

某地下车库柱开裂受损原因分析及加固处理

韦欣欣* 朱来新 金国芳

(同济大学结构工程与防灾研究所, 上海 200092)

摘 要 近年来, 地下车库开裂受损时有发生。地下车库柱开裂受损, 会影响车库正常使用, 甚至危及车库的结构安全。以某地下车库为例, 介绍了该地下车库柱开裂受损的现场检测、结构计算、开裂受损分析及加固处理方法。经检测及计算分析, 得出地下车库柱开裂受损是由于施工质量低劣、混凝土的配合比不当等施工所引起的。最后给出了相应的结构加固修补方案, 并对加固处理后的结构进行了综合评价, 结果表明, 经加固修补处理后, 地下车库可安全正常使用, 加固处理效果良好, 可为类似工程的检测、分析与加固提供参考。

关键词 检测, 加固, 开裂受损, 地下车库柱, 施工质量

Evaluation and Strengthening for Underground Garage with Damaged and Cracking Columns

WEI Xinxin* ZHU Laixin JIN Guofang

(Research Institute of Structural Engineering and Disaster Reduction, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract In recent years, damage and crack of underground garage occur frequently. In this paper, the evaluation process and the method of strengthening of an underground garage with damaged and cracking columns were described. Site testing of the garage was carried out and structural analysis was conducted based on the tested data. The results showed that, damages and cracks of the columns were mainly due to improper construction, such as the wrong concrete mixing ratios and bad curing measures. According to inspection results, an effective strengthening scheme was performed and evaluated. It also showed that the safety and durability of the strengthened garage can satisfy the requirements of the Chinese codes. This paper may provide references for evaluation and strengthening of damaged structures.

Keywords on-site testing, strengthening, damage and crack, underground garage column, construction quality

1 引 言

近些年来, 为提高城市空间的利用率, 建筑结构向着地下发展。然而在地下建筑施工过程中, 由于有关人员严重忽视工程质量, 盲目蛮干, 导致这些建筑物时常出现开裂受损等问题^[1-2]。地下建筑的开裂受损会影响其正常使用, 甚至危及结构安全, 应予以重视。

本文以某开裂受损的地下车库为例, 根据现

场调查检测结果进行了结构计算分析、开裂受损原因分析, 提出了结构加固修补方案, 并对加固处理后的地下车库结构进行了综合评价, 可为类似工程的检测、分析与加固提供参考。

2 工程概况

某在建地下车库由 A、B、C、D、E 五个区组成, 建筑面积约 32 580 m², 其总平面布置示意图见图 1。该地下车库的部分钢筋混凝土柱出现不

同程度的开裂受损情况(局部保护层剥落、外鼓,柱纵向钢筋不同程度屈服,局部柱段非混凝土材料等)。为确保地下车库的结构安全和正常使用,需要对该地下车库进行结构安全性鉴定和加固处理。

该地下车库为一层框架结构,层高 4.25 m,顶板厚度 250 mm,主梁截面尺寸为 450 mm × 1 000 mm,次梁截面尺寸为 300 mm × 750 mm,板、梁混凝土强度等级均为 C30;柱截面尺寸为 550 mm × 550 mm,混凝土强度等级为 C35。

地下车库采用预应力混凝土管桩基础,混凝土强度等级为 C60,桩有效长度为 35.0 ~ 40.0 m 不等,单桩竖向抗压承载力特征值为 1 500 kN。

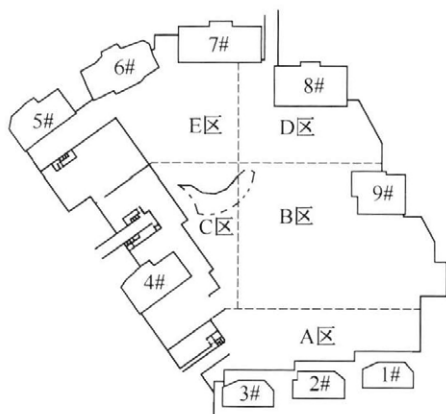


图 1 地下车库总平面布置示意图

Fig. 1 Arrangement diagram of the garage

3 现场调查检测

3.1 混凝土强度检测

考虑到钻芯法检测混凝土质量和强度具有直观、可靠和精度高的特点^[3],本次检测以钻芯法为主,共钻取了 34 个芯样,其中有 2 个芯样由于柱混凝土酥松,无法进行试压,并对每根柱进行回弹抽检。采用酚酞酒精溶液测试混凝土的碳化情况,结果表明,地下车库柱的混凝土均无碳化。

