

钢丝网砼墙板结构分析和设计

罗高作¹ 李国清¹

(1. 华中科技大学 土木工程与力学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 针对新型钢丝网砼墙板出现的强度问题, 采用有限元分析方法, 分析了墙板干收缩值、钢丝网布置的密度和方式以及墙体所受约束对墙板应力水平的影响, 指出了导致墙板开裂的主要原因是砼的干收缩值偏高, 提出了三种降低应力水平设计方案, 并进行了修正方案的计算和实验验证. 据此修改后设计的墙板被证明具有较强的抗裂能力, 同时表明了所提出的有限元分析方法的工程实用性.

关键词: 砼墙板; 结构分析; 结构设计; 有限元方法

中图分类号: TU375.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-5730(2002)04-0069-03

节能和环保的新型墙体材料一直是国内外建筑行业研究的一个重点和热点, 通过钢丝网加强的砼现浇墙板是近年来发展较快的一种新型墙体, 国内外都有相关技术专利报道. 作者针对湖北省黄石市某企业采用专利技术生产的钢丝网砼墙体, 解决其中出现的强度问题. 该墙体采用现场挂网, 一般钢丝网布置在墙板中面, 网距为 200 mm × 200 mm, 钢丝直径为 Φ4. 装好模板后进行现场浇注砼, 砼材料主要由水泥、砂和煤灰组成, 其中有添加剂起发泡和蓬松的作用. 拆模后, 墙板自然养护成型, 形成不承重的墙体. 该墙体在湖北省黄石市和海南省海口市部分投入试生产过程中, 成型后两个月左右约 28% 的墙板出现了裂缝, 不少裂缝表现为穿透性裂缝(图 1).



图 1 某工地墙板裂缝照片

对于这种新型墙体的强度问题, 见诸报道的研究很少. 由于缺乏系统的分析方法, 尤其缺乏定量的分析和计算方法, 工程实际中只能依赖经验和试验. 作者采用有限元分析方法, 合理考虑了影响钢丝网现浇砼墙板强度的因素, 探讨了改善这类墙体应力分布、提高墙体抗裂能力的设计方案, 最后通过试验验证了计算和分析结果的正确性.

1 结构计算分析

1.1 计算模型

由墙板的构造特点, 其计算模型可简化为上边自由, 两边铰支($U_x = 0, U_y = 0$), 下边固定的矩形板结构(图 2).

这里取板宽(x 方向)为 4m, 板高(y 方向)为 3m, 板厚为 0.1m. 钢丝的弹性模量取为 200 GPa, 泊松比取为 0.3. 砼的弹性模量取为 2.8 GPa, 泊松比为 0.2; 实测

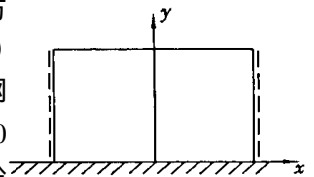


图 2 计算模型 I

得出砼的抗拉强度为 1.0 MPa, 抗压强度为 8.6 MPa. 该墙体材料属于专利新材料, 其材料性质类似于加气砼, 实测弹性模量约等于抗压强度的 500~1200 倍, 所以以上取值是合理的.

墙体所承受的载荷主要是自重以及由于砼的干收缩产生的应变. 计算重力载荷时, 取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. 根据干收缩值与应变的含义, 可引用一个均匀应变来模拟干收缩值^[1,2], 即 $\epsilon = \gamma$, 式中, γ 为砼的干收缩值; ϵ 为体内均匀应变.

运用 ANSYS 有限元程序对图 2 进行结构计算^[3,4]. 其中, 钢丝网选为空间桁架单元, 钢丝采用线弹性材料模型; 其余部分选为砼单元, 砼材料选用 ANSYS 单元库中 SOLID65 的砼材料模型. 该材料模型考虑了砼材料拉伸和压缩阶段不同的应力-应变关系, 而且具有预报裂纹的能力. 因为需要考虑墙体空间布置多层钢丝网, 砼选用三维体单元.

