

文章编号:1673-2049(2014)03-0025-07

四边形筒式钢构架立体停车结构的横隔设置研究

贺拥军¹, 周绪红^{1,2}, 唐家云¹

(1. 湖南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045)

摘要:提出在垂直升降型立体车库承重骨架的四边形筒式钢构架结构中设置一定间距的横隔, 形成带横隔的立体停车结构, 以提高结构的整体性。利用有限元软件 SAP2000 建立了结构分析模型, 通过对不同横隔设置方案的结构静力性能, 即中间框架的侧移和内力分布、停车区间和提升井变形的比较, 探讨了横隔对结构性能的影响及横隔设置的最佳方案。结果表明: 设置横隔能加强结构整体性, 有效保证中间框架与边框架的同步侧移且显著减小中间框架侧移, 结构停车区间和提升井的变形得到有效控制, 利于车辆停放及设备的运行, 同时柱内力突变相对缓和; 综合考虑制作成本及结构性能情况, 间隔 3 层设置横隔为最佳方案。

关键词: 立体停车结构; 横隔设置; 结构变形; 静力性能; 侧移

中图分类号: TU355

文献标志码: A

Research on Diaphragm Arrangement of Quadrangular Tube-type Steel Frame Tridimensional Parking Structure

HE Yong-jun¹, ZHOU Xu-hong^{1,2}, TANG Jia-yun¹

(1. School of Civil Engineering, Hunan University, Changsha 410082, Hunan, China;

2. School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: A tridimensional parking structure with diaphragms was presented by setting diaphragms at some levels of the quadrangular tube-type steel frame. A structural analysis model was established by finite element software SAP2000. By comparing the static property of the structures with different diaphragm arrangement schemes, the effects of diaphragms on structural optimum properties, including the lateral displacement and internal force distribution of the middle frame and the deformation of the parking areas and lifting areas, were studied. Meanwhile, the optimal arrangement scheme of diaphragms was investigated. Results indicate that the behavior of the quadrangular tube-type steel frame tridimensional parking structure is significantly improved for the diaphragms. Besides, the storey shifts of the middle frame become smaller and more uniformly, the deformation of the parking areas and lifting areas is effectively restrained, which is conducive to parking of vehicles and operation of the lifting equipment. Moreover, the sudden change of column internal forces becomes relatively moderate. Synthesizing the cost and structural behaviors, arranging diaphragms every four storeys is the optimal scheme.

Key words: tridimensional parking structure; diaphragm arrangement; structural deformation;

收稿日期: 2014-04-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(51178176); 湖南省自然科学基金项目(13JJ6022);

湖南省高校科技创新团队项目(湘财教指[2012]80 号)

作者简介: 贺拥军(1970-), 男, 湖南宁乡人, 教授, 博士研究生导师, 工学博士, E-mail: hyj0087@163.com。

static property; lateral displacement

0 引言

立体车库作为一种新型的停车形式,已经成为有效解决城市“静态交通”问题的必然选择,其中垂直升降型立体停车结构具有占地面积小、空间利用率高等特点,是大中城市解决停车难问题的首选方案^[1-3]。目前,四边形筒式钢构架作为垂直升降型立体车库的一种有效承重骨架已被提出,但是对其性能研究还很少^[4-5]。立体车库承重骨架起着支承停车传动系统和车辆荷载的重要作用,根据电梯技术条件^[6]的要求,电梯的各机构和电气设备在工作时不应有过大变形。四边形筒式钢构架立体停车结构由于没有楼板,整个体系成为一个镂空结构,同时,为实现存取车辆时水平横移的功能要求,中间框架不能布置任何支撑构件,所有支撑只能布置在边框架上^[1]。因此将造成在水平荷载作用下同一层节点位移不一致^[2],直接引起停车区间和提升井发生过大变形,导致提升电梯及横移设备无法正常运转^[7],甚至发生坠车事故。为保持结构的整体性,鉴于横隔在高耸结构中的成功应用^[8],本文中笔者提出在垂直升降型四边形筒式钢构架立体停车结构中设置一定间距的横隔,形成带横隔的立体停车结构,利用有限元软件 SAP2000 进行三维建模,对几种设置不同横隔数目与位置的结构进行详细分析,并通过与不带横隔情况进行对比,研究了横隔对四边形筒式钢构架立体停车结构性能的影响及横隔设置的最佳方案。