混凝土强度检测结果,A、B、C、D、E 各区最小值分别为 23.8 MPa、11.0 MPa、19.1 MPa、24.6 MPa、15 MPa,均未达到原设计要求。从检测结果来看,地下车库混凝土柱有不同程度的缺陷,混凝土质量离散性很大。

3.2 钢筋力学性能测试

从现场取回的钢筋试样是 HRB335 级钢筋,

经试验,测得钢筋的屈服强度为 362.7 N/mm²,极限强度为 546.7 N/mm²,达到 HRB335 级钢筋的要求。

3.3 结构构件尺寸、钢筋配置情况及保护层厚度检测

现场检测时,采用测距仪等对地下车库结构构件尺寸进行抽检,采用钢筋探测仪及开凿方法对混凝土构件的钢筋数量、间距和混凝土保护层厚度进行了抽检,结果表明:结构构件尺寸及钢筋配置情况满足设计要求;部分构件混凝土保护层厚度不满足要求。

3.4 地下车库柱开裂受损情况调查

现场检测时,对所有结构构件均进行了仔细调查检测。根据现场实际情况,将不同程度受损的柱划分为 a、b、c、d 四类,检测到的 b、c、d 类柱数量汇总见表 1。

表 1 检测到的各区 b、c、d 类柱数量汇总表

Table 1 Column numbers for b, c, d types

地下车库区域 (各区柱总数)	各类柱数量		
	b	c	d
A 区(72)	16	0	0
B 区(140)	22	12	11
C 区(74)	26	4	2
D 区(80)	17	4	2
E 区(134)	16	3	4

注: a 为完好(除少量柱局部混凝土强度未达到设计值外,其余均满足或基本满足原设计要求); b 为基本完好(同一根柱的施工质量不一,混凝土强度离散性大,局部柱段混凝土强度不满足设计要求); c 为一般损坏(受损程度介于 b 和 d 之间); d 为严重损坏(局部柱段混凝土质量低劣,柱局部范围非混凝土材料(水泥块状或酥松水泥砂浆))。

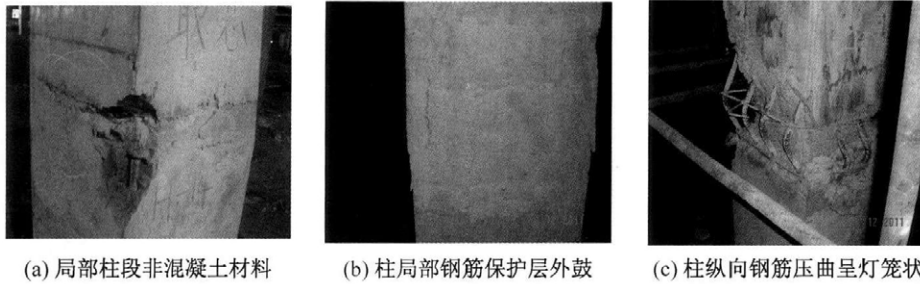
调查检测发现,地下车库各区柱均有不同程度缺陷(图 2):部分柱严重损坏,局部混凝土被压碎、纵筋屈曲。检查发现混凝土质量低劣,柱局部范围为非混凝土材料(水泥浆块状;酥松的水泥砂浆;夹渣建筑垃圾)等。部分柱有麻面、露筋、蜂窝、缺棱掉角、表面酥松或破损、柱上等距离水平缝(钢筋保护层过小)、箍筋外露、柱局部有酥松层等。部分柱上有明显的修补痕迹。部分柱各段的混凝土浇筑质量不一、混凝土配比不一。个别柱上端“冒水”,部分柱“烂根”。少数柱身出现多条竖向裂缝。

3.5 柱顶下沉量测量(纵向钢筋压曲的柱)

现场检测时发现位于 6/e、8/e 轴两根柱的纵

筋压曲呈灯笼状,为了便于分析其原因及提出相应的加固方案,在此对这两根柱的柱顶下沉量进行了

测量。在主梁的两端布置测点,分两站进行测量,各柱相对下沉量测量结果如表 2 及图 3 所示。



(a) 局部柱段非混凝土材料 (b) 柱局部钢筋保护层外鼓 (c) 柱纵向钢筋压曲呈灯笼状

图 2 柱不同程度缺陷情况

Fig. 2 Photos of damaged columns

由表 2 及图 3 可知,位于轴线 6/e 的柱下沉约 15 mm,位于轴线 8/e 的柱下沉约 32 mm。

筑科学研究院 PKPM 软件对地下车库进行结构计算分析。

表 2 地下车库部分柱下沉测量结果

Table 2 Surveying results of column settlements

柱区间位置	柱位置	相对高程/cm	相对下沉/mm
6/d~e 轴	6/d	150.9	—
	6/e	149.4	15
6~8/e 轴	6/e	149.4	—
	8/e	148.0	14
8/d~e 轴	8/d	150.9	—
	8/e	147.4	35
8~9/e 轴	9/e	150.9	—
	8/e	147.7	32
8/e~f 轴	8/f	150.9	—
	8/e	147.6	33