1.2 干收缩值与最大主应力的关系

计算了三种情况,第一种情况是对图2所示墙板结构,取 γ 为不同的值,得出了墙板中节点最大位移和最大主动力的相应数值(表1), $\gamma=5/10\ 000$ 时墙板节点第一主应力分布如图3.节点最大位移为 DMX (mm),节点最大主应力为 $S1$ (MPa).第二及第三情况是取 γ 为 $5/10\ 000$,分别考察了板宽及板厚发生改变时墙板最大主应力随之变化情况.结果表明,板宽及板厚发生改变时,墙板节点最大主应力基本不变.

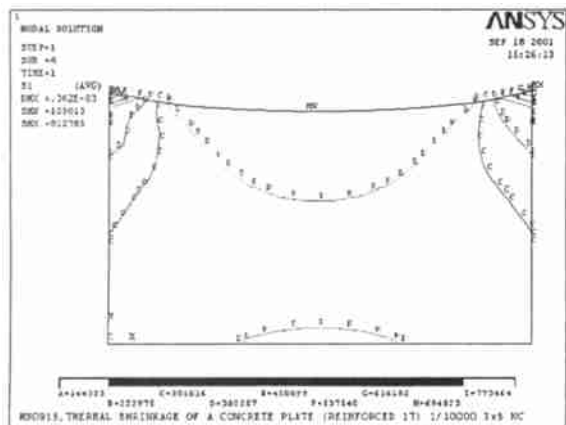


图3 $\gamma=5/10\ 000$ 时墙板节点第一主应力

表1 模型I节点最大位移和最大应力($\gamma/10\ 000$)

项目	γ						
	1	2	3	4	5	6	7
DMX	0.039	0.760	1.130	1.501	1.870	2.242	2.612
$S1$	0.207	0.419	0.632	0.845	1.06	1.27	1.480

1.3 分析

从表1看出, γ 每增高一个万分点,砼墙板节点位移和第一主应力显著提高,砼墙板开裂的主要原因之一是 γ 偏高.实测得出 $\gamma>7/10\ 000$,抗裂强度为1.0 MPa.计算表明,当 $\gamma=5/10\ 000$ 时,墙板节点的最大主应力为1.06 MPa,由此可以解释已施工墙板的高开裂率.

从图3看出,当 $\gamma=5/10\ 000$ 时,墙板节点的第一主应力都表现为拉应力形式,表明墙板的裂缝是拉裂,不是压碎.计算还表明,即使 $\gamma=8/10\ 000$,其最大压应力仍小于5 MPa,比砼抗压强度低,所以墙板是拉裂,而不是压碎.从图3还可以看出,其主应力线C线以内的区域正好落在墙体左右两侧1/3墙体长度区域,即最可能在下一步施加载荷时开裂的位置.墙板两边的拉应力线比较密集,这反映出两边的铰支约束了砼墙板的收缩变形,以致造成墙板的主应力过大.

2 结构设计探讨

2.1 主要设计思想

增设钢丝网片.增加一层钢丝网的目的一是增加墙板的强度,二是约束砼的变形.较单层钢丝网而言,多层网架增大了钢丝与砼的接触面积,使其相互的粘着力显著提高,且具有一定抵抗墙体厚度方向变形的能力,能有效减少墙板位移总量.

预留伸缩孔.不留收缩孔的墙板,其凝固过程是一个不均匀的收缩过程.预留伸缩孔,既可以消化部分变形,同时又能够增加通风透气功能,有利于砼的均匀凝固.

改善支承形式.从图3看出,墙板左右两边边缘的拉应力比较密集,比较大.若两边松弛,即装模时用一些较薄的弹性材料充填于两边边缘,使墙板左右两边的约束介于柔索约束与弹性约束之间(图4,虚线表示柔索约束),那么图3两边拉应力分布的情形可有改观.

