地下车库高支模设计与施工*[1]

冀长勇[1]，陈晓杰[2]

（1. 中国二冶集团有限公司房地产开发公司，内蒙古 包头 014010；
2. 中国二冶集团有限公司建安工程技术分公司，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 文章介绍了高支模支撑体系的设计与施工过程，重点对梁的支撑系统进行验算分析，从支模材料的选用、支模荷载的计算、模板支架的搭设等方面，提出高支模施工管理的措施和建议，对其它类似工程的施工具有一定的参考意义。

关键词： 扣件式钢管；高支模；强度；刚度；稳定性

中图分类号： TU223 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2019)03－0092－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.03.027

Design and Construction for High－formwork Support of Underground Garage

Ji Chang－yong[1], *Chen Xiao－jie*[2]

(1. *Real Estate Development Co. of China Second Metallurgy (Group) Corp., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Construction and Installation Engineering Technology Branch Co. of China Second Metallurgy (Group) Corp., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is introduced the design and construction process for high－formwork support system, focused on checking and analyzing the support system of beam. The measures and suggestions for its construction management including the selection of supporting formwork materials, calculation of load for supporting formwork and setting up of formwork support are put forward, which could be as reference for the constructions of other similar projects.

Key words: fastener type steel pipe; high－formwork support; strength; stiffness; stability

乌海市海勃湾区青山公园南安置区工程总建筑面积为35万m^2，拟建17栋27层至32层住宅楼及小区配套设施，本工程地势呈东高西低，高低差约8 m；南高北低高，高低差约3 m。地下车库为框架结构，框梁截面尺寸为500 mm×1 200 mm，次梁截面尺寸为400 mm×900 mm，跨度8 100 mm，在变截面处，框梁高度增大分别为1 400～2 500 mm，板的厚度250 mm，地下车库高度4 500 mm，汽车通道部位高度7 250 mm。

1 模板支撑体系设计

本工程模板支设采用钢管扣件支撑体系（见图1），以施工现场最大梁截面尺寸500 mm×2 500 mm为例进行计算。

1.1 计算参数

钢管计算采用Φ48 mm×Φ2.8 mm，立杆净截

* 收稿日期：2019－03－07

作者简介：冀长勇（1968－），男，山西省山阴县人，高级工程师，现从事建筑施工工作。

面面积 A = 397 mm^2，截面回转半径 i = 16 mm；截面抵抗矩 W = 4.248 cm^3，梁两侧立杆间距 1.20 m，梁底增加 2 道承重立杆，梁底按照均匀布置承重杆 4 根计算，立杆的纵距(跨度方向) L = 0.40 m，立杆的步距 1.50 m，立杆上端伸出顶层横杆中心线至模板支撑点的长度 a = 300 mm；立杆抗压强度 $[f]$ = 205.00 N/mm^2。面板厚度 h_1 = 13 mm，计算宽度 b_1 = 400 mm，剪切强度 T_1 = 1.4 N/mm^2，抗弯强度 f_1 = 15.0 N/mm^2，梁底均布 6 根木方 $b_2 \times h_2$ = 40 mm × 70 mm，剪切强度 T_2 = 1.3 N/mm^2，抗弯强度 f_2 = 13.0 N/mm^2，弹性模量 E = 9 000.0 N/mm^2。模板自重 0.50 kN/m^2，混凝土钢筋自重 25.50 kN/m^3，施工活荷载 4.00 kN/m^2。