1 结构模型

1.1 几何构成与构件截面

图 1 为常规的垂直升降型四边形筒式钢构架立体停车结构。结构中间为提升井,两边为停车区间,车辆进入提升井后,由电梯将其提升至停车位高度,然后平移进入停车区间,如图 1(e)所示。为了增强结构纵向抗侧刚度,在结构前后立面的中间跨布置常规的 X 形支撑(考虑到车辆进出的要求,将底层的 X 形支撑改为单斜杆支撑,布置在两边跨),如图 1(b)所示。横向抗侧刚度由布置于两侧面边框架中的人字形支撑提供,如图 1(c)所示。由于车辆停放过程的特殊性,为了实现车辆在停车区间与提升井之间水平移动,中间框架内不能布置抗侧力构件,如图 1(d)所示。在横向(y 方向)水平荷载作用

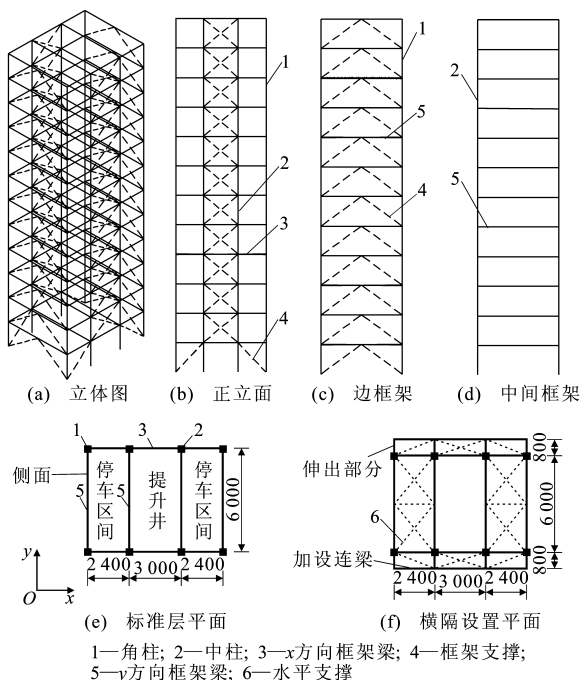


图 1 四边形筒式钢构架立体停车结构(单位:mm)

Fig. 1 Quadrangular Tube-type Steel Frame Tridimensional Parking Structure (Unit:mm)

下,中间框架的变形最大,造成同一层节点位移不一致,如图 2(a)所示,将直接引起停车区间发生过大变形,容易导致水平横移设备运行故障并发生坠车事故;又由于中间提升井为中空,左右停车区间在水平面上仅由提升井前后边梁连接,水平荷载作用下易使提升井产生较大的水平剪切变形,如图 2(b)所示,导致提升电梯无法正常升降^[7],同时也造成结构薄弱。图 2 中, L_1 , L_2 分别为停车区间和提升井边框架梁长度。为保持结构变形的一致性,本文中提出在结构中设置一定间距的横隔,形成带横隔的四边形筒式钢构架立体停车结构,横隔的设置平面如图 1(f)所示,由结构标准层平面横梁前后伸出并加设纵向连梁,然后在此平面内(除提升井外)布置水平支撑而构成。

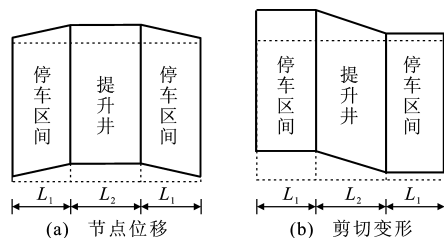


图 2 结构平面变形示意

Fig. 2 Schematic of Planar Deformation of Structure

根据常用汽车的基本尺寸和《高耸结构设计规范》(GB 50135—2006)^[8],底层为车辆进出车库和调头之用,高度最大,取 2.7 m。中部为标准层,层高为 2.2 m,用来停放车辆,它由标准单元组成,可以根据实际车库容量来适当加减层数。顶层用来安装滑轮组并留有检修滑轮组及其他设备的空间,因此高度最小,取 2.0 m。本文中主要研究的立体停车结构模型设计车库容量为 30 辆,需要 15 层停车标准单元,总高度为 37.7 m。标准层和横隔设置平面尺寸如图 1(e),(f)所示。 x,y 方向框架梁型号分别为 H100×100×6×8 与 H125×125×6.5×9,柱型号为 H175×175×7.5×11,斜撑和横隔中的水平支撑统一采用型号为 $\Phi 102\times 4$ 的空心圆钢管。梁柱之间采用刚接,支撑两端均采用铰接,钢材的弹性模量为 210 GPa。

