



山东中通钢构建筑股份有限公司

SHANDONG ZHONGTONG STEEL STRUCTURE ENGINEERING CO., LTD

烟台五彩文化艺术中心舞台 钢结构设计

山东中通钢构建筑股份有限公司

张建强

ztggzjq@126.com

2012.10.26

追求卓越，诚信天下



报告内容

- 一、工程概况
- 二、结构整体设计
- 三、结构节点设计
- 四、结论与建议



一、工程概况

烟台五彩文化广场位于烟台市莱山区，港城东大街以南，金滩东路以北，西邻长宁路，东接长安路，地理位置优越，北侧为烟台市政府，东、西、南三面为新兴的居住小区，东边道路交通便利，规划总用地**21.84**万平方米，其中包括城市道路用地**4.57**万平方米，绿化广场用地**3.37**万平方米，建设规划用地**13.90**万平方米。结构剖面图见图3，钢桁架下部为葡萄架，葡萄架主要用于放置舞台设备，葡萄架下边是悬挂平台，主要用于演出时飞人使用，舞台钢结构采用钢桁架+吊挂结构形式，钢桁架上部为混凝土屋面，葡萄架采用钢拉杆悬挂于钢桁架上，悬挂平台采用钢吊杆悬挂于葡萄架上。节点作为悬挂结构设计中的关键环节，对于保证悬挂结构体系的成立、确保整体结构的安全，具有重要的作用。