4.1 验算资料

本工程结构设计使用年限为 50 年,结构的安全等级为二级,地基基础设计等级为乙级^[4]。

地下车库顶板恒荷载:原设计地下车库顶板覆土厚度 1.2~2.0 m,本次计算按 2 m 覆土,取 35 kN/m²。地下车库顶板活荷载^[5]为 4.0 kN/m²。

材料强度取值^[6]:钢筋按原设计要求取值,HPB235 级钢筋强度设计值为 210 N/mm²;HRB335 级钢筋强度设计值为 300 N/mm²。混凝土强度分别取原设计和现场检测结果两种工况进行计算。

4.2 结构验算结论

混凝土强度在原设计工况下,地下车库梁板柱结构构件均满足规范要求。

混凝土强度取现场检测结果工况下,下述构件不满足规范要求,应结构加固:①d 类(严重损坏)柱承载力严重不足;②部分 b、c 类(一般损坏)柱承载力不足;③部分其余混凝土强度低的柱承载力不满足规范要求。

5 地下车库开裂受损原因分析

地下车库有不同程度的开裂受损,部分柱严重损坏,承载力严重不足。根据现场检测、结构计算分析、开裂受损构件的部位和形态等综合分析可知,地下车库构件开裂受损是因施工质量低劣、混凝土的配合比不当等施工所引起的,主要原因具体分析如下。

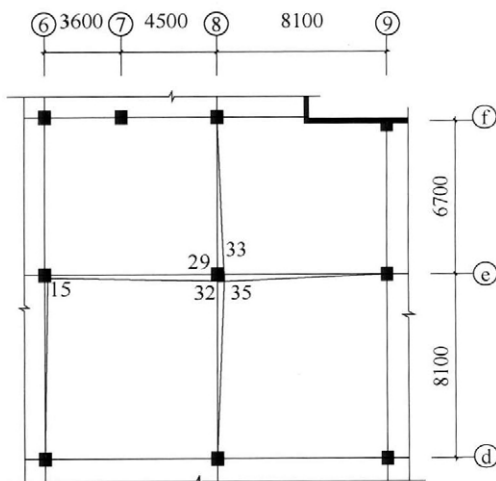


图 3 地下车库部分柱下沉测量结果(单位: mm)

Fig. 3 Surveying results of column settlements (Unit: mm)

4 地下车库结构计算

根据原施工图和现场检测结果,采用中国建

- (1) 有关人员严重忽视工程质量,盲目蛮干。
- (2) 混凝土材料、制品质量低劣:部分柱的局部段,无粗骨料、无水泥砂浆、无细骨料(砂),仅仅是呈水泥块体,夹渣建筑工地上的杂物等。
- (3) 混凝土施工、浇筑质量差:模板支设不良、模板漏浆,振捣不密实、漏振,对钢筋密集处(可能出现在混凝土粗骨料被卡处)没有采取适当的措施,分层浇筑时,上下层处理不当,掉入杂物等。
- (4) 现场各处各工种施工(地下车库顶板覆土、地面绿化等)管理不善、协调不当,地面重型卡车、局部超载堆土均加剧了地下车库构件的开裂受损。

6 结构加固修补方案

为确保地下车库的结构安全、正常使用和耐久性,应对开裂受损构件进行结构加固和修补。

6.1 受损柱结构加固修补方案

对于不同程度受损柱应进行结构加固或修补,具体方案如下。

1) b类(基本完好):局部修补

(1) 凿除柱局部表面各种不同程度的缺陷混凝土至密实处,用钢刷将混凝土碎块、浮渣清除干净,并将混凝土表面清洗干净;

(2) 用环氧水泥砂浆或细石混凝土填实抹压修补(根据深度而定,深度大于100 mm需用细石混凝土)。

2) c类(一般损坏):局部置换混凝土

(1) 凿除柱局部(同一根柱可能有几处,范围稍大)各种不同程度的缺陷混凝土至密实处;

(2) 用钢刷将混凝土碎块、浮渣清除干净,并将混凝土表面清洗干净;