1.2 结构荷载

考虑到水平荷载和竖向荷载同时作用在结构上,在选型比较阶段,对水平荷载和竖向荷载均作近似等效处理。每辆车自重约为 20 kN,动力放大系数为 1.5,外加提升电机、托车板等附属设备自重为 4 kN,因此,竖向荷载可简化为在结构每层的 8 个柱节点各施加 8 kN 竖向集中力^[7]。由于立体车库在水平荷载作用下可能产生左右停车区间同向和相对错动的变形,因此,水平荷载可简化为:当考虑左右停车区间同向侧移时,在正面角柱节点和中柱节点分别作用 9 kN 和 20 kN 水平集中力,见图 3(a);当考虑左右停车区间发生反向侧移时,在左右停车区间的角柱节点和中柱节点施加大小为 10 kN、方向相反的水平集中力,见图 3(b)。

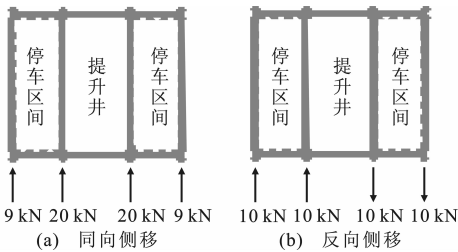


图 3 结构水平荷载
Fig. 3 Horizontal Loads on Structure

1.3 横隔设置方案

为分析横隔的作用,考虑在不同高度位置设置不同数目横隔来进行比较,横隔设置方案见表 1。

2 静力性能比较

本文中的四边形筒式钢架立体停车结构,其抗侧刚度绝大部分由设有支撑的两侧面框架提供,根

表 1 横隔设置方案
Tab. 1 Diaphragm Arrangement Schemes

| 方案编号 | 横隔数目 | 间隔层数 | 横隔的位置(从底层算起) |
|------|------|------|--------------------|
| 1 | | | |
| 2 | 1 | | 第 5 层 |
| 3 | 1 | | 第 14 层 |
| 4 | 3 | 5 | 第 3,9,15 层 |
| 5 | 4 | 3 | 第 5,9,13,17 层 |
| 6 | 5 | 3 | 第 2,6,10,14,18 层 |
| 7 | 6 | 2 | 第 2,5,8,11,14,17 层 |

据文献[9]可知,由于结构层平面内刚度小,无竖向支撑的中间框架侧移相对较大,将直接影响立体车库的正常使用,故主要应该对横隔设置前后各方案中间框架的静力性能进行分析比较。

2.1 左右停车区间发生同向侧移

2.1.1 中间框架侧移

水平荷载作用下,立体停车结构发生如图 2(a)所示的左右停车区间同向侧移时,各方案结构中间框架 y 方向的侧移曲线如图 4 所示,层间位移曲线如图 5 所示。

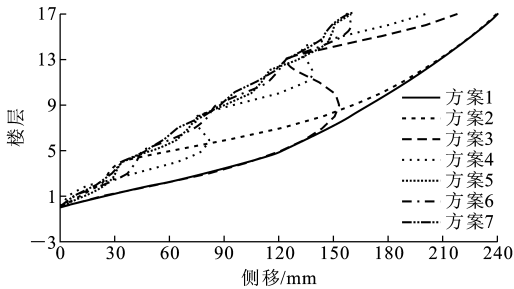


图 4 各方案结构中间框架侧移曲线
Fig. 4 Lateral Displacement Curves of Middle Frame of Structures in Various Schemes