图1 效果图

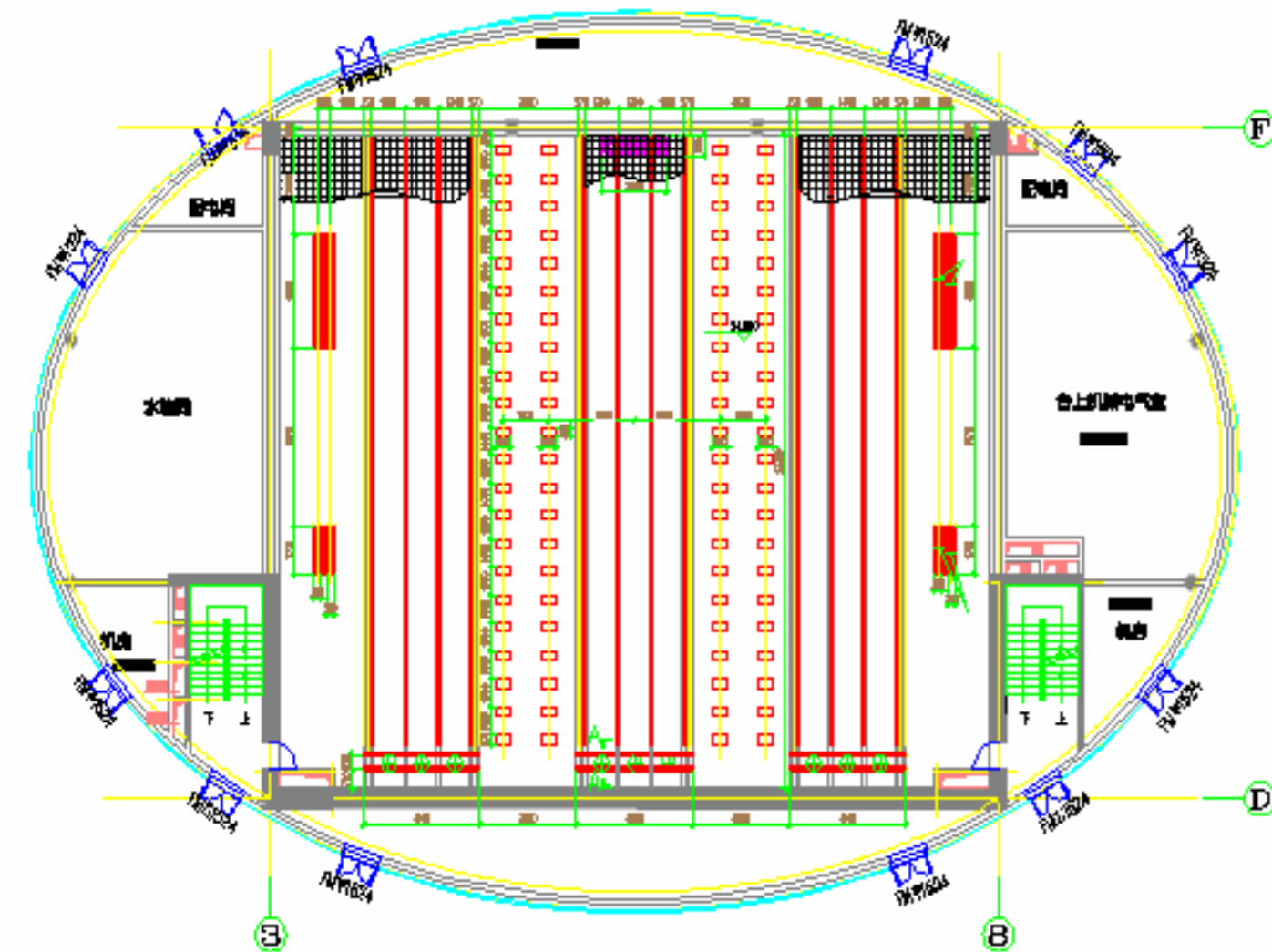


图2 结构平面示意图

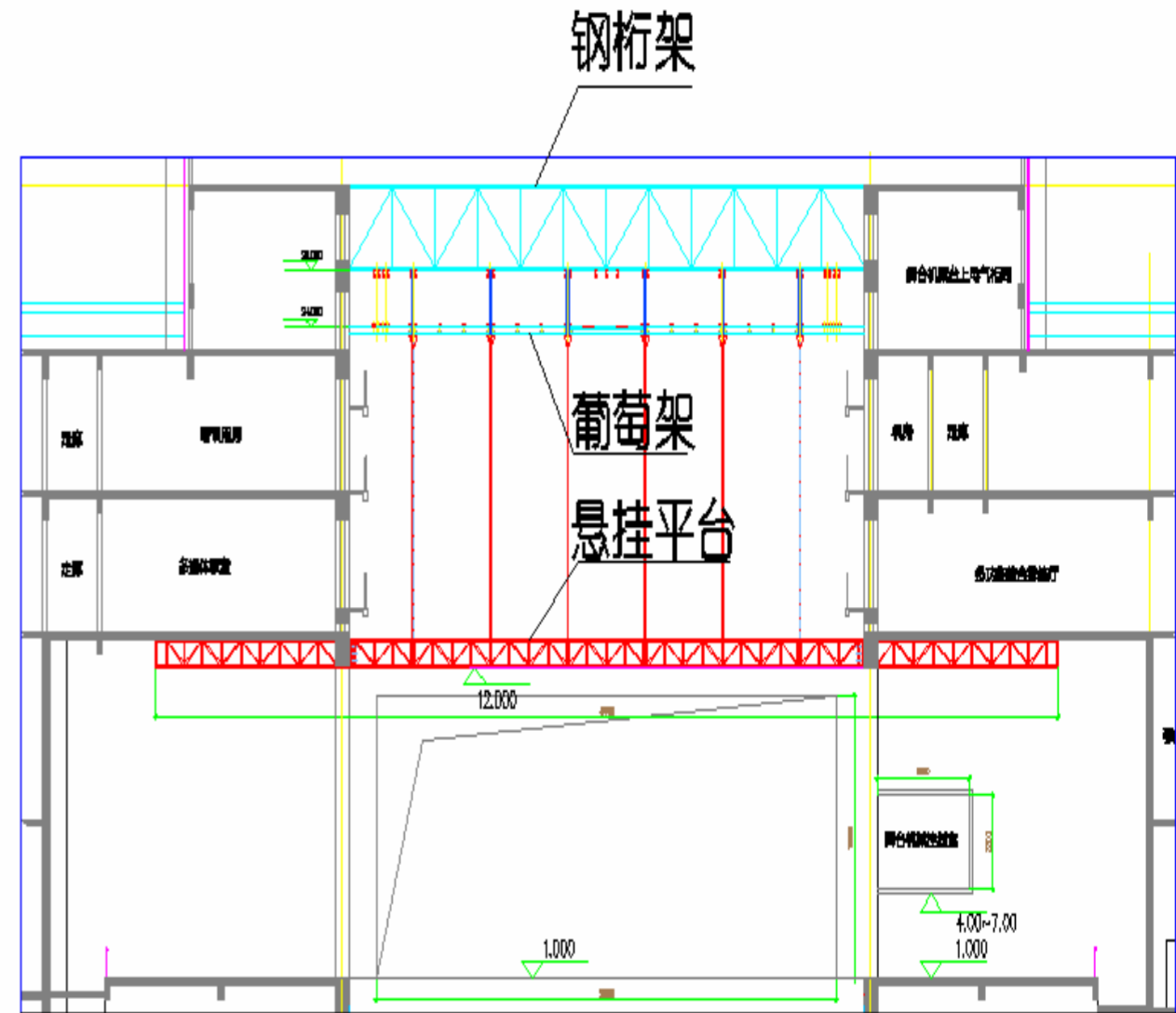


图3 结构立面示意图



二、结构整体设计

因上部混凝土屋面和下部葡萄架以及悬挂平台荷载很大，整个平面中3轴和8轴上部为混凝土梁，不宜作为主要受力结构，因此将D轴和F轴作为主要受力结构，F轴为舞台口，为大空间，中间不能设柱，故在F轴增加钢桁架HJ-1，作为主要受力桁架，HJ-1轴线高度为2.2m，上下弦杆采用焊接H型钢，腹杆采用焊接箱型截面，上下弦杆截面为H700X500X60X60，材质采用Q345GJC，腹杆截面为箱型350X350