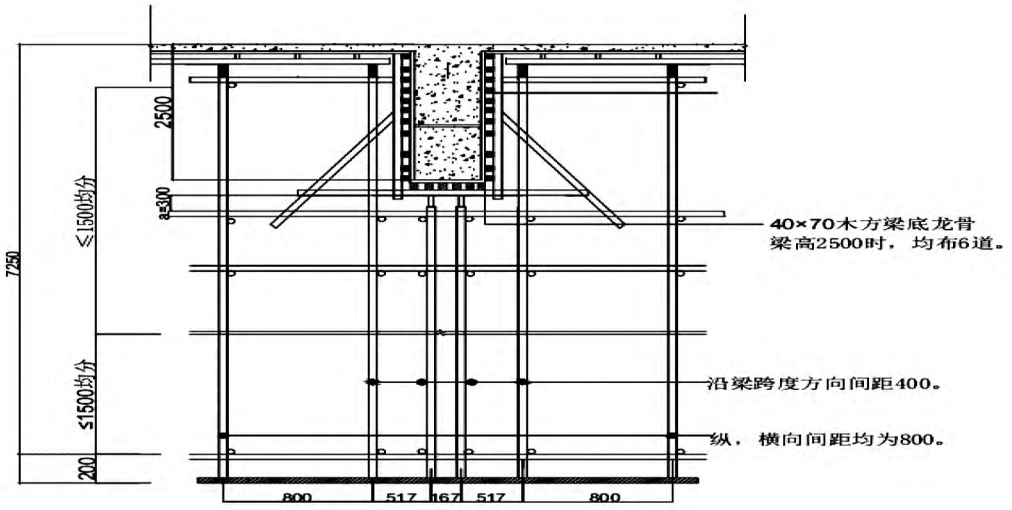


图 1　梁底支撑体系示意图

1.2　荷载计算

由可变荷载效应控制的组合：

S = 1.2 × (25.50 × 2.50 + 0.50) + 1.40 × 4.00 = 82.700 kN/m^2

由永久荷载效应控制的组合：

S = 1.35 × 25.50 × 2.50 + 0.7 × 1.40 × 4.00 = 89.982 kN/m^2

取永久荷载值，永久荷载分项系数取 1.35，可变荷载分项系数取 0.98。

1.3　模板面板计算

模板弯矩、剪力、变形图分别见图 2、图 3、图 4。

钢筋混凝土梁自重线荷载：

q_1 = 25.500 × 2.500 × 0.400 = 25.500 kN/m

模板的自重线荷载：

q_2 = 0.500 × 0.400 × (2 × 2.500 + 0.500) / 0.500 = 2.200 kN/m

活荷载为施工荷载标准值与振捣混凝土时产生的荷载(kN)，活荷载标准值：

P_1 = 4.000 × 0.500 × 0.400 = 0.800 kN

考虑 0.9 的结构重要系数，均布荷载：

q = 0.9 × (1.35 × 25.500 + 1.35 × 2.200) = 33.656 kN/m

考虑 0.9 的结构重要系数，集中荷载：

P = 0.9 × 0.98 × 0.800 = 0.706 kN

模板截面抵抗矩：

$W = b_1 h_1^2/6$ = 400 × 13 × 13/6 = 11 267 mm^3

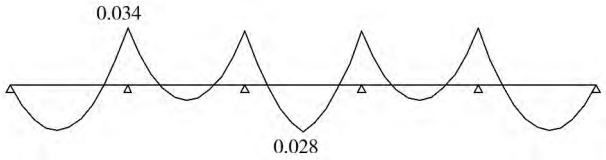


图 2　模板弯矩图(kN·m)

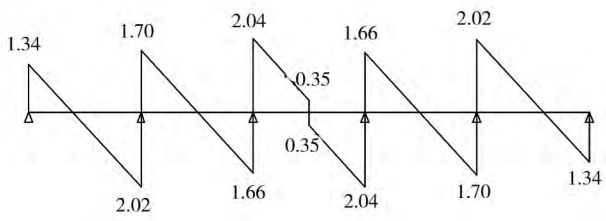


图 3　模板剪力图(kN)

变形的计算按照规范要求采用静荷载标准值:

$Q_S = q_1 + q_2 = 25.5 + 2.2 = 27.7$ kN/m

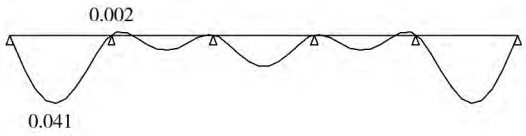


图4 模板变形图(mm)

经过计算得到从左到右各支座力分别为:

$N_1 = 1.342$ kN,$N_2 = 3.725$ kN,$N_3 = 3.699$ kN,$N_4 = 3.699$ kN,$N_5 = 3.725$ kN,$N_6 = 1.342$ kN

最大弯矩: $M = 0.034$ kN·m = 34 000 N·mm

剪力: $Q = 2\,040$ N

最大变形: $V = 0.041$ mm

抗弯强度计算: $f = M/W = 34\,000/11\,267 = 3.018$ N/mm^2 < $f = 15.00$ N/mm^2

抗剪强计算: $T = 3Q/2b_1h_1 = 3 \times 2\,040/(2 \times 400 \times 13) = 0.588$ N/mm^2 < 1.40 N/mm^2