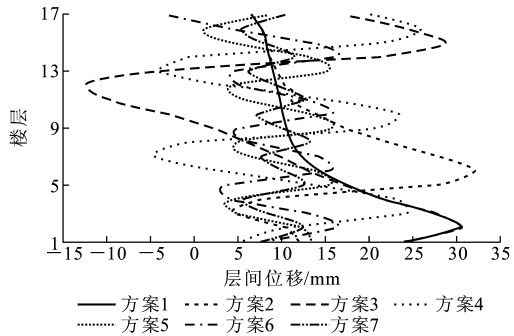


图 5 各方案结构中间框架层间位移曲线
Fig. 5 Storey Drift Curves of Middle Frame of Structures in Various Schemes

由图 4,5 可以看出,设置横隔可以有效减小中间框架在横隔层及相邻层的位移。这是由于边框架刚度远大于中间框架,使得二者的变形特征不同,而

横隔层在水平面提供了相当大的剪切刚度,因此在横隔的约束作用力下,边框架和中间框架在横隔层处承担的水平荷载重新分配,迫使不同的竖向构件产生相同的水平位移,故表现为中间框架在横隔层处的位移得到有效约束。

比较方案 2 和方案 3 可知,同样是设置 1 道横隔,二者的最大层间位移几乎相等,且在距横隔较远层的位移和层间位移逐渐接近原结构。由此可见,设置 1 道横隔只对横隔层及相邻层的中间框架局部变形有良好的约束作用,而对结构的整体位移影响较小。这是因为边框架和中间框架所承担的水平荷载仅在横隔层处重新分配,故设置 1 道横隔并不能影响两框架在其他层上的水平荷载分配,从而对结构整体变形影响不大。同时,随着横隔数目的增多,中间框架的层间位移沿楼层的分布呈现较小范围内的“波浪型”变化,且波动幅值不断减小。这是由于边框架和中间框架的相互作用随着横隔数目的增多而逐渐加强,使得分配到中间框架的水平荷载逐渐减少,而分配到抗侧刚度大的边框架的水平荷载逐渐增多,故中间框架各层水平位移得到有效降低,从而层间位移的波动幅度逐渐下降。

比较设置多道横隔对中间框架最大层间位移的影响,如表 2 所示。由表 2 可知,方案 5、6 同样是间隔 3 层设置横隔,但是横隔数目不同,二者的最大层间位移几乎相等,此后继续减小横隔间距,最大层间位移的减小效果减弱。可见,横隔的间距直接影响其对中间框架变形的约束作用,且随着横隔间距的减小,最大层间位移下降的效果逐渐变缓。

表 2 不同横隔设置方案结构中间框架最大层间位移对比
Tab. 2 Comparison of Maximum Storey Shift of Middle Frame of Structures with Different Diaphragm Arrangement Schemes

| 方案编号 | 1 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| 横隔数目 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 间隔层数 | | 5 | 3 | 3 | 2 |
| 最大层间位移/mm | 30.4 | 23.5 | 16.0 | 15.6 | 12.7 |
| 最大层间位移减小率/% | | 22.7 | 47.4 | 48.6 | 58.2 |

2.1.2 中间框架柱弯矩分布

横隔对弯矩的影响集中在横隔层的位置,此处内力出现突变,比较设置多道横隔后各方案结构中间框架柱弯矩曲线,见图 6。由图 6 可以看出,设置不同数目横隔后,位于横隔层处和与之相邻的上层中间框架柱的弯矩发生突变,其承受弯矩大大增加,而相邻下层的弯矩却一定程度地减小。随着横隔数目的增多,中间框架柱弯矩的突变幅度逐渐减小,且

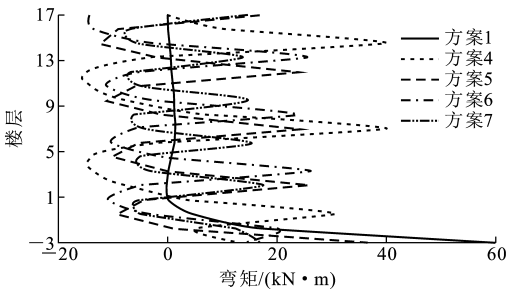


图 6 各方案结构中间框架柱弯矩曲线
Fig. 6 Moment Curves of Middle Frame Columns of Structures in Various Schemes

减小的速率放缓。可见,设置横隔对中间框架柱横隔层处的内力影响明显,应对中间框架柱在横隔层处的连接进行加强处理。同时随着横隔数目的增多,中间框架柱内力突变相对缓和,故应适当降低横隔间距以减小结构内力突变。