X25，F轴与3轴和8轴交点处设置两根型钢混凝土柱，钢骨截面为H760X900X80X80，材质为Q345GJC，沿3轴方向设置主要受力桁架HJ-2，HJ-2截面高度为2.2m，上下弦杆采用焊接H型钢，上下弦杆截面为焊接H400X300X16X20，材质采用Q345B，腹杆采用方钢管200x200x8.0。葡萄架与钢桁架的连接通过直径为60mm的圆钢连接，悬挂平台与葡萄架的连接通过热轧无缝钢管245X8.0连接。



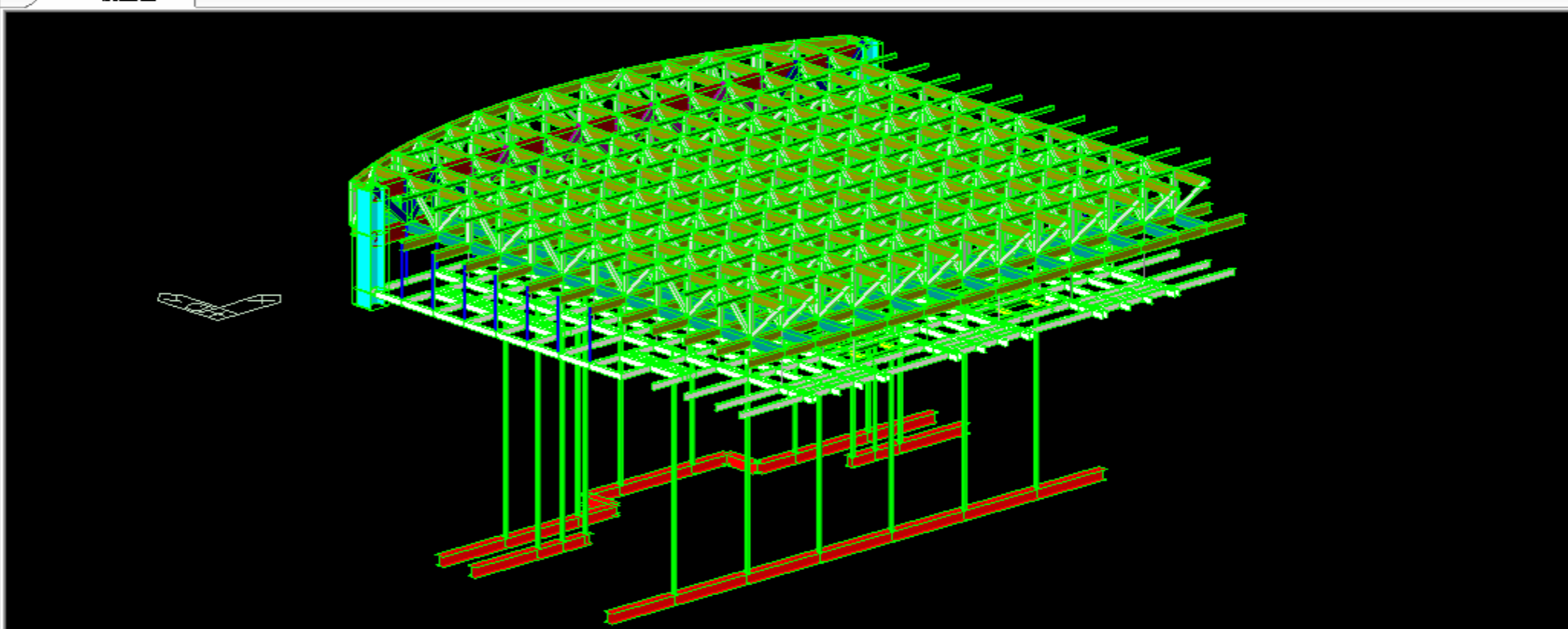
midas Gen Ver.795 - [G:\工作\烟台五彩文化艺术中心\midas模型\烟台五彩文化艺术中心舞台钢结构工程] - [模型窗口]

