收缩和吸附收缩。另外,由于混凝土的水分蒸发及含湿量的不均匀分布,形成湿度变化梯度,引起收缩应力,这也是引起混凝土表面开裂的最常见原因之一。

混凝土所处的大气环境,如温度、湿度、风速等都对收缩有影响,特别是风速的影响不可忽视,因为风速的增大加速了混凝土水分蒸发速度,亦即增加干缩速度,容易引起早期表面裂缝。

热胀冷缩是物体温度作用的一种自然现象。温度作用对建筑结构使用带来的影响已被人们重视,并为此采取保温隔热等措施尽量减小环境温度的影响。结构混凝土开裂不仅因为混凝土抗拉强度不足,更重要的是变形超过了极限拉伸。混凝土在静荷载作用下,其极限拉伸约在 1×10^{-4} 左右,慢速加载时可提高到 1.6×10^{-4} 。钢筋混凝土构件在一般配筋情况下能够提高混凝土的极限拉伸,当配筋率过大(5%以上)时,由于引起过大的约束应力而导致开裂。

2.6 结构超长的应力叠加

结构温度应力、收缩应力是由于结构变形受到约束而产生的。结构长度是影响温度应力的因素,超长结构的约束积累,带来应力的叠加,当应力超过了材料的抗拉强度时,即会出现裂缝。

3 混凝土超长结构裂缝防治措施

本工程地下室长宽均大于规范规定的混凝土结构不设伸缩缝的长度,为方便使用和防水处理,地下室结构不设缝,形成超长结构。为解决混凝土收缩问题,减少结构裂缝,在设计和施工过程中采取“抗放兼施”的裂缝控制原则,应用“先放后抗”的方法,使结构即不产生很大的变位,又不产

生很大的应力,确保承载力的极限状态,又满足使用极限状态^[3]。

具体的讲,根据混凝土的特性,在早期设后浇带,使混凝土的早期硬化过程的收缩应力得到释放,在混凝土收缩相对稳定后再补偿收缩的混凝土浇筑后浇带,同时对于超长结构采取添加外加剂,增加混凝土的配筋量等措施,改善混凝土抗裂性能确保结构处于裂缝控制范围内^[4]。

对超长结构,设计及施工时应因地制宜,区别对待。对不同地区的环境温度、材料、施工条件,建筑物不同的适用性质、平面布置、立面体形等,应有不同的处理措施。

3.1 减少基础的不均匀沉降

1) 严格按照规定进行工程地质勘察。

2) 设计方面:采用刚度大,有利于减少不均匀沉降的基础形式。

3) 处理好软土地基和不均匀地基,并做好地基处理和上部结构处理的结合工作。

4) 施工方面:在基础施工时,应严格进行地基验槽,检验基底土质是否符合勘察报告和设计要求,对局部不符合要求的地基进行必要的处理。

3.2 控制模板支架施工质量

1) 模板及支架的选用必须经过计算,除满足强度要求外,还必须有足够的刚度和稳定性,底模支撑系统采用钢管扣件排架支撑,立杆纵、横向间距严格按模板设计要求搭设。特殊部位根据实际情况计算予以加密。梁底纵、横向设置剪刀撑,以加强排架的整体稳定性。严格施工操作程序,不盲目赶工。

2) 上、下楼面的排架立杆位置应对齐,以保证荷载上、下传递的可靠性。

3) 为保证施工质量,根据本工程框架结构工程量,配备至少二个半楼面的排架支撑和量底模、楼板模及相应的扣件,确保周转。

4) 模板支撑的拆除时间,严格按规范要求执行,相应结构部位混凝土强度必须达到规定值,杜绝过早上砖、上荷载和过早拆模。梁侧面及底面采用延迟拆模的方法,既能防止混凝土内的自由水份蒸发,又起到一定的保温效果,防止因温度收缩而产生的裂缝,梁底模拆除时间需达28天,这样梁混凝土已达设计强度。

3.3 设置施工后浇带及膨胀加强带

为了消减温度应力,取消伸缩缝,在施工中采用施工后浇带可有效地减少温度收缩应力,然后再浇灌施工后浇带使结构成整体。只要使浇灌后浇带前及浇灌后浇带后,结构混凝土因温差和收缩应力叠加值小于混凝土抗拉强度,这就是利用“施工后浇带”办法控制裂缝,达到不设置永久伸缩缝的目的。

1) 后浇带间距通常为30~40m,本工程设计为40m一道2000mm宽后浇带,位置选择在应力较小的梁跨1/3处。后浇带钢筋不得截断,且增设不少于原配钢筋20%的附加

钢筋,长度为伸入每侧后浇带1m,以方便钢筋搭接。温度后浇带应在浇筑完成后45天后(此时混凝土收缩大约完成70%)方可采用比设计强度等级提高一级的填充用膨胀混凝土进行浇筑,非地下室部分要求混凝土水中14天限制膨胀率不小于0.025%。后浇带及膨胀加强带设置详基础平面图和各层结构平面图,施工缝按设计的后浇带位置留设,即:1区D~N/6~14轴线,2区D~N/1~6,3区(3/0A)~D/(1/01)~6,4区(3/0A)~D/6~14。