挠度计算: $v = 0.041$ mm < $L/250 = 100.0/250$

满足《建筑施工模板安全技术规范》[1]中规定的验算模板刚度最大变形值不得超过模板构件计算跨度的1/250。

1.4 梁底支撑木方的计算

梁底木方按照三跨连续梁计算,计算公式如下:

均布荷载: $q = 3.725/0.400 = 9.312$ kN/m

最大弯矩: $M = 0.1ql^2 = 0.1 \times 9.31 \times 0.40 \times 0.40 = 0.149$ kN·m

最大剪力: $Q = 0.6ql = 0.6 \times 9.312 \times 0.400 = 2\,235$ N

最大支座力: $N = 1.1 \times 0.400 \times 9.312 = 4.097$ kN

木方截面抵抗矩: $W = b_2h_2^2/6 = 40 \times 70 \times 70/6 = 32\,666$ cm^3

木方截面惯性矩: $I = b_2h_3^2/12 = 40 \times 70 \times 70 \times 70/12 = 1\,143\,333$ mm^4

抗弯计算强度: $f = M/W = 0.149 \times 106/32\,666 = 4.56$ N/mm^2 < 13.0 N/mm^2

截面抗剪强度: $T = 3Q/2b_2h_2 = 3 \times 2\,235/(2 \times 40 \times 70) = 1.197$ N/mm^2 < $T_2 = 1.30$ N/mm^2

均布荷载通过变形受力计算的最大支座力:

$q = 7.836$ kN/m

木方挠度计算: $v = 0.677ql^4/100EI = 0.677 \times 7.836 \times 4\,004/(100 \times 9000.00 \times 1\,143\,333) = 0.132$ mm < $L/250 = 400/250$

满足《建筑施工模板安全技术规范》[1]中规定的验算模板刚度最大变形值不得超过模板构件计算跨度的1/250。

1.5 梁底支撑钢管计算

横向支撑钢管按照集中荷载作用下的连续梁计算,见图5、图6、图7。

集中荷载 P 取木方支撑传递力。

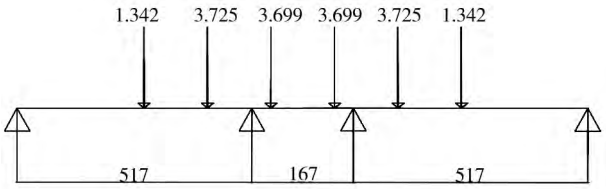


图5 支撑钢管计算简图

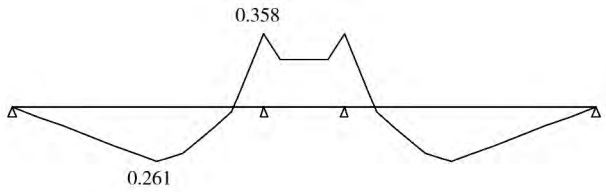


图6 支撑钢管弯矩图(kN·m)

最大弯矩: $M_{max} = 0.358$ kN·m,

最大变形: $v_{max} = 0.212$ mm,

最大支座力: $Q_{max} = 9.430$ kN

抗弯强度: $f = M/W = 0.358 \times 106/4248 = 84.27$ N/mm^2 < [f] = 205.00 N/mm^2

挠度计算: $v = 0.212$ mm < 517/150 < 10 mm

满足《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》[2]中规定的纵横向水平杆容许挠度。梁底支撑纵向钢管只起构造作用,无需要计算。

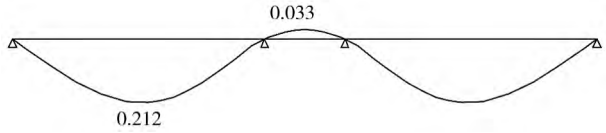


图7 支撑钢管变形图(mm)