文件(E) 编辑(E) 视图(V) 模型(M) 荷载(L) 分析(A) 结果(R) 设计(D) 模式(O) 查询(Q) 工具(I) 窗口(W) 帮助(H)

常用 | 轴线/捕捉 | UCS/GCS | 视图控制 | 激活 | 建模助手 | 节点 | 单元 | 特性 | 边界/质量 | 阶段 | 荷载 | 建立 | 网格 | 结果 | 查询 |

树形菜单

- 菜单 | 表格 | 组 | 工作 |
- 结构分析
 - 环境设置
 - 模型
 - 静力荷载
 - 反应谱分析数据
 - 时程分析数据
 - 吊车荷载分析数据
 - 组合截面分析数据
 - 水化热分析数据
 - 非线性分析数据
 - 施工阶段分析数据
- 结果
- 设计
- 查询



信息窗口

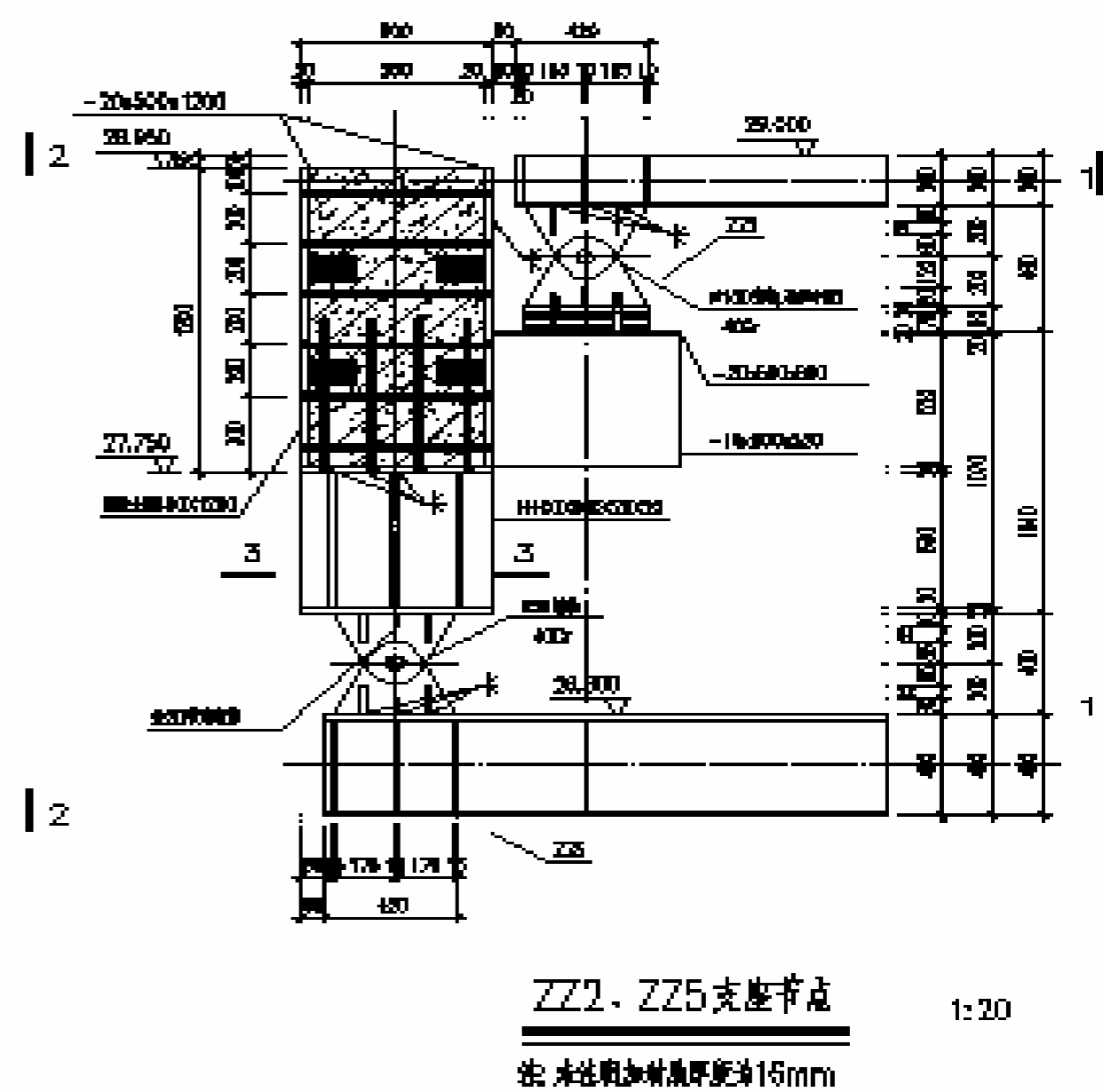
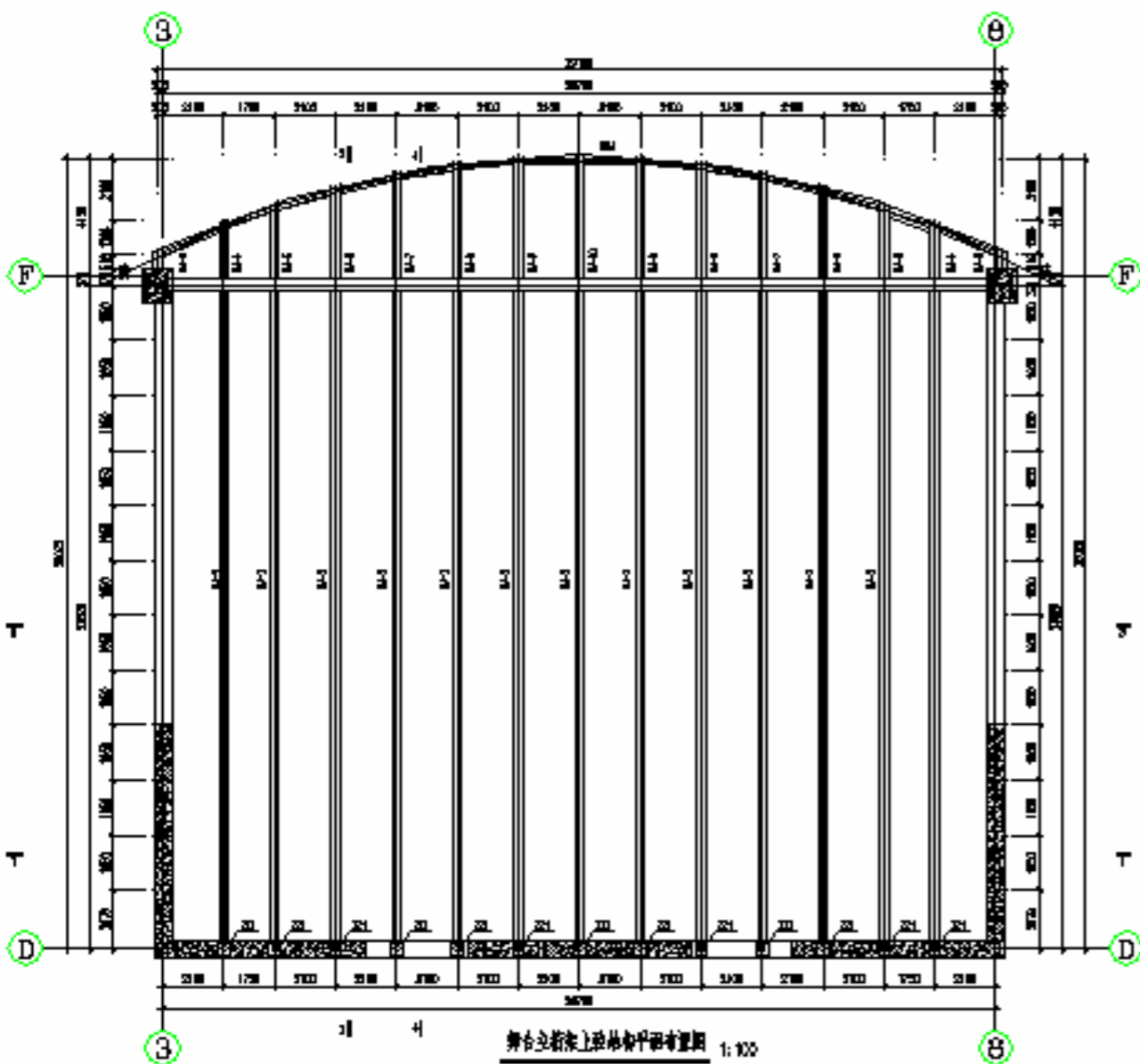
正在读取SRC单元分析结果 - SRC设计(柱)
正在读取按特性值输出的设计结果 - SRC设计(柱)

