

混凝土裂缝的成因与控制

刘素芝

绥中县公路管理处

Copyright © Universe Scientific Publishing Pte Ltd

DOI: 1.18686/bd.v1i3.130

出版日期：2017年3月1日

摘要：混凝土的裂缝问题是一个普遍存在而又难于解决的工程实际问题。本文从设计、材料、配合比、施工现场养护等方面对混凝土工程中常见的一些裂缝的成因进行了分析探讨。针对混凝土裂缝产生的原因，在混凝土结构设计、混凝土材料选择、配合比优化、以及施工现场的养护等方面提出了控制裂缝发展的措施。依据相关文献，并总结了混凝土裂缝的处理方法：表面处理法、填充法、灌浆法、结构补强法、混凝土置换法、仿生自愈合法等。

关键词：混凝土；裂缝；成因；控制

1 课题的提出

混凝土结构工程的裂缝，是一个带着有普通性被工程界很为关注的问题。有些裂缝的继续扩展可能危及结构安全，因为结构的最终破坏往往是从裂缝开始的，成为结构的破坏的先兆，这主要是指荷载产生的裂缝；有些裂缝的出现造成工程渗漏，影响正常使用，是钢筋锈蚀，保护层剥落，降低混凝土强度，严重损害工程耐久性，缩短工程使用寿命，这主要是指变形产生的裂缝；还有耦合作用下的裂缝和碱骨料反应膨胀应力引起的裂缝及冻融引起的裂缝。同时较大的结构裂缝，也为人的观瞻难以接受，造成恐惧心理压力，影响建筑美观，为装修造成困难。由于产生裂缝的微观与宏观机理的复杂性、动态变化性，它也是困扰工程技术人员一个技术难题。

2 裂缝的成因

裂缝产生的形式和种类很多，有设计方面的原因，但更多的是施工过程的各种因素组合产生的，要根本解决混凝土中裂缝问题，还是需要从混凝土裂缝的形成原因入手。正确判断和分析混凝土裂缝的成因是有效地控制和减少混凝土裂缝产生的最有效的途径。裂缝原因是设计、施工、材料、环境及管理等相关因素影响的综合性问题，解决裂缝控制问题应当采取综合方法。由六项主要因素组成的控制链见图 2.1。

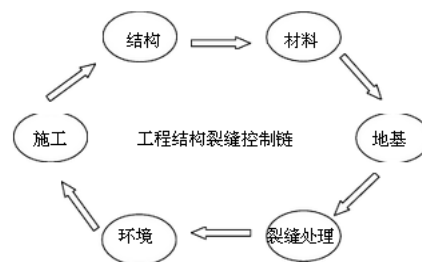


图 2.1 工程结构裂缝控制链

2.1 设计原因

1. 设计结构中的断面突变而产生的应力集中所产生的构件裂缝。
2. 设计中对构件施加预应力不当，造成构件的裂缝（偏心、应力过大等）。
3. 设计中构造钢筋配置过少或过粗等引起构件裂缝（如墙板、楼板）。
4. 设计中未充分考虑混凝土构件的收缩变形。
5. 设计中采用的混凝土等级过高，造成用灰量过大，对收缩不利。
6. 荷载收缩，使用环境温度变化，管线配置不当，保护层厚度不足，抗温度收缩配筋不足。

2.2 材料原因

1. 粗细集料含泥量过大，造成混凝土收缩增大。集料颗粒级配不良或采取不恰当的间断级配，容易造成混凝土收缩的

增大，诱导裂缝的产生。

1. 骨料粒径越细、针片含量越大，混凝土单方用灰量、用水量增多，收缩量增大。
2. 混凝土外加剂、掺和料选择不当、或掺量不当，严重增加混凝土收缩。
3. 水泥品种原因，矿渣硅酸盐水泥收缩比普通硅酸盐水泥收缩大、粉煤灰及矾土水泥收缩值较小、快硬水泥收缩大。
4. 水泥等级及混凝土强度等级原因：水泥等级越高、细度越细、早强越高对混凝土开裂影响很大。混凝土设计强度等级越高，混凝土脆性越大、越易开裂。

2.3 混凝土配合比设计原因

1. 设计中水泥等级或品种选用不当。
2. 配合比中水灰比（水胶比）过大。
3. 单方水泥用量越大、用水量越高，表现为水泥浆体体积越大、坍落度越大，收缩越大。
4. 配合比设计中砂率、水灰比选择不当造成混凝土和易性偏差，导致混凝土离析、泌水、保水性不良，增加收缩值。
5. 配合比设计中混凝土膨胀剂掺量选择不当。

