

隔离气囊在建筑施工中的应用研究

黄佳炯

广东省水利水电第三工程局有限公司

摘要:在建筑工程中,梁、柱节点位置的混凝土在浇筑时,通常因为混凝土标号不同而出现交接位置施工难题,导致工程质量难以保障。基于此,结合工程案例,讨论隔离气囊技术在建筑施工中的应用优势与应用要点,以此为同类工程建设提供参考,降低工程风险,提升工程综合效益。

关键词:建筑工程;隔离气囊;应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.09.033

传统的收口网隔离技术中,收口网受钢筋影响而性能降低,在浇筑混凝土的过程中,容易出现收口网破裂、混凝土外流的现象,导致高强度的混凝土向临近梁板位置流淌,混凝土的消耗量增大,而交界面的剔凿等处理难度增加、拆模后混凝土色泽差异大等问题也相对明显,混凝土质量难以保障。利用隔离气囊可以将高强度混凝土与节点位置的低强度混凝土隔开,既降低了节点隔离施工的难度又能节约工程成本提升工程质量。

一、工程概况

(一) 基本概况

某工程项目总用地面积50233.33m²,其中新建占地19067m²,新建总建筑面积为72375.70m²,施工合同额1.7亿。项目包含:一号厂房,层数为11层,建筑总面积27932.42m²,建筑总高度53.25米,使用性质丙二类高层厂房;二号厂房,层数为11层,建筑总面积31218.95m²,建筑总高度53.1米,使用性质丙二类高层厂房;三号宿舍楼,地下一层(面积约462m²、开挖深度4.15m),地上16层,建筑总面积13224.33m²,建筑总高度为58.65米,使用性质高层宿舍。建筑结构形式为框架结构,安全等级为二级,基础形式为机械旋挖灌注桩基础,地基基础设计等级为乙级。

(二) 工程施工难点与重点

工程3栋建筑物梁柱节点混凝土均采用0.9mm厚PVC夹网布隔离气囊进行混凝土浇筑施工,其中一号厂32根柱、二号厂房36根柱、三号宿舍楼33根柱,项目工期较紧,要求在主体施工的每个环节优化工艺,节约工期,

确保达到主体封顶的工期目标,若不能按时完成,则有可能造成后面工期损失。故在此亟须使用新工艺来方便快捷地解决梁柱节点处理、与混凝土浇筑速度的难题。传统的施工工艺是利用收口网片垂直或倾斜插入梁内,以阻挡混凝土的流淌。

二、技术比选

①隔离气囊。隔离气囊(拦茬气囊)属于建筑行业的一种新型材料,是经PVC双层夹网布在高温高压工艺下生产而成的一种充气棒,相较于传统的收口网和密目钢丝网工艺,隔离气囊工艺具有以下优点:①灵活性。隔离气囊可以根据工程现场梁柱的尺寸及具体情况进行选型,即根据施工现场的钢筋间距等参数选择气囊直径和长度;②便捷性。在梁、柱节点位置混凝土浇筑时,可灵活选择不同大小和长度的隔离气囊塞入,仅进行充气便可完成操作,省去大量的前期和中间流程;③优质性。使用气囊的情况下,可保证对混凝土的完全阻挡,杜绝了混凝土浇筑中的串标问题;④经济性。使用隔离气囊降低了人工成本,材料可循环使用,减少了资源浪费,工程的综合造价得到了有效控制。

②传统技术。相比之下,传统的混凝土拦茬技术在使用时缺点较为明显,如收口网拦茬工艺中:需要网片安装前,根据梁的截面尺寸,剪裁好相应的网片,同时按照钢筋排列预钻好孔洞,在钢筋绑扎时与箱筋同时穿入。由于此现有的工艺本身实现难度较高,现场的常规做法往往是在整根梁的钢筋绑扎全部完成后通过在网片上局部剪开一个小口子硬塞入梁内,再用钢丝将网片与梁钢筋绑扎固定,这种粗放的施工方法导致收口网片并没有起到理想中的分离作用,迫使混凝土串料。此外,传统拦茬技术中材料为一次性使用,且需要根据现场钢筋布置情况进行收口网和钢丝网裁剪与固定安装,中间环节相对复杂。如收口网技术中,需要将收口网绑扎于柱边以外约70cm处,但在施工时常因绑扎不牢固或绑扎过近易受浇筑施工影响。