1.6 扣件抗滑移的计算

单扣件抗滑承载力设计值 $R_c = 8.00$ kN < $R = 9.43$ kN(R 为支座反力),不满足要求;采用双扣

件，抗滑承载力设计值取 12.00 kN[2]。

1.7　立杆的稳定性计算

不考虑风荷载时，立杆的稳定性计算公式为：

$$\sigma = \frac{N}{\Phi A} \leqslant [f]$$

式中：N 为立杆的轴心压力最大值，它包括：横杆的最大支座反力 $N_1 = 9.430$ kN（已经包括组合系数），脚手架钢管的自重 $N_2 = 0.9 \times 1.35 \times 0.111 \times (7.25 - 2.5) = 0.641$ kN。

则 $N = N_1 + N_2 = 9.430 + 0.641 = 10.071$ kN。

计算长度 $l_0 = h + 2a = 1.500 + 2 \times 0.300 = 2.100$m；

由长细比 $\lambda = l_0/i = 2\ 100/16.0 = 131 < 150$，满足《建筑施工模板安全技术规范》[1] 规定的受压构件长细比不应大于 150 的要求。

式中：Φ 表示轴心受压立杆的稳定系数，由长细比 l_0/i 查表得到 0.391[1]；

$\sigma = 10\ 071/(0.391 \times 397) = 64.879$ N/mm^2 $< [f] = 205.00$ N/mm^2

满足要求[1]。

2　地下车库模板支撑体系搭设

（1）框架梁落地满堂扣件式钢管支架与楼板支架合并设置，楼板支撑立杆立杆纵横间距为 800 mm，水平杆步距 1 500 mm。框架梁所有承重横杆与支撑立杆必须用双扣件连接牢固。

（2）立杆顶部设可调支托，其螺杆伸出钢管顶部的长度不得大于 200 mm，螺杆外径与立柱钢管内径的间隙不得大于 3 mm，安装时应保证上下同心。

（3）必须先浇捣框架柱砼结构，在立柱周全外侧和中间有结构柱的部位，每隔一跨将架体与建筑结构用抱柱的方式设置连墙件，以提高整体稳定性和提高抵抗侧向变形的能力。

（4）立杆接长采用对接扣件，相邻两立柱接头不得在同步同跨内，且对接接头沿竖向错开距离不小于 500 mm，各接头中心距主节点不宜大于步距的 1/3。

（5）剪刀撑的布置。在满堂支架外侧周圈及中间纵横向应每隔 10 m 左右设置竖向连续式剪刀撑，剪刀撑宽度为 5 跨，长度为 4 m，剪刀撑杆件的底端应与地面顶紧，夹角宜为 45°～60°。

3　混凝土浇筑

（1）柱、梁板支撑搭设完毕后经验收合格后，先浇捣框架柱砼，施工缝留至距梁底 50 mm 处。

（2）框架柱核心区砼浇筑采取距柱边 500 mm 处用钢丝网进行分隔，浇筑完柱核心区砼，在柱砼初凝前，2 h 内开始浇筑梁砼，梁砼分二次浇筑，第一次浇筑高度为梁截面高度的二分之一，间隔 1 h 开始第二次浇筑，当混凝土达到板底位置时再与板的混凝土同时浇筑。

4　模板支撑架拆除

（1）拆模前必须填写拆模申请并附混凝土拆模试块强度报告，混凝土强度达到施工规范所规定的强度时方可拆模。

（2）梁板拆除顺序，先拆下部纵横水平拉杆，空出工作面，然后松动 U 型托，使其下降 2～3 cm，然后用木锤轻击多层板，逐块逐段拆除。

5　结束语

扣件式钢管高支模工艺在工程施工中普遍采用，尤其是跨度大、结构荷载大的支撑体系容易发生坍塌质量安全事故，因此高支模方案的编制应从支撑设计、支撑搭设、连墙件的固定、混凝土的浇筑等每个环节加以重视，严格按照规范和专项施工方案进行支撑系统的搭设，对承重钢管、扣件等材料的外观、壁厚及材质证明必须进行严格检查，不合格的材料严禁使用；架体搭设完毕用力矩扳手对扣件拧紧力矩进行抽查，确保拧紧力矩符合要求。高大模板支撑系统在混凝土浇筑前、浇筑中和浇筑后对架体的沉降和位移实时监测，发现变形和位移及时停止施工，采取措施，确保支撑体系满足施工技术规范要求。

参　考　文　献

[1] JGJ 162—2008，建筑施工模板安全技术规范[S].

[2] JGJ 130—2011，建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S].