2.1.3 停车区间的相对变形

图 7 为停车区间变形,其中, U_M, U_C 分别为同一停车区间中柱和角柱对应节点的位移。水平荷载作用下,中间框架的位移远大于边框架,这样容易引起停车区间过大变形而使得车辆无法正常进行水平横移,为方便描述停车区间的相对变形,定义其指标 T 为

$$T=\frac{U_M-U_C}{L_1} \tag{1}$$

式中: $L_1=2\,400\text{ mm}$; T 越小,则表示停车区间相对变形越小。

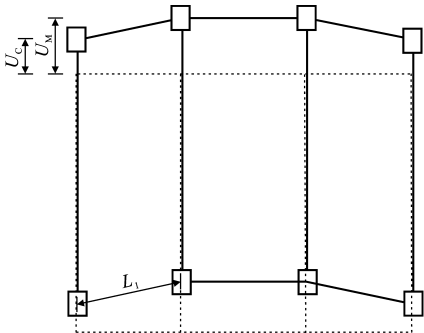


图 7 停车区间变形
Fig. 7 Deformation of Parking Area

通过计算得到设置不同数目横隔各方案中 T 的最大值、均值和标准差统计结果以及最大值减小率、均值减小率如表 3 所示。由表 3 可以看出:对未设置横隔情况,停车区间相对变形指标 T 的最大值和均值都较大,且标准差也较大;设置横隔以后,停车区间的相对变形指标 T 最大值和均值均得到大幅度降低,同时计算得到横隔层处的 T 值几乎为 0。

表 3 各方案停车区间相对变形指标 T 对比

Tab. 3 Comparison of Relative Deformation Index T of Parking Area in Various Schemes

| 方案编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| T 最大值/ 10^{-2} | 3.6 | 3.6 | 3.4 | 1.9 | 0.5 | 0.6 | 0.2 |
| T 均值/ 10^{-2} | 3.0 | 2.2 | 1.9 | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| T 标准差/ 10^{-2} | 1.1 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| T 最大值减小率/% | | 0.0 | 2.8 | 47.2 | 86.1 | 83.3 | 94.4 |
| T 均值减小率/% | | 26.7 | 36.7 | 76.7 | 93.3 | 93.3 | 96.7 |

可见,设置横隔能够有效协调横隔层及相邻层的停车区间的相对变形。对比方案 2 和方案 3 可知,同样是设置 1 道横隔,方案 3 的 T 最大值减小率和均值减小率都大于方案 2,且标准差也小于方案 2。可见,方案 3 对抑制停车区间相对变形的效果更加明显,即横隔设置在上部能够更有效地提高立体停车结构的整体性能。比较设置 4 道横隔的方案 5 和设置 5 道横隔的方案 6 可知,同样是间隔 3 层设置横隔,二者的 T 最大值和均值几乎相等。可见,横隔间距对结构各层停车区间的相对变形的控制作用有直接影响。随着横隔间距的下降,停车区间的相对变形指标 T 的最大值和均值都不断减小,但是减小的幅度放缓。

2.2 左右停车区间发生反向侧移

2.2.1 中间提升井的相对变形

立体车库发生如图 2(b)所示的左右停车区间反向侧移时,将直接导致中间提升井产生较大的平面变形,如图 8 所示,其中, U_{M1} 、 U_{M2} 分别为提升井左右两中柱对应节点的位移。这将造成结构薄弱的同时,也容易导致该提升井变形过大而使得提升电梯无法正常运行。为方便描述提升井的相对变形,定义其指标 K 为