通过表1进一步对比可见,隔离气囊综合使用价值更高。

表1 隔离气囊与传统拦茬技术对比

技术名称	效果	经济效益	作业难度
钢丝网	有效封堵75%,存在柱内泄漏风险	不可循环使用,参考造价20元/m ²	梁钢筋安装完毕后开始作业,封堵结束后进行梁模板安装,中间环节过多,风险点较多,时间较长
隔离气囊	有效封堵95%,柱内泄漏风度小	可循环20次左右,气囊参考价20元/个	可在梁模板安装完毕后进行,中间环节少,风险点少,时间短,单处安装时间可控制在5~10min

三、隔离气囊的应用实践

(一) 工艺流程

高低标号混凝土隔离主要施工工序如下：使用前将气囊气体放空→模板支架搭设安装→梁钢筋绑扎→隔离气囊放置固定（未充气）并设置构造钢筋→气囊充气→梁底、梁侧橡胶环设置→沉梁并绑扎板面钢筋→浇筑混凝土前气囊补气→混凝土浇筑→放气拔出气囊（初凝前）。

(二) 工艺要点

1. 成品气囊规格搭配选择

混凝土浇筑过程中，成品气囊主要作为隔挡混凝土材料，气囊必须能填满梁的全部截面尺寸，保证在混凝土浇筑过程中混凝土浇筑过程中不会串料。气囊搭配合理，避免气囊直径相差过大，造成气囊堆积或难以固定，气囊材料浪费。统计所有梁柱节点梁钢筋的间距以及梁柱节点梁截面的设计高度，根据选择的梁截面高度和钢筋间距、直径，来确定气囊的长度和直径，要求选择气囊的直径比最大钢筋间距和平均钢筋间距大20mm以上，同时为防止梁顶混凝土外溢，气囊的长度需要比梁截面高度200~300mm为宜，由于本项目梁上部钢筋间距一般多为30~80mm，钢筋直径多为25~28cm，框架梁高度为800~1000mm，所以选择气囊的直径为：60mm、100mm、120mm，高度选择为：1100mm、1300mm，具体搭配见表2。

表2 气囊搭配表

气囊规格	主要梁规格		
	550*1000 (500*1000)	500*900	400*800
60*1300	1	-	6
100*1300	1	-	-
120*1300	3	-	-
60*1100	-	1	-
100*1100	-	4	-

2. 成品气囊固定

气囊的固定是技术方案的重点体现，直接影响节点混凝土浇筑过程中是否出现串料。考虑到气囊为轻质材料，浇筑混凝土过程中，受到混凝土挤压的推力影响，如果气囊固定连接不牢靠，容易在这些过程中脱离，其具体要求有：混凝土浇筑完成后，作为加固材料，其随梁柱钢筋一起浇筑，无须拆除，且不影响梁柱节点混凝土浇筑质量，减少后续清理工序；具有足够的强度和刚度，在混凝土浇筑过程中不会出现气囊位移，变形或者爆模等；固定方案应具备科学性，操作成本低廉，可普及性的特性。此外，隔离气囊在梁钢筋绑扎过程中同步安装，气囊必须保证竖直不变形，气囊顶住梁底钢筋，气囊上部依靠膨胀力进行固定，梁高方向依靠构造钢筋进行水平固定支撑，防止混凝土水平压力导致气囊变形及位移。

①气囊顶部和底部固定。气囊放置后采用空压机进行充气，隔断气囊的安装位置应设置在低度等级构件中，距离高等级构件边缘距离应不小于500mm。根据钢筋间距缝隙安放未充气的橡胶充气气囊，钢筋沉梁前对气囊进行充气固定，气囊顶部和底部依靠膨胀力挤压相邻钢筋进行固定，气囊充气气压须达到0.02Mpa，气囊充气膨胀将钢筋之间空隙填满密实，确保安装竖直，无倾斜，梁底不晃动。

②气囊中部固定。气囊中部固定主要是为了防止在混凝土浇筑和振捣过程中因气囊刚度不够发生变形和位移，考虑在气囊两侧中部加设水平与竖直构造筋，水平、竖直构造钢筋的竖向间距直接影响混凝土浇筑过程中气囊整体抗压能力，间距过大容易出现气囊变形、位移，构造筋采用12号铁丝绑扎固定，根据梁高保证水平构造钢筋间距小于300mm，竖向构造筋间距200mm，见图3所示。