2.4 施工及现场养护原因

1. 现场浇筑混凝土时，振捣或插入不当，漏振、过振或振捣棒抽撤过快，均会影响混凝土的密实性和均匀性，诱导裂缝的产生。
2. 拌和不均匀（特别是掺用掺合料的混凝土），搅拌时间不足或过长，拌和后到浇筑时间间隔过长，易产生裂缝。
3. 连续浇筑时间过长，接茬处理不当，易产生裂缝。
4. 高空浇筑混凝土，风速过大、烈日暴晒，混凝土收缩值大。
5. 对大体积混凝土工程，缺少两次抹面，易产生表面收缩裂缝。
6. 大体积混凝土浇筑，对水化计算不准、现场混凝土降温及保温工作不到位，引起混凝土内部温度过高或内外温差过大，混凝土产生温度裂缝。
7. 现场养护措施不到位，混凝土早期脱水，引起收缩裂缝。

2.5 使用原因（外界因素）

1. 构筑物基础不均匀沉降，产生沉降裂缝。
2. 野蛮装修，随意拆除承重墙或凿洞等，引起裂缝。
3. 周围环境影响，酸、碱、盐等对构筑物的侵蚀，引起裂缝。
4. 意外事件，火灾、轻度地震等引起构筑物的裂缝。
5. 结构构件各区域温度、湿度差异过大。

3 裂缝的控制措施

3.1 设计方面

3.1.1 设计中的‘抗’与‘放’

在建筑设计中应处理好构件中‘抗’与‘放’的关系。所谓‘抗’就是处于约束状态下的结构，没有足够的变形余地时，为防止裂缝所采取的有力措施，而所谓‘放’就是结构完全处于自由变形无约束状态下，有足够变形余地时所采取的措施。设计人员应灵活地运用‘抗一放’结合、或以‘抗’为主、或以‘放’为主的设计原则。来选择结构方案和使用的材料。

3.1.2 尽量避免结构断面突变带来应力集中

如因结构或造型方面原因等而不得以时，应充分考虑采用加强措施。

3.1.3 采用补偿收缩混凝土技术

在常见的混凝土裂缝中，有相当部分都是由于混凝土收缩而造成的。要解决由于收缩而产生的裂缝，可在混凝土中掺用膨胀剂来补偿混凝土的收缩，实践证明，效果是很好的。

3.1.4 设计上要注意容易开裂部位

根据调查，各类结构的易裂部位如下：

1. 框架机构和剪力墙结构房屋中的现浇混凝土楼板易裂部位
 - (1) 房屋平面体形有较大凹凸时，在凹凸交接处的楼板；

- (2) 两端阳角处及山墙处的楼板；
- (3) 房屋南面外墙设大面积玻璃窗时，与南向外墙相邻的楼板；
2. 框架结构房屋中的框架梁在以下部位易出现裂缝
 - (1) 顶层纵向和横向框架梁的截面上部区域；
 - (2) 长度较长的端部或中部纵向框架梁；
 - (3) 横向框架梁截面中部。
3. 剪力墙结构房屋中在以往部位易出现裂缝
 - (1) 端山墙；
 - (2) 开间内纵墙；
 - (3) 顶层和底层墙体；
 - (4) 长度较大 (> 10m) 的墙。
4. 当冬季停工春季再继续施工时，地下室在以下部位易出现裂缝
 - (1) 地下室顶板；
 - (2) 地下室的窗上墙和窗下墙。

对以上易出现裂缝的部位，目前在设计中通常采用了“放”、“抗”或“抗放结合”的控制裂缝措施，工程经验表明在于材料、施工等部位密切配合的情况下，可取得较好的效果。

3.2 材料选择

1. 根据结构的要求选择合适的混凝土强度等级及水泥品种、等级，尽量避免采用早强高的水泥。
2. 选用级配优良的砂、石原材料，含泥量应符合规范要求。
3. 积极采用掺合料和混凝土外加剂。掺合料和外加剂目标已作为混凝土的第五、六大组份，可以明显地起到降低水泥用量、降低水化热、改善混凝土的工作性能和降低混凝土成本的作用。
4. 正确掌握好混凝土补偿收缩技术的运用方法。对膨胀剂应充分考虑不同品种、不同掺量所起到的不同膨胀效果。应通过大量的试验确定膨胀剂的最佳掺量。