$$K=\frac{U_{M1}-U_{M2}}{L_2} \tag{2}$$

式中: $L_2=3\ 000\ \text{mm}$; K 越小,则表示提升井的相对

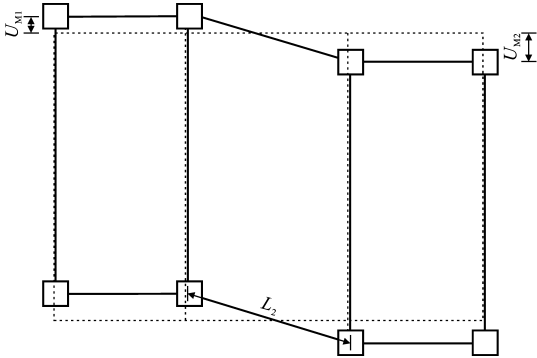


图 8 提升井变形

Fig. 8 Deformation of Lifting Area

变形越小。

由对称性可知,中间提升井边框架梁的相对位移为中间框架柱位移的 2 倍,故可通过中间框架柱的位移曲线间接反映中间提升井各层的相对变形大小。通过计算得到设置不同数目横隔各方案结构的中间框架柱侧移曲线,如图 9 所示。从图 9 可以看出,当左右停车区间发生反向侧移时,设置横隔能够有效减小中间框架柱在横隔层及相邻层的层位移,且对中间框架柱侧移的约束作用随着横隔位置的升高而增加。这是因为边框架与中间框架变形差异随着高度的增加而增加,故横隔设置的位置越高,所产生的水平相互作用力越强。从图 9 还可以看出,随着横隔间距逐渐减小,中间框架柱层位移曲线总体呈“波浪型”向上变化,且波动幅度不断减小。

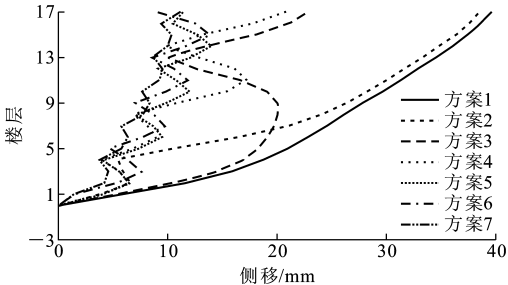


图 9 各方案结构中间框架柱侧移曲线

Fig. 9 Lateral Displacement Curves of Middle Frame Columns of Structures in Various Schemes

由于中间提升井各层的相对变形可通过中间框架柱的侧移曲线间接反映,由此可知,设置横隔能够有效减小中间提升井的相对变形。比较设置不同数目横隔各方案 K 的最大值见表 4。对比方案 2 和方案 3 可以看出,同样是设置 1 道横隔,方案 3 中指标 K 最大值的减小量远大于方案 2。可见,方案 3 能更有效地提高立体停车结构提升井错动变形的抵抗能力,再次证明横隔设置在上部对提高结构整体性能的效果更加明显。对比方案 5 和方案 6 可知,同样是间隔 3 层设置横隔,但是横隔数目不同,二者的 K 最大值几乎相等,说明横隔间距对结构的整体约束作用有直接影响。随着横隔间距的减小, K 最大值逐步减小,当横隔间距小于 3 层时, K 最大值的减小效果减弱。可见,间隔 3 层设置横隔已经近似达到边框架和中间框架相互作用的上限,再继续减小横隔间距,增加横隔数目意义不大。

2.2.2 提升井边框架梁的剪力

通过计算,得到设置不同横隔各方案结构中间提升井各层边框架梁剪力曲线,见图 10。

由图 10 可以看出,设置横隔可以有效减小横隔

表 4 各方案中提升井相对变形指标 K 对比

Tab. 4 Comparison of Relative Deformation Index K of Lifting Area in Various Schemes

| 方案编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| K 最大值/ 10^{-2} | 2.64 | 2.57 | 1.53 | 1.37 | 0.93 | 0.93 | 0.74 |
| K 减小率/% | | 2.7 | 42.2 | 48.0 | 64.7 | 65.0 | 71.9 |

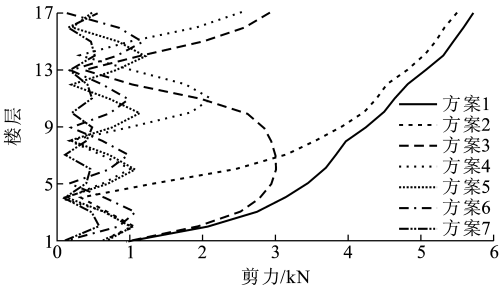


图 10 各方案结构中提升井各层边框架梁剪力曲线

Fig. 10 Shear Curves of Side Beams in Lifting Area of Structure in Various Schemes