2)伸缩后浇带在浇筑混凝土45天后封闭,沉降后浇带在主体结构封顶后封闭。

3)后浇带两侧结构应可靠支撑,支撑应可靠传力至地基。后浇带混凝土达到设计强度后方可拆除此支撑,应采取保护措施保护后浇带钢筋,避免外露钢筋的锈蚀。

4)后浇带浇注前应将两侧不密实的混凝土打掉,清除浮渣及杂物,用水冲洗后,混凝土表面刷纯水泥浆两道。后浇带防水构造详图集《地下建筑防水构造》10J301第49、50页。

5)按设计要求后浇带浇筑时环境温度应低于两侧混凝土浇筑时的温度。

6)后浇带封闭前,该处的钢筋应做好防腐保护,接缝处理应符合施工缝的要求。地下室顶板后浇带封闭前,在底板后浇带两侧均应设置可靠的支撑与顶板相连,支撑间距不应大于2m,以确保结构施工期间地下室的结构安全。

7)后浇带浇筑后其两侧砌筑2皮砖进行蓄水养护,且不得少于28天,养护完毕后,该跨模板方可拆除。

8)后浇带养护完毕后应立即做外防水及覆土,若施工不能及时覆土,则后浇带封闭时间应延后至可以覆土时再封闭。

9)膨胀加强带应在其两侧用密孔钢筋网将带内混凝土分开,带宽不小于2000mm,连续浇注。

3.4 适当增加钢筋的配筋率

1)楼板宜增加分布钢筋配筋率。楼板厚度大于等于200mm时,跨中上筋应将支座纵向钢筋的1/2拉通。屋顶板应考虑温度影响更应该加强。

2)梁(尤其是沿外侧边梁)应加大腰筋直径,加密间距,并将腰筋按受拉锚固和搭接长度。梁每侧腰筋截面面积不应小于扣除板厚度后的梁截面面积的0.1%,腰筋间距不宜大于200mm。

3.5 采用膨胀剂配制的补偿收缩防水混凝土

地下室底板、外墙、顶板混凝土采用掺加膨胀剂的补偿收缩防水混凝土,混凝土水中14天限制膨胀率不小于0.02%。地下室后浇带、膨胀加强带采用掺膨胀剂及抗裂纤维的填充用膨胀混凝土,对抗裂纤维的要求应满足国家相应标准,抗开裂性能比不小于50%,抗拉强度大于500Mpa,混凝土水中14天限制膨胀率不小于0.025%。补偿收缩混凝土和填充用膨胀混凝土的性能要求应符合《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119的要求。

3.6 控制混凝土施工质量

1)原材料的选用:现浇板的混凝土应采用中粗砂和收缩量小、细度大的水泥,水泥应优先采用水化热低的品种,如矿渣硅酸盐水泥。混凝土应采用减水率高、分散性能好、对混凝土收缩影响较小的外加剂,其减水率不应低于8%;预拌混凝土的含砂率应控制在40%以内,每立方米粗骨料的用量不少于1000kg;粉煤灰是表面致密的球形颗粒,由于粉煤灰的比表面积小,拌合需水量小,其干缩较小,加入适量的优质粉煤灰可改善混凝土的黏塑性,并可代替部分水泥,减少混凝土的用水量和水泥用量,减少水化热,还可减少混凝土中的孔隙,提高密实性和强度,从而提高抗裂性,但粉煤灰的掺量不宜大于水泥用量的15%;选择级配良好的石子,减小空隙率和砂率以减少收缩量,提高混凝土抗裂强度,实践证明,选用5~40mm的碎石拌制混凝土,可有效减少混凝土裂缝的出现。

2)混凝土强度等级不宜高,在满足承载力和防水要求的条件下,宜在C30~C40的范围内选用。如果混凝土强度等级高,水泥用量多,混凝土硬化过程中水化热高,收缩大,就易引起裂缝。

3)混凝土配合比和水灰比控制:合理控制混凝土配合比和水灰比,对控制混凝土的裂缝至关重要。根据我公司长期的施工经验,经技术测试和数理分析,混凝土坍落度控制在 $100 \pm 20\text{mm}$ 较为理想;砂率35%时,对浇筑较为有利;所用石子以5~30mm为主,黄砂用中粗砂。因此加强对混凝土进行塌落度的检查是保证施工质量的重要因素。

4)降低单位立方体混凝土的水泥用量减少水化热,或者在梁板混凝土中添加外加剂,减少水化热引起的温度影响,二者均可有效减少混凝土裂缝的出现。

5)严格控制混凝土拌制质量:混凝土质量不稳定也是影响混凝土质量的主要因素。现场拌制混凝土严格控制各种材料的计量,特别是水的用量。施工中专职质量员负责测试混凝土坍落度,发现问题及时进行技术处理。

