

深基坑工程施工风险评价方法及应用研究

刘鹏云

日照港建设监理有限公司, 山东 日照 276800

摘要: 深基坑工程作为城市基础设施建设工程的重要组成部分, 其不仅在施工工艺、施工流程、施工场地等方面具有着较高的要求, 同时还会对周边环境、建筑物造成一定的影响, 施工过程中如果未能严格按照相关施工要求进行操作, 那么就很可能给工程带来较大施工风险。为此, 本文从施工风险评价入手, 对深基坑工程施工风险的评价方法进行了分析, 同时围绕深基坑工程施工风险评价的实际应用展开了探讨。

关键词: 深基坑工程; 施工风险评价; 评价方法应用

引言: 在城市化建设不断推进的背景下, 对于地下空间的开发与利用在各个城市中已经变得十分普遍, 而在地铁、地下停车场、地下商场等类型工程的建设过程中, 深基坑施工则是其中最具有危险性的一部分。因此, 在深基坑工程的建设施工阶段, 要想充分保证施工安全, 就必须要对施工风险进行全面评价与分析, 并在此基础上采取相应的风险控制措施。

一、深基坑工程的施工风险评价方法

(一) 故障树分析

故障树分析又称 FTA 分析法, 是一种通过树状关系图来对事件危害进行深入、细化探究, 以明确危害根本原因的统计分析方法, 通常用于风险原因识别、顶上事件发生概率评估等方面。在深基坑工程的施工阶段, 其安全隐患主要存在于外力不确定性、结构设计、地下障碍物、外部环境条件改变等方面, 由于不同工程的工程实际情况不同, 可能存在的安全隐患也有着较大差异, 因此可根据工程实际特点, 对类似工程发生的安全事故原因进行统计, 并根据安全事故类型分为不同的类别, 同一安全事故的各类原因之间可能会存在一定联系, 而分析评价时则可以依照各原因间的逻辑关系, 利用逻辑门符号与事件符号对其进行表示, 最终逐步构成深基坑工程的故障树[1]。例如在桩锚支护结构体系事故中, 其原因就可以具体划分为支护破坏、锚索体系破坏、基坑涌水涌砂破坏, 而这三类原因又可以继续进行层层细分, 最终找到导致事故的各项初始原因, 并将不同原因间的关系明确下来, 建立完整的桩锚支护结构体系故障树(如图1)。故障树图中的顶事件属于严重故障事件或事故, 而位于分支末端的基本事件则属于顶事件发生的初始原因, 在深基坑工程安全事故原因得到明确的情况下, 就能够以故障树中用于连接各事件布尔代数表达式为基础, 利用布尔代数运算规则来求出最小割集, 展开定量与定性分析。由于最小割集属于各种可能引发安全事故的原因的集合, 因此通过得到的最小割集可以确定事故危险性及严重程度, 故障树的最小割集越多, 那么事故危险性与严重程度也就会越高。另外, 在将最小割集数量导入相关计算公式, 就可以得到安全事故的发生概率与重要度, 例如在安全事故故障树最小割集为 $k(K1, K2, \Delta Kk)$ 时根据相容事件的概率计算公式, 就可以得出安全事

故发生概率 $F_s = P(K1 + K2 + \Delta + Kk)$, 而根据顶事件的重要度及下方基本事件, 则可以有所侧重的采取针对性风险控制措施, 在人力、物力等各方面资源均比较有限的情况下, 将安全事故的发生几率降到最低。

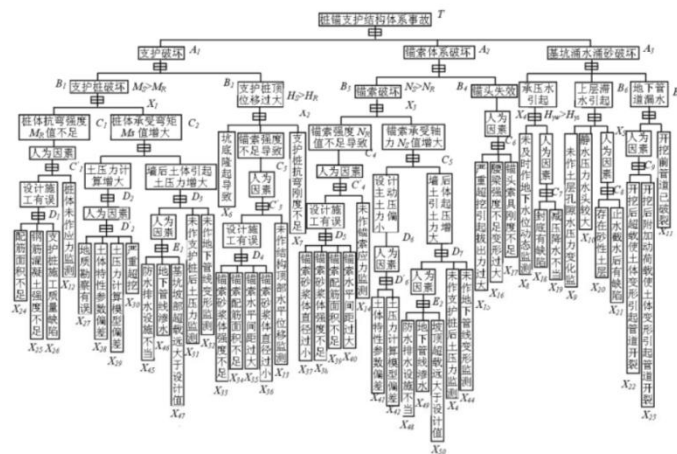


图1 桩锚支护结构体系事故树

(二) 层次分析

层次分析法简称 AHP, 是一种将决策相关影响因素进行多层次分解, 并进行定量分析与定性分析的分析方法, 通常被应用于主观专家判断以及定性数据与定量数据均比较完善的决策情况。在深基坑工程的施工风险评价中, 深基坑工程施工安全工作本身是一个多目标的决策问题, 虽然总目标通常为保证施工安全, 但在细分后, 却可以得到多个不同的子目标与准则(深基坑施工安全控制方案或措施), 如边坡防护、预防地表水下渗、坡顶荷载控制等, 而这些子目标又可以继续进行细分, 进而形成多层次的目标系统, 由于不同目标与准则间存在着关联或隶属关系, 因此在将各层次目标聚集组合后, 就能够形成多层次的分析结构模型, 这时再将这些因素两两放在一起进行比较, 就能够确定各个目标的重要性等级, 从而为施工安全管理决策提供参考[2]。当然, 由于深基坑工程的施工内容较为复杂, 运用层次分析法进行施工风险评价可能会涉及到大量的决策选项, 决策者分析起来也会比较