层及相邻层中间提升井边框架梁的剪力,并在横隔层位置达到最小值。当设置多道横隔时,提升井各层边框架梁的剪力在较小范围内波动,设置横隔各方案中提升井边框架梁的最大剪力减小说比如表 5 所示。对比设置 1 道横隔的方案 2 和方案 3 可以看出,方案 3 中间提升井边框架梁的最大剪力减小率远大于方案 2。可见,横隔设置在上部更能够有效地减小中间提升井边框架梁的剪力,随着横隔数目

表 5 各方案中提升井边框架梁最大剪力对比

Tab. 5 Comparison of Maximum Shears of Side Beams of Lifting Area in Various Schemes

| 方案编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 最大剪力/N | 5 722 | 5 494 | 2 918 | 2 532 | 1 215 | 1 180 | 571 |
| 最大剪力减小率/% | | 3.98 | 49.00 | 55.75 | 78.77 | 79.37 | 90.02 |

的增多,中间提升井边框架梁剪力的最大值逐渐变小,且当横隔间距小于 3 层时,最大剪力的下降速率放缓。

3 不同层数结构横隔设置方案对比

通过上述对 17 层立体停车结构分析可知,间隔 3 层设置横隔能够有效提高结构整体性能,柱内力突变相对缓和,同时增加的用钢量也比较适中。为验证该结论的一般适用性,对 12 层和 22 层立体停车结构不同横隔设置方案下各静力性能指标进行对比分析,如表 6 所示。由表 6 可以看出,随着横隔间距的减小,两结构中间框架最大层间位移、停车区间相对变形指标 T 和提升井相对变形指标 K 的最大值和均值及中间框架梁最大剪力不断减小,但是减小速率逐渐变缓。当横隔间距小于 3 层时,各指标进一步降低地效果甚微。因此,综合考虑制作成本及结构整体受力效果,间隔 3 层设置横隔最为合理。

表 6 12 层和 22 层立体停车结构不同横隔设置方案下静力性能指标对比

Tab. 6 Comparison of Static Property Indexes of 12-storey and 22-storey Tridimensional Parking Structures with Different Diaphragm Arrangement Schemes

| 结构模型 | 方案编号 | 间隔层数 | 横隔数目 | 左右停车区间同向侧移 | | | 左右停车区间相对侧移 | | |
|--------|------|------|------|--------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| | | | | 最大层间位移/mm | T 最大值/ 10^{-2} | T 均值/ 10^{-2} | K 最大值/ 10^{-2} | K 均值/ 10^{-2} | 中间框架梁最大剪力/kN |
| 12 层结构 | 1 | | | 37.00 | 5.30 | 4.03 | 1.95 | 1.33 | 3.86 |
| | 2 | 4 | 2 | 17.10(53.6%) | 1.33(74.9%) | 0.56(86.1%) | 1.00(48.7%) | 0.56(57.8%) | 1.91(50.5%) |
| | 3 | 3 | 3 | 13.70(62.8%) | 0.53(90.0%) | 0.20(95.0%) | 0.70(64.1%) | 0.40(69.9%) | 1.15(70.2%) |
| | 4 | 2 | 4 | 8.80(76.1%) | 2.60(95.1%) | 0.10(97.5%) | 0.51(73.8%) | 0.31(76.7%) | 0.62(83.9%) |
| 22 层结构 | 1 | | | 31.10 | 4.65 | 3.77 | 3.49 | 2.13 | 5.87 |
| | 2 | 5 | 4 | 19.50(37.2%) | 0.90(80.6%) | 0.32(91.5%) | 1.37(60.7%) | 0.83(61.0%) | 1.66(71.6%) |
| | 3 | 4 | 4 | 16.40(47.2%) | 0.55(88.2%) | 0.18(95.2%) | 1.31(62.4%) | 0.78(63.4%) | 1.32(77.5%) |
| | 4 | 3 | 5 | 15.00(51.7%) | 0.24(94.8%) | 0.09(97.6%) | 1.06(69.6%) | 0.71(66.6%) | 0.82(86.1%) |
| | 5 | 2 | 6 | 13.90(55.2%) | 0.10(97.8%) | 0.02(99.4%) | 1.00(71.3%) | 0.64(69.9%) | 0.45(92.3%) |