(3) 用细石混凝土浇筑或填实抹压平。

3) d类(严重损坏):局部(范围较大)或整根柱采用置换混凝土加固法

(1) 结构加固施工前先对与受损柱相连的4根梁设置支撑,支撑面上上下两端必须用钢楔与梁顶紧,并点焊固定。每根梁的支撑力约1 000 kN。其中,对于两根纵向钢筋压屈成灯笼状的柱(e/6, e/8轴),要采用型钢支撑。先将柱弯曲的钢筋割断,具体做法如下:e/8柱,用千斤顶将e/8柱附属的四根梁同时顶起约20 mm后,型钢下端

打进钢楔顶紧,并焊牢;e/6柱;将e/6柱附属的四根梁用千斤顶顶紧,顶到位后,型钢下端打进钢楔顶紧,并焊牢。再用同直径钢筋焊接连接,焊接长度,单面焊10 d。接头要错开,同一断面钢筋接头面积不大于总面积的50%。

(2) 人工凿去原低强度、有缺陷的混凝土,用钢丝刷将密实处混凝土表面碎屑清除。

(3) 必须用压力水将碎屑、粉末彻底冲洗干净,断面用P. O. 32.5新鲜水泥浆涂刷。

(4) 支模浇捣,当置换段较长时,需分段浇捣C40微膨胀混凝土,分层内外振捣。当置换范围较大(高)时,应在适当位置开门子板,确保振捣密实。

(5) 加强混凝土的养护,混凝土浇筑后3天以后才能拆模,外包草包15天内严格浇水充分养护。

6.2 对混凝土强度偏低、承载力不满足规范要求柱的加固

对混凝土强度低、承载力不满足规范要求的柱均需采用外粘型钢(角钢)加固。角钢采用L100×10,具体做法应符合《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006)^[7]的有关规定。

6.3 结构加固修补材料及细则

(1) 结构加固施工前应对与严重损坏柱相连的梁设置支撑,确保原结构安全。

(2) 混凝土强度等级为C40(比原结构构件提高一级或另有说明外)。

(3) 钢筋采用原结构构件中的相同品种。

(4) 对已弯曲的柱纵筋,应作置换处理:截断柱弯曲纵筋后,再采用相同品种钢筋焊接连接。置换过程中应注意,同一根柱纵筋截断不应在同一标高处。

(5) 为确保结构加固工程施工质量,新、老混凝土交界面须按如下步骤施工:①老混凝土截面必须凿毛,并凿成凹凸面,凹凸面深度不小于5 mm;②用钢刷将混凝土碎块、浮渣灰清除干净;③将原混凝土表面冲洗干净,再用新鲜P. O. 32.5号水泥浆或界面剂涂刷表面,必要时可考虑增设抗剪短钢筋。

(6) 结构加固用的焊接材料等应由结构加固设计确定。

(7) 结构加固设计、施工应符合《混凝土结

构加固设计规范》(GB 50367—2006)^[7]等标准的要求。

7 结 论

本文以某开裂受损的地下车库为例,介绍了地下车库柱开裂受损检测、分析及加固处理的方法,可为类似工程提供参考。本文的主要结论有:

(1) 根据现场检测、结构计算分析、开裂受损构件的部位和形态等综合分析可知,地下车库构件开裂受损是由于有关人员严重忽视工程质量、盲目蛮干、施工质量低劣等施工所引起的。

(2) 地下车库部分柱严重损坏和存在缺陷,为确保地下车库的结构安全、正常使用和耐久性,应予以结构加固和修补处理。

(3) 经结构加固修补处理后,地下车库可安全正常使用。

(4) 在地下室车库的施工过程中,应当特别重视对施工质量等的有效控制,以避免类似工程事故的再次发生。

参考文献

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
Wang Tiemeng. Control of cracking in engineering structure [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2006. (in Chinese)
- [2] 卓尚木, 季直仓, 卓昌志. 钢筋混凝土结构事故分析与加固[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
Zhuo Shangmu, Ji Zhicang, Zhuo Changzhi. Accidental analysis and structural strengthening for RC structures [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1997. (in Chinese)
- [3] 吕西林. 建筑结构加固设计[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
Lu Xilin. Design for strengthening structures [M]. Beijing: Science Press, 2001. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国建设部. GB 50068—2001 建筑结构可靠度设计统一标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. GB 50068—2001 Unified standard for reliability design of building structures [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2001. (in Chinese)
- [5] 中华人民共和国建设部. GB 50009—2001 建筑结构荷载规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. GB 50009—2001 Load code for the design of building structures [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2002. (in Chinese)
- [6] 中华人民共和国建设部. GB 50010—2010 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010
Ministry of Construction of the People's Republic of China. GB 50010—2010 Code for design of concrete structures [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2010. (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国建设部. GB 50367—2006 混凝土结构加固设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. GB 50367—2006 Design code for strengthening concrete structure [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2006. (in Chinese)