3.3 混凝土配合比设计

1. 混凝土配合比除应按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55 的规定，根据要求的强度等级、抗渗等级、耐久性等工作性等进行配合比设计外，其配制的混凝土还应符合 4.3.2-4.3.10 的规定。
2. 干缩率。混凝土 90d 的干缩率易小于 0.06%。
3. 坍落度。在满足施工要求的条件下，尽量采用较小的混凝土坍落度；基础、梁、楼板、屋面用的混凝土坍落度易小于 120mm，柱、墙用的混凝土坍落度宜小于 150mm；混凝土采用泵送时，高层建筑用的混凝土坍落度根据泵送高度宜控制在 180mm 左右，多层及高层建筑底部的混凝土坍落度宜控制在 150mm。
4. 用水量。不宜大于 170kg/m³。
5. 水泥用量。普通强度等级的混凝土宜为 270-450 千克每立方米，高强混凝土不宜大于 550 千克每立方米。
6. 水胶比。应采用适当较小的水胶比。混凝土水胶比不宜大于 0.60。
7. 砂率。在满足工作性要求的前提下，应采用较小的砂率。
8. 配合比设计人员应深入施工现场，依据施工现场的浇捣工艺、操作水平、构件截面等情况，合理选择好混凝土的设计坍落度，针对现场的砂、石原材料质量情况及时调整施工配合比，协助现场搞好构件的养护工作。

3.4 施工方面

3.4.1 模板的安装及拆除

1. 模板及其支架应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工程序、施工工具和材料供应等条件进行设计。模板及其支架应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，能可靠地承受浇筑混凝土的自重、侧压力、施工过程中产生的荷载，以及上层机构施工时产生的荷载。
2. 安装的模板须构造紧密、不漏浆、不渗水，不影响混凝土均匀性及强度发展，并能保证构件形状正确规整。
3. 安装模板时，为确保保护层厚度，应准确配置混凝土垫块和钢筋定位器等。
4. 模板的支撑立柱应置于坚实的地面上，并应具有足够的刚度、强度和稳定性，间距适度，防止支撑沉陷，引起模板变形。上下层模板的支撑立柱应对准。
5. 模板及其支架的拆除顺序及相应的施工安全措施在制定施工技术方案时应考虑周全。拆除模板时，不应在楼层形成冲击荷载。拆除模板及支架应随拆随清运，不得对楼层形成局部过大的施工荷载。模板及其支架拆除时混凝土结构可能尚未形成设计要求的受力体系，必要时应加设临时支撑。

6. 底模及其支架拆除时的混凝土强度应符合设计要求；当无设计要求时，混凝土强度应符合表 3.1 的规定

表 3.1 底模拆除时的混凝土强度要求

构件类型	构件跨度/m	达到设计混凝土立方体抗压强度标准值的百分率/%
板	≤ 2	≥ 50
	$> 2, \leq 8$	≥ 75
	> 8	≥ 100
梁、拱、壳	≤ 8	≥ 75
	> 8	≥ 100
悬臂构件	—	≥ 100

3.4.2 混凝土的制备

1. 应优先采用预拌混凝土，其质量应符合《预拌混凝土》GB/T14902 的规定进行外，对品质、种类相同的混凝土，原则上要在同一预拌混凝土厂订货。如在两家或两家以上的预拌混凝土厂订货时，应保证各预拌混凝土厂所用主要材料及配合比相同，制备工艺条件基本相同。

2. 施工者要事先制定好关于混凝土制备的技术操作规程和质量控制措施。

3.4.3 混凝土的运输

1. 运输混凝土时，应能保持混凝土拌和物的均匀性，不应产生分层离析现象，运送容器应不漏浆，内壁光滑平整，具有防晒、防风、防雨雪、防寒设施，并宜快速运输。运送频率，应保证混凝土施工的连续性。

2. 运输车在装料前应将车内残余混凝土及积水排尽。当需在卸料前补掺外加剂调整混凝土拌和物的工作性时，外加剂掺入后运输车应进行快速搅拌，搅拌时间应由实验确定。

3. 运至浇筑地点混凝土的坍落应符合要求，当有离析时，应进行二次搅拌，搅拌时间应由实验确定。严禁向运输到浇筑地点的混凝土中任意加水。

4. 由搅拌、运输到浇筑入模当气温不高于 25℃ 时，持续时间不宜大于 90min，当气温高于 25℃ 时，持续时间不宜大于 60min。当混凝土中掺外加剂或采用快硬水泥时，持续时间应由实验确定。