2.2 方案比较

进行了两种方案的比较.第一是将上述三种设计思想各自独立地应用到图2所示的模型I中进行计算,分别命名为模型II-A, II-B

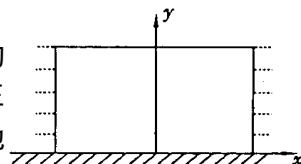


图4 计算模型II

和II-C,并与模型I比较;第二是综合上述三种设计思想,建立模型II进行计算,并与模型I的结果进行比较.计算时仍取板宽为4 m,板高为3 m,板厚为0.1 m;钢丝和砼的性质同计算模型I,钢丝网间距为200 mm×200 mm,沿墙体厚度铺设了2层,并在2层网之间辅以必要的连接筋;预留了5排伸缩孔.

表2是模型I与模型II-A节点最大主应力的比较,其中多层网架设计的模型为II-A,模型中的最大主应力记为 $S1(II-A)$.表3是模型I和模型II-B节点最大主应力的比较,其中预留伸缩孔设计的模型为II-B,模型中最大主应力为 $S1(II-B)$.表4是模型I与模型II-C节点最大主应力比较.采用改善支承形式的设计后,可以将墙板两边的支承方式看作自由边,其计算模型记为II-C,其最大主应力为 $S1(II-C)$.表5是模型I和模型II,即原先设计的墙板和根据综合设计思想设计的墙板节点最大位移比较.表6是模型I和模型II节点最大主应力比较.后者节点最大位移记为 $DMX(II)$,最大主应力记为 $S1(II)$.表2~表6中, $\%$ 为相对下降百分数.

表2 模型I 和II - A 节点最大主应力比较($\gamma/10\ 000$)

项目	γ						
	1	2	3	4	5	6	7
S1(I)	0.207	0.419	0.632	0.844	1.06	1.27	1.48
S1(II-A)	0.201	0.407	0.613	0.820	1.03	1.23	1.43
%	3.1	3	3	3	3.1	3	3.1

表3 模型I 和II - B 节点最大主应力比较($\gamma/10\ 000$)

项目	γ						
	1	2	3	4	5	6	7
S1(I)	0.207	0.419	0.632	0.844	1.06	1.27	1.48
S1(II-B)	0.205	0.415	0.625	0.835	1.047	1.255	1.402
%	1.19	1.2	1.2	1.2	1.21	1.21	1.21

表4 模型I 和II - C 节点最大主应力比较($\gamma/10\ 000$)

项目	γ						
	1	2	3	4	5	6	7
S1(I)	0.207	0.419	0.632	0.844	1.06	1.27	1.48
S1(II-C)	0.141	0.284	0.428	0.571	0.714	0.858	1.00
%	32.1	32.3	32.4	32.3	32.2	32.1	32.3

表5 模型I, II 节点最大位移比较($\gamma/10\ 000$)

项目	γ						
	1	2	3	4	5	6	7
DM(I)	0.390	0.760	1.130	1.501	1.870	2.242	2.612
DM(II)	0.379	0.726	1.106	1.469	1.838	2.194	2.557
%	2.1	4.7	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1

表6 模型I 和II 节点最大主应力比较($\gamma/10\ 000$)

项目	γ						
	1	2	3	4	5	6	7
S1(I)	0.207	0.419	0.632	0.844	1.06	1.27	1.48
S1(II)	0.128	0.259	0.391	0.522	0.656	0.785	0.914
%	38.1	38	38	38.2	38.1	38.2	38.2

将图5与图3相比较,图5中的第一主应力值不但减小了许多,而且拉应力减少了许多,稀疏

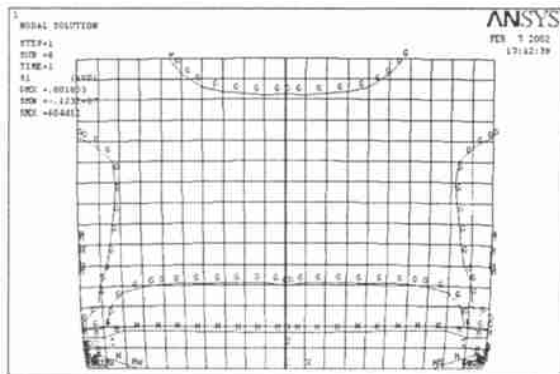


图5 $\gamma = 5/10\ 000$ 时模型II 节点第一主应力(图中方框格为配筋)

了许多.图6是按综合设计方案设计已竣工五个月的墙板照片,至今没有发现裂缝.