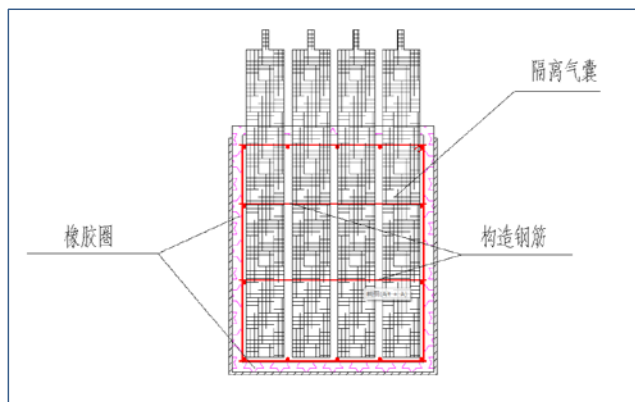


图3 气囊加固示意

3. 气囊力学性能计算

①混凝土对气囊侧压力计算

根据JGJ162-2008《建筑施工模板安全技术规范》中，新浇筑混凝土作用在模板上的最大侧压力按下列公式计算，并取其中的较小值。

$$\begin{cases} F = 0.2 \gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{1/2} \\ F = \gamma_c H \end{cases}$$

式中： F 为新浇筑混凝土对模板的最大侧压力（ KN/m^2 ）， γ_c 为混凝土的重力密度（ KN/m^3 ）取 $25\text{KN}/\text{m}^3$ ， t_0 为新浇筑混凝土的初凝时间， $t=200/(T+15)$ ，一般取 5h ， V 为混凝土的浇筑速度（ m/h ），取 $0.5\text{m}/\text{h}$ ， H 为混凝土侧压力计算位置处至新浇筑混凝土顶面的总高度，取 1.1m ， β_1 为外加剂影响修正系数，不掺外加剂时取 1.0 ， β_2 为混凝土坍落度影响系数，取 1.15 。

经计算，两个公式计算结果分别为 $22.4\text{KN}/\text{m}^2$ 和 $27.5\text{KN}/\text{m}^2$ ，取二者中的最小值 $F=22.4\text{KN}/\text{m}^2$ 作为模板侧压力的标准值，并考虑倾倒混凝土时产生的水平荷载标准值 $4\text{KN}/\text{m}^2$ ，分别取荷载分项系数 1.2 和 1.4 ，

作用于模板的总荷载值Q为：(22.4×1.2+4×1.4)×0.55×1.1=19.65KN

②气囊承载力验算

单个气囊承压面宽度： $B = \frac{\pi D}{2}$

单个气囊有效承压长度： $L=L_0-2 \times 0.866 \times D$

气囊顶升压力： $G=1000PNBL/9.8$

式中：D为气囊直径(m)， L_0 气囊总长度(m)，N为气囊个数，P为气囊工作气压(MPa)。

经计算：

$B=3.14 \times 0.1 \times 0.5=0.157m$

$L=1.3-2 \times 0.866 \times 0.1=1.13m$

$G=1000 \times 0.02 \times 6 \times 0.157 \times 1.13=21.28KN > 19.65KN$ ，气囊承载力满足要求。

③构造钢筋绑扎铁丝承载力验算

单根12#铁丝破断力为3.07KN，构造钢筋三横两竖共12个绑扎点，则构造钢筋绑扎铁丝承载力 $F=3.07 \times 12=36.84KN > 19.65KN$ 。

综上所述：水平构造钢筋间距小于300mm，竖向构造钢筋间距200mm，满足要求。

4. 梁底、梁侧混凝土封堵隔离

做好梁底、梁侧混凝土隔离同样重要，使用合适得当材料方法进行梁底、梁侧混凝土隔离尤为关键。其具体要求：隔离材料与梁侧模板连接紧密，能很好地阻隔混凝土向低标号区域流动；混凝土浇筑完成后，无须拆除，或拆除方便，能节约大量时间。