注:括号内的数据为各指标相对于无横隔情况的降低率。

4 结 语

(1)设置横隔对四边形筒式钢构架立体停车结构中间无支撑框架的作用效果明显,能够有效控制横隔层及相邻上下层处的侧移,减小停车区间和提

升井的变形,同时降低横隔层处中间框架柱弯矩的突变。

(2)横隔主要是加强边框架和中间框架在横隔层及相邻层的协同变形作用,而对结构整体抗侧刚度的影响较小。

(3)横隔间距对控制中间框架侧移和内力突变及提高结构整体性能有直接影响。综合考虑制作成本及结构整体受力效果,间隔3层设置横隔最为合理,建议实际中采用。若继续减小横隔间距并增加横隔数目,虽然结构的整体性能有一定提高,但是结构用钢量增加过多,整体用材效率将下降。

参考文献:

References:

- [1] KWAK H G, SONG J Y. Live Load Factors for Parking Garage Members[J]. Structural Safety, 2000, 22(3): 251-279
- [2] KWAK H G, SONG J Y. Live Load Design Moments for Parking Garage Slabs Considering Support Deflection Effect[J]. Computers and Structures, 2001, 79(19): 1735-1751
- [3] 贺拥军, 杨承超, 周绪红, 等. 立体车库的结构形式及应用与发展[J]. 建筑科学与工程学报, 2009, 26(4): 30-34.
HE Yong-jun, YANG Cheng-chao, ZHOU Xu-hong, et al. Structural Forms, Application and Development of Three-dimensional Garages[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2009, 26(4): 30-34.
- [4] 贺拥军, 刘小华, 周绪红. 仿竹型筒式立体停车结构的

环箍层布置研究[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2013, 40(4): 1-7.

HE Yong-jun, LIU Xiao-hua, ZHOU Xu-hong. Research on Arrangement of Hoop-layers of Imitating Bamboo Drum Type Tridimensional Parking Structure[J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2013, 40(4): 1-7.

- [5] HE Y J, ZHOU X H. Approximate Analytical Method of Multi-storey or High-rise Steel Three-dimensional Parking Structures[J]. Advanced Steel Construction, an International Journal, 2012, 8(2): 112-123.
- [6] GB/T 10058—2009, 电梯技术条件[S].
GB/T 10058—2009, Specification for Electric Lifts[S].
- [7] GB 17907—2010, 机械式停车设备通用安全要求[S].
GB 17907—2010, Mechanical Parking Systems—General Safety Requirement[S].
- [8] GB 50135—2006, 高耸结构设计规范[S].
GB 50135—2006, Code for Design of High-rising Structures[S].
- [9] 赵西安. 考虑楼板变形计算高层建筑结构[J]. 土木工程学报, 1983, 16(4): 23-28
ZHAO Xi-an. An Analytic Method for Tall Building Structures Considering Floor Deformations[J]. China Civil Engineering Journal, 1983, 16(4): 23-28.

《地下空间与工程学报》2015 年征订通知

《地下空间与工程学报》是由教育部主管、中国岩石力学与工程学会和重庆大学联合主办的地下空间开发利用与地下工程科学技术的综合性科技刊物;旨在通过国内外地下空间开发利用和地下工程相关技术新成果的交流,兼论与之相关的岩土工程的科技问题,以促进我国地下空间的合理开发利用和地下工程新技术的不断发展;可为广大从事城市规划、建筑、人防、地铁、隧道及地下工程、环境保护等有关专业人员提供有价值的信息。

《地下空间与工程学报》为《地下空间》改名后的公开发行人物,2004年7月经国家科技部批准更名,从2005年开始发行,刊号为CN50-1169/TU,国际连续出版物号为ISSN 1673-0836。自1981年创刊以来,承各方支持,办刊质量逐步提高,并作为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊、中国科技论文统计源核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊、全国中文核心期刊,论文的平均被引率位居全国土建类刊物前列。

《地下空间与工程学报》为双月刊,大16开本,每期定价40元,全年240元(含邮寄费)。编辑部自办发行及全国邮发联合征订(邮发代号78-253),欢迎订阅。欲订者可向本刊编辑部函索订单(或来电咨询)。

地址:重庆市沙坪坝区重庆大学B区《地下空间与工程学报》编辑部 邮编:400045
电话:(023)65120728,65120728(传真) E-mail:dxkjbjb@126.com
网址: <http://www.dxkjxb.com>