麻烦,因此实际分析过程中也可以运用数据包络方法进行配合,为各个目标制定备选项,并将其输入到评估度公式中,计算出具体的评估分数,最终再根据不同施工风险控制方案(措施)的评估分数进行排序与应用。

(三) 失效模式与效应分析

失效模式与效应分析简称 FMEA,这一评价分析方法最初应用于机械制造领域,主要是针对失效产品进行分析,明确失效产品配件的失效模式与失效原因,并对这一失效模式可能造成的影响进行分析,随着该方法应用的不断深入,目前已经在建筑工程施工安全管理领域得到了较为广泛的应用。在深基坑工程的施工风险评价中,需要先对工程施工内容进行深入了解,明确深基坑施工的各方面要求,之后在此基础上对施工过程中可能会出现的安全隐患展开分析,通过类似工程安全事故数据的广泛收集,还可以将安全隐患(事故)的严重程度 S、发生度(发生几率) O、控制难易度 D 确定下来,将以上几项数据导入到传统 FMEA 方法中,最终就能够计算出 RPN 值并确定安全隐患的风险优先级,如安全隐患的 RPN 值较高,则说明该风险因素需要优先进行处理,反之如风险因素的 RPN 值较低,则说明该风险因素可暂缓进行处理或无需进行处理。另外,在计算过程中,安全隐患的风险优先级会受到严重程度、发生度、控制难易度的影响,这几项数据既可以为精确的数据,也可以通过专家判断来引入模糊数对其进行替代。

二、深基坑工程施工风险的评价方法应用

深基坑工程施工风险评价方法有很多,不同评价方法不仅存在着不同的特点,同时在适用范围、优劣势、应用条件上也有着较大的差异,因此在实际工程中需要根据工程项目具体情况来进行合理选择,这里以 FTA 方法为例展开具体应用分析。

(一) 风险识别与分析

风险识别简单来说就是对深基坑工程施工风险影响因素(施工安全事故原因)的总结,在工程实际施工阶段,为明确工程存在的施工风险,可安排工程相关专家、技术人员、监理工程师、设计人员等共同建立风险评估小组,结合工程现场实际情况及相关设计资料、同类工程事故调查文件等展开风险识别工作,将具体的风险活动与风险事件确定下来,并对其主要原因进行分析。一般来说,由于深基坑工程的施工安全事故类型较为多样,因此可根据深基坑工程施工内容将其划分为多个子项目,之后再为各子项目单独建立故障树,并将该子项目的相关施工安全事故主要原因确定为故障树的顶事件(风险事件),如基坑围护项目可将整体失稳破坏、基坑隆起、提交破坏等事故原因作为故障树顶事件,而基坑放坡开挖项目则可将故障树顶事件分为放坡坍塌破坏、基坑涌水涌砂破坏两种。

(二) 建立故障树

在确定各子项目的顶事件后,需要对这些顶事件的具体原因进行深入分析,这时,可以结合层次分析方法,以层层细分的方式确定下一层级的原因,直至得到最终的初始原因。同样以基坑放坡开挖项目为例,基坑放坡开挖故障树的顶事件包括放坡坍塌破坏、基坑涌水涌砂破坏,其中放坡坍塌破坏可继续细分为边坡坡面破坏、边坡坡度值选取不当、基坑暴露时间过长、坡顶额外荷载作用等,这些次级事件仍可继续进行细分,直至得到坡顶超载、机具作用荷载过大、排水设施不当等最底层的基本事件。这时只需将按规则对不同层级事件进行编号,并用矩形、菱形、圆形、转入、转出等不同意义的符号对上下层事件间的关系进行表示,完整的子项目故障树就能够最终形成。

(三) 故障树简化与分析

在确立故障树后,如深基坑工程子项目的故障树规模仍比较大,分析起来会比较麻烦,则还需通过拆分故障树等简化方式来缩小故障树规模,降低计算分析量。如故障树规模并不大或已经对故障树进行简化,则可以对故障树进行定量与定性分析,其中定性分析需要通过上行法与下行法来计算故障树的最小割集,这两种方法虽然过程上存在一定差异,但都是通过用基本事件逐层替换中间事件的方式来确定故障树的最小割集。例如上行法就是从基本事件开始,用多个基本事件来表示各层级的中间事件,最后在上溯到顶事件后,就可以将所有可能会导致安全事故(顶事件)的危险路径确定下来,而这些危险路径则正是故障树的最小割集。得到最小割集后再利用前文中提到的相关公式进行定量分析,自然就可以确定子项目各类安全事故的发生几率、严重程度以及具体的重要度等级。

(四) 结果应用

根据深基坑工程子项目故障树的定性、定量分析结果,施工方可以找到工程的潜在危险因素,并通过设计图纸、施工方案、施工管理等方面的针对性调整来尽可能规避危险因素,降低安全事故发生几率。同时在确定各安全事故的危险路径后,施工人员也能够据此推断出安全施工要点,并对相应的施工操作进行重点关注与严格规范。最后,在各项安全事故重要度等级不同的情况下,施工安全管理人员也能够根据安全等级的高低展开有侧重的安全事故防范工作。

结束语

总而言之,深基坑工程施工本身存在着较大的危险性与不确定性,对于施工方来说,要想保证工程施工安全,并使施工能够顺利完成,就必须要对故障树分析、层次分析法、失效模式及效应分析等风险评价方法进行深入了解,并根据工程实际情况进行综合应用。

参考文献:

- [1] 耿国.深基坑工程施工风险综合评价[J].建筑技术开发, 2018, 45(13): 52-53.
- [2] 程鸿群, 余佳雪, 袁宁等.深基坑工程施工过程风险综合评价[J].同济大学学报(自然科学版), 2016, 44(03): 491-498.
- [3] 安冬, 李宝平, 刘继龙等.深基坑工程施工风险研究[J].门窗, 2015(03): 196+198.