6)严格控制现浇板的厚度和现浇板中钢筋保护层的厚度。阳台、雨篷等悬挑现浇板的负弯矩钢筋下面,应设置间距不大于300mm的钢筋保护层垫块,再浇注混凝土时保证钢筋不位移;现浇板中的线管必须布置在钢筋网片之上(双层双向配筋时,布置在下层钢筋之上),交叉布线处应采用线盒,线管的直径应小于1/3楼板厚度,沿预埋管线方向应增设 $\phi 6@150$ 、宽度不应小于450mm的钢筋网带。严禁水管水平设置在现浇板中。

7)控制温差。控制温差是解决混凝土裂缝控制的关键,混凝土施工时,应对混凝土进行温度控制。a.混凝土入模温度不宜大于30度,混凝土浇筑体最大温升值不宜大于50度。控制入模温度,可以降低混凝土内部最高温度。减少内部最大温升主要从配合比上进行控制。b.控制混凝土降温速率,每天温降不宜大于2度。减缓降温有利于混凝土强度增长,并充分发挥应力松弛效用,使混凝土不宜出现裂缝。

8)混凝土的振捣和振动棒分层设标:在混凝土浇筑前,应先将基层和模板浇水湿透,避免过多吸收水分,浇筑过程中应尽量做到既振捣充分又避免过度。振动棒上设标主要用于混凝土分层浇筑时控制振动棒插入混凝土的深度。当浇筑第二层混凝土时,通过标记确定振动棒插入深度。另一作用是混凝土在夜间施工,时由于光线暗淡,柱子深而看不见时,可以通过观察标记来判断插入深度,振动棒分层设标一般从1.5m开始每隔0.5m分别设明显标志,以方便使用。在混凝土初凝前应进行二次振捣。

9)基础底板大体积混凝土,采取分层浇注、阶梯式推进,每层混凝土在初凝前完成上层浇注,新旧混凝土接搓时间应根据具体工程情况确定,但应避免出现施工冷缝。

10)在楼板浇筑过程中更要派专人护筋,避免踩弯面负筋的现象发生。通过在大梁两侧的面层内配置通长的钢筋网片,承受支座负弯矩,避免因不均匀沉降而产生的裂缝。

11)严格控制楼面混凝土抹面的时间。为防止混凝土表面出现塑性收缩裂缝和因表面快速失水引起的干缩裂缝,混凝土初凝前用木抹子抹压2~3遍,严禁在混凝土表面撒干水泥刮抹。在其初凝之后,终凝之前,采用磨光机磨浆,再配以人工抹面拉毛,防止混凝土出现表面裂缝。

12)加强混凝土养护:混凝土早期塑性收缩和干燥收缩较大,易于造成混凝土开裂。混凝土养护是补充水分或降低失水速率,防止混凝土产生裂缝,确保达到混凝土各种力学性能指标的重要措施。在混凝土初凝、终凝抹面处理后,应及时进行养护工作。混凝土终凝后至养护开始的时间间隔应尽可能缩短,以确保混凝土养护所需的湿度以及对混凝土进行温度控制。覆盖养护可采用塑料薄膜、麻袋、草帘等进行覆盖;喷涂养护剂是通过养护液在混凝土表面形成致密的薄膜层,以达到混凝土保湿的目的。现浇板浇筑后,应

在12小时内进行覆盖和浇水养护,由于本工程水泥中参加了粉煤灰,养护时间不应少于14天。现浇板养护时间,当混凝土强度小于1.2MPa时,不得进行后续施工。当混凝土强度小于10MPa时,不得在现浇板上吊运、堆放重物。吊运、堆放重物时应减轻对现浇板冲击影响。

4 采取防治裂缝的施工技术措施后的成效

本文从设计及施工角度上简析了混凝土收缩和温度变形的产生机理及影响因素和施工中的不利情况,进而总结出楼板超长混凝土结构产生裂缝的多种原因和裂缝防治的多项措施。采取设置后浇带以及控制和抵抗温度收缩应力的综合措施,对裂缝采取“放”“防”“抗”相结合的技术实践,使得陶然路地下停车场的施工质量得到有力保证,混凝土各项质检数据均为合格,混凝土外观观感好,地下停车场使用性能达到预期目标,为泸州市的城市建设增添了一道亮丽的风采。

5 结束语

以上对超长结构中混凝土裂缝的原因分析和防治措施,已在工程实践中得到有效验证,极大的减少了因裂缝整治带来的经济与社会声誉的损失。本工程目前已经竣工交付使用,实际工作状态良好。

参考文献:

- [1]杨艳红.浅谈城市地下停车场[J].天津城市建筑学院学报,2006.
- [2]《混凝土结构工程施工规范》GB50666-2011.北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3]袁恩熙.工程流体力学[M].北京:石油工业出版社,2009.
- [4]燕鸿博,赵振炜.浅谈某超长地下车库结构设计[J].宁夏工程技术,2015.