图6 综合设计方法设计的墙板照片

3 结论

a. 平面钢网丝墙板产生裂缝的主要原因是砼的干收缩值偏高.裂缝是由于最大主应力超过了砼的抗拉强度而产生的拉裂,不是压碎.建议进一步进行材料的配比研究,使砼的干收缩值能有效地控制在 $5/10\ 000$ 以内.

b. 从表2~表4可以看出,对模型I 分别进行支承方式的改进设计能够显著降低墙板应力水平(表4),增设钢丝网片和预留伸缩孔对施工工艺和墙板的强度也有益处.

c. 改善墙板支承方式、增设钢丝网片和预留伸缩孔的综合设计方案,通过具体计算和实验验证是可行方案.利用此设计方法设计墙板,并使砼的干收缩值控制在 $5/10\ 000$ 以内,而且在墙板拆模后适当进行一些人工养护,从表5,表6和图6中可以看出墙板不会产生裂缝.

d. 以上分析和计算结果表明:采用作者介绍的有限元方法分析新型墙体结构的强度问题是有效的,有限元分析结果对新型墙体的抗裂设计具有很好的指导意义.

参考文献

- [1] 徐芝伦. 弹性力学[M]. 北京:人民教育出版社,1979.
- [2] 华东水利科学院. 弹性力学问题的有限元方法[M]. 北京:水利电力出版社,1978.
- [3] 王国强. 实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践[M]. 西安:西北工业大学出版社,1999.
- [4] Peter Kohnke and others. Theory Manual 001369 (Twelfth Edition)[M]. USA: Canonsburg, PA, SAS IP Inc, 2001.

值超过了警戒值,但在施工过程中及时地采取了一些相应的技术措施,未出现险情^①.

5 结 语

武汉阳光大厦深基坑工程实例充分展示了复杂工程地质、水文地质条件下深基坑施工的复杂与艰难,工程中首先对方案进行了优选及再次优化.在支护中采用双排钻孔灌注桩锚杆支护及局部地段增设内支撑体系,对基坑周边临近房屋基础进行花管注浆软托换.在地下水及承压水的治

理中,采用了深井降水减压,高压摆喷注浆防渗垂直帷幕,高压旋喷注浆基坑封底工艺.在开挖过程中采用信息化施工,对支护结构及周边建筑物安全进行了监测,监测信息反馈指导施工.

阳光大厦深基坑施工中综合运用多种施工技术,确保了复杂场地条件下施工的成功.其技术的难度,综合运用多种技术的水平,反映了我国当前深基坑施工的一流水平.

参 考 文 献

- [1] 黄 强.深基坑支护工程设计技术[M].北京:中国建材工业出版社,1995.

Construction Technologies of Deep Foundation Support in Yangguang Mansion Underground Basement

*Chen Rong-liang*¹ *Li Hui-qiang*¹

(1. College of Civil Eng. & Mechanics, HUST, Wuhan 430074, China)

Abstract: Taking the construction of Yangguang mansion as the example, construction technologies of foundation support structure in high building's deep pit and ground water treatment under complicated geological condition are expatiated. The experience of these advanced construction technologies will be benefit to the construction of other projects.

Key words: deep foundation pit; support structure; ground water treatment; construction technologies

(上接第 71 页)

Structural Analysis and Design of the Concrete Wall with Steel Meshwork

*LUO Gaoruo*¹ *LI Guoqing*¹

(1. College of Civil Eng. & Mechanics, HUST, Wuhan 430074, China)

Abstract: A structural analysis and design of a new type wall structure with steel meshwork is presented. Having analyzed the wall structure by finite element method, it is found that fracture of the wall is mainly due to the high dry shrinking value of the concrete. In order to reduce the stress level, three approaches to modify the design of the wall structures are studied in detail. The modified designs of the wall structure are examined and analyzed by FEM. The new design of the wall with steel meshwork has been verified by industrial test and it has a capability to prevent structure from fracture.

Key words: concrete wall; structural analysis; structure design; finite element method(FEM)