>>

命令信息 / 分析信息 /

无-683 U: 45.0951, -6.7371, -17 G: 45.0951, -6.7371, -17 N m nonv ? 0 显示桌面

如想查找帮助, 请按F1键



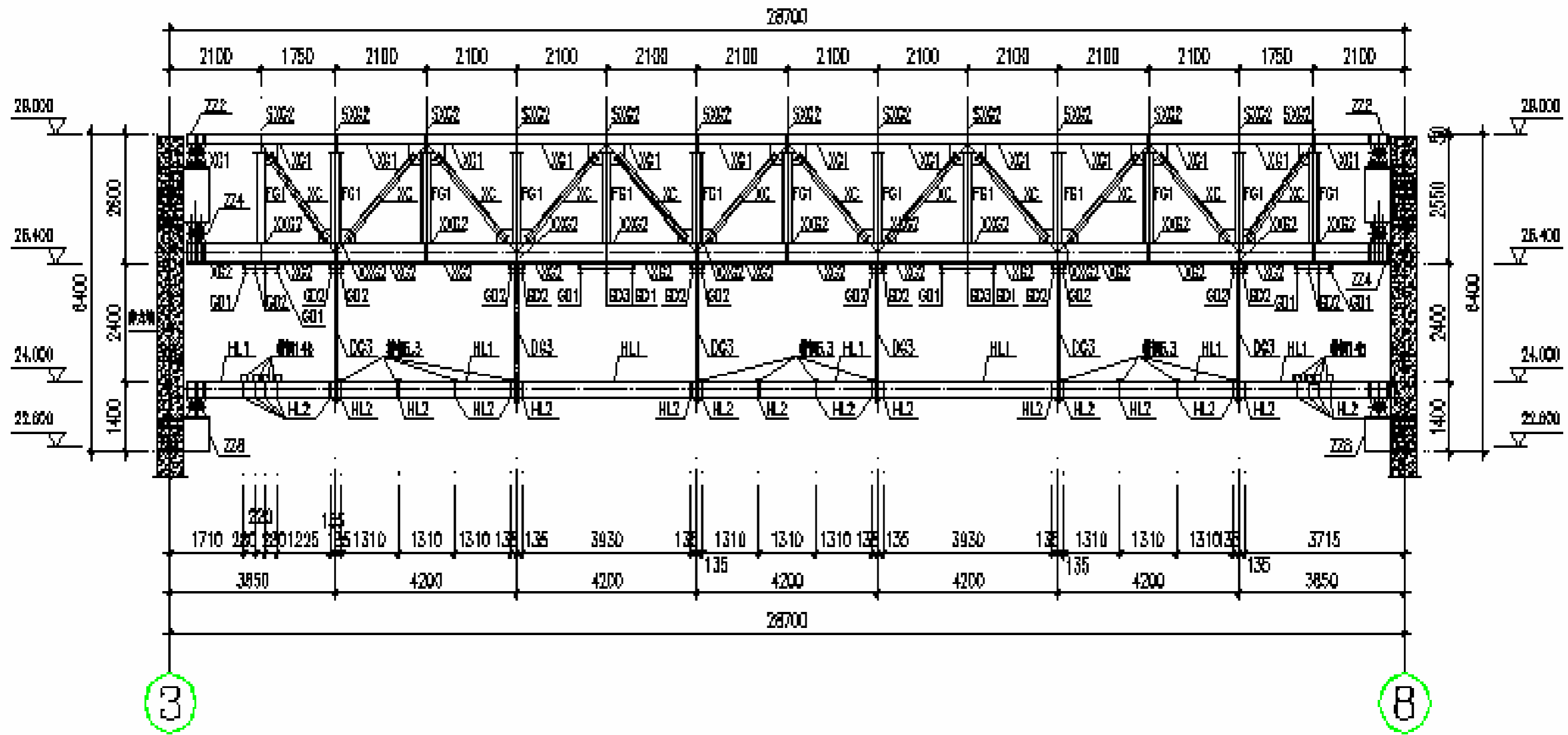