3.4.4 混凝土的浇筑

1. 为了获得匀质密实的混凝土，浇筑时要考虑结构的浇筑区域、构件类别、钢筋配置状况以及混凝土拌和物的品质，选用适当机具与浇筑方法。

2. 浇筑之前要检查模板及其支架、钢筋及保护层厚度、预埋件等的部位、尺寸，确认正确无误后，方可进行浇筑。同时，还应检查对浇筑混凝土有无障碍，必要时予以修正。

3. 制定施工方案时应考虑工程情况和实际工作能力，使各环节的施工能力应与混凝土的一次浇筑量相适应，必要时混凝土的连续浇筑。

4. 对现场浇筑的混凝土要进行监控，运抵现场的混凝土坍落不能满足施工要求时，可采取经实验确认的可靠方法调整坍落度，严禁随意加水。在降雨雪时不宜在露天浇筑混凝土。

5. 浇筑墙、柱等较高构件时，一次浇筑高度以混凝土不离析为准，一般每层不超过 500mm，捣平后再浇筑上层，浇筑时要注意振捣到位时混凝土充满端头角落。

3.4.5 混凝土的养护

1. 养护是防止混凝土产生裂缝的重要措施，必须充分重视，并制定养护方案，派专人养护工作。

2. 混凝土浇筑完毕，在混凝土凝结后即须进行妥善的保温、保湿养护，尽量避免急剧变化、振动以及外力的扰动。

3. 浇筑后采用覆盖、晒水、喷雾或用薄膜保湿等养护措施；保温、保湿养护时间，对硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，不得少于 7d；对掺用缓凝型外加剂或抗渗要求的混凝土，不得少于 14d。

4. 底版和楼板等平面结构构件，混凝土浇筑收浆和抹压后，用塑料薄膜覆盖，防止表面水份蒸发，混凝土硬化至可上人时，可揭去塑料薄膜，铺上麻袋或草帘，用水浇透，有条件时尽量蓄水养护。

5. 截面较大的柱子，宜用湿麻袋围裹喷水养护，或用塑料膜围裹自生养护，也可涂刷养护液。

3.5 管理方面

应当确定科学的控制裂缝标准，合理的选择施工进度，避免在混凝土施工中过分抢修工期，监督混凝土施工中制定的各项技术措施，必须严格执行。不应当预先指定设计及施工方法，设计图纸上不应指定施工单位采用尚不成熟的外加剂。施工过程中及验收后发现少量的裂缝，应当采取化学灌浆方法和封闭方法加以处理，轻微的收缩裂缝不应作为“事故”处理，不应降低工程质量标准，采取适当措施以确保结构物的正常耐久使用，完全满足设计要求。除非承载力严重不足，不要轻易打掉重建，耗费巨资补强加固。注意到同一设计单位设计，同一材料供应单位，同一施工单位施工，在相同环境中，裂缝程度却完全不同，这是常遇到的现象，其要害是“非均质性”，裂缝控制的作用效应及抗力都是高度离散性和随机性的问题。

3.6 环境方面

注意施工的季节，环境的温湿度及气象变化对混凝土变形性能的影响，严格控制现场坍落度、防风、及时和气象站保持紧密联系，应当尽可能在较低的温度环境中开始浇灌混凝土，中间特别注意急剧降温、急剧干燥对混凝土的不利影响。注意暴雨中不能浇灌混凝土。

4 混凝土裂缝的处理方法

4.1 混凝土裂缝的处理方法

4.1.1 表面处理法

表面涂抹和表面贴补法表面涂抹适用范围是浆材难以灌入的细而浅的裂缝，深度未达到钢筋表面的发丝裂缝，不漏水的缝，不伸缩的裂缝以及不再活动的裂缝。表面贴补（土工膜或其它防水片）法适用于大面积漏水（蜂窝麻面等或不易确定具体漏水位置、变形缝）的防渗堵漏

4.1.2 填充法

用修补材料直接填充裂缝，一般用来修补较宽的裂缝，作业简单，费用低。宽度小于0.3mm，深度较浅的裂缝、或是裂缝中有充填物，用灌浆法很难达到效果的裂缝、以及小规模裂缝的简易处理可采取开V型槽，然后作填充处理。