考虑在沉梁前安装气囊，梁侧、梁底混凝土隔离就会是一个问题，侧面气囊安装质量就难以保证，在施工中研究使用环形可拔出隔离材料对其进行封堵，研究方法主要通过在施工过程中，分别测试两种隔离材料在工艺中的效果，来进行方案的对比，由此确认两种隔离材料的施工工艺与特性。考虑梁侧、梁底气囊难以放置，需采取其他方法，同时满足相近尺寸梁通用，以及可周转使用，加工需求小、费用小，还要考虑便于抽出，施工简易，对保护层厚度偏差控制要求较小。

①隔离材料的选择。在梁底、梁侧混凝土隔离步骤过程中，选择性较多，若采用EPE珍珠棉，其材料能满足隔离效果，但是在拔出过程中容易造成珍珠棉的损坏，残留在混凝土中，影响混凝土质量，综合考虑，选择橡胶圈作为隔离材料。选择1寸实心丁腈橡胶条实心橡胶圈，材质为抗撕裂强度约30KN/m的橡胶圈，柔韧性好，使用寿命长，进行梁底、梁侧混凝土隔离，操作可靠、成本也相对较低、工作效率较高，得以胜出。

②橡胶圈的固定安装。橡胶圈的安装方式主要是考虑混凝土浇筑完成后方便拔出，首先按梁宽和梁宽将橡

胶圈裁剪成2m一根，在固定方式上，橡胶圈的开口部分放在梁顶，在拔出过程中就必须在梁的一侧进行拔出，这样橡胶圈就会经过梁底的两个直角弯，可能会造成橡胶圈被钢筋卡住。我们采用将橡胶圈的开口部分放在梁底，在拔出过程中可以从梁两侧进行拔出，每边仅需经过一个直角弯，且拔出长度短，避免被钢筋卡住。橡胶圈开口端在梁底施工使用扎丝简单固定，切勿固定牢固阻碍橡胶圈拔出。

5. 混凝土浇筑与气囊及实心橡胶圈拔出

混凝土浇筑和气囊拔出时间直接关系到梁柱核心区施工质量，合理的浇筑顺序尤为重要，具体要求有：针对商品混凝土的初凝时间、浇筑速度选择合适浇筑顺序和机械，防止结构冷缝出现。气囊和橡胶圈的拔出时间需要在其梁侧混凝土浇筑完成后，且采用简便方式拔出。

为避免梁板混凝土快速流动导致低标号混凝土流入高标号梁柱节点，节点处混凝土采用塔吊浇筑，梁板采用泵送，先浇筑柱(梁柱节点)混凝土，再浇筑板混凝土接近柱边缘，最后浇筑梁区域混凝土，根据浇筑表面的宽度、施工速度以及妥善安排浇筑时间，确保浇筑完成两种混凝土均在初凝时间。浇筑完成后将气囊取出，同时对混凝土进行振捣。

气囊两侧混凝土浇筑完成后拔出气囊与橡胶圈，气囊及实心橡胶圈外使用时须刷隔离剂，以减少抽模阻力，不得使用机油代替隔离剂，一方面机油对橡胶侵蚀，另一方面机油会污染钢筋。用肥皂水稀释，作为脱模剂效果比较理想。皂粉和水的比例大约是1:20。

四、总结

结合实际施工得知，离气囊施工技术相对于传统梁柱节点混凝土处理，能有效节省施工材料，同时降低劳动强度。随着竖向结构的数量增多，隔离气囊操作简单，采购方便，价格低廉，不需要专业工种，能稳定发挥材料的性能。该技术的应用对于保障工程的进度、质量以及控制成本等方面具有重要价值。

参考文献

[1] 项余能. 梁柱不等强节点混凝土浇筑夹网布气囊分隔技术应用[J]. 建设监理, 2023(03): 94-96.
[2] 李小冬, 杨启, 胡勇. 气囊封堵在水利工程中的应用现状及发展趋势[J]. 中国水运(下半月), 2023, 23(02): 83-85.
[3] 王威, 张扬, 黄建兴. 充气气囊混凝土高低标号拦截施工技术研究[J]. 建设机械技术与管理, 2022, 35(S1): 43-45.
[4] 赵刚. 混凝土半圆体预留孔气囊成孔施工工艺研究[J]. 中国水运, 2019(08): 89-90