4.1.3 灌浆法

此法应用范围广，从细微裂缝到大裂缝均可适用，处理效果好。利用压送设备（压力0.2~0.4Mpa）将补缝浆液注入砼裂隙，达到闭塞的目的，该方法属传统方法，效果很好。也可利用弹性补缝器将注缝胶注入裂缝，不用电力，十分方便效果也很理想。

4.1.4 结构补强法

因超荷载产生的裂缝、裂缝长时间不处理导致的混凝土耐久性降低、火灾造成的裂缝等影响结构强度可采取结构补强法。包括断面补强法、锚固补强法、预应力法等混凝土裂缝处理效果的检查包括修补材料试验；钻心取样试验；压水试验；气压试验等。

4.1.5 混凝土置换法

混凝土置换法是处理严重损坏混凝土的一种有效方法，此方法是先将损坏的混凝土剔除，然后再置换入新的混凝土或其他材料。常用的置换材料有：普通混凝土或水泥砂浆、聚合物或改性聚合物混凝土或砂浆。

4.1.6 仿生自愈合法

仿生自愈合法是一种新的裂缝处理方法，它模仿生物组织对受创伤部位自动分泌某种物质，而使创伤部位得到愈合的机能，在混凝土的传统组分中加入某些特殊组分（如含粘结剂的液芯纤维或胶囊），在混凝土内部形成智能型仿生自愈合神经网络系统，当混凝土出现裂缝时分泌出部分液芯纤维可使裂缝重新愈合。

5 结论

5.1 混凝土裂缝产生原因

混凝土裂缝产生的原因主要有：

设计方面存在断面突变、施加预应力不当、钢筋配置过少或过粗、未充分考虑混凝土构件的收缩变形、混凝土等级过高、荷载收缩的原因。

材料选择方面存在粗细集料含泥量过大、骨料粒径太细、混凝土外加剂和掺和料选择不当、水泥品种原因、水泥等级及混凝土强度等级的原因。

混凝土配合比设计方面存在水泥等级或品种选用不当、水灰比过大、水泥用量越大和用水量越高、砂率和水灰比选择不当、混凝土膨胀剂掺量选择不当。

施工及现场养护方面主要有混凝土振捣或插入不当、拌和不均匀、连续浇筑时间过长、现场养护措施不到位、现场模板拆除和预应力张拉不当等原因。

5.2 混凝土裂缝的控制措施

混凝土裂缝的控制措施主要有：

设计方面从设计中的抗与放相结合，避免结构断面突变带来应力集中、采用补偿收缩混凝土技术、重视构造钢筋等控制措施。

材料选择从选择合适的混凝土强度等级及水泥品种、等级和级配优良的砂、石原材料，积极采用掺合料和混凝土外加剂等控制措施。

混凝土配合比设计从干缩率、坍落度、用水量、水泥用量、水胶比、砂率的配制，采用引气剂或引气减水剂等控制措施。

施工方面从模板的安装及拆除，混凝土的制备、运输、浇筑和养护等进行控制。管理方面应当确定科学的控制裂缝标准，合理的选择施工进度。并且在环境方面应注意施工的季节，环境的温湿度，严格控制现场坍落度、防风、及时和气象站保持紧密联系。

5.3 混凝土裂缝的处理方法

通过本文的研究，混凝土裂缝处理的方法主要有：表面处理法、填充法、灌浆法、结构补强法、混凝土置换法、仿生自愈合法。

裂缝是混凝土结构中普遍存在的一种现象，它的出现不仅会降低建筑物的抗渗能力，影响建筑物的使用功能，而且会引起钢筋的锈蚀，混凝土的碳化，降低材料的耐久性，影响建筑物的承载能力，因此要对混凝土裂缝进行认真研究、区别对待，采用合理的方法进行处理，并在施工中采取各种有效的预防措施来预防裂缝的出现和发展，保证建筑物和构件安全、稳定地工作。

参考文献

- [1] 耿小强. 浅析混凝土裂缝的成因及处理方法 [N]. 承德日报, 2009.
- [2] 何星华, 高小旺. 建筑工程裂缝防治指南 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [3] 韩素芳, 耿维恕. 钢筋混凝土结构裂缝控制指南 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005, 12.
- [4] 胡硕. 大体积混凝土温度裂缝控制 [D]. 西安建筑科技大学, 2005.
- [5] 鞠丽艳. 混凝土裂缝抑制措施的研究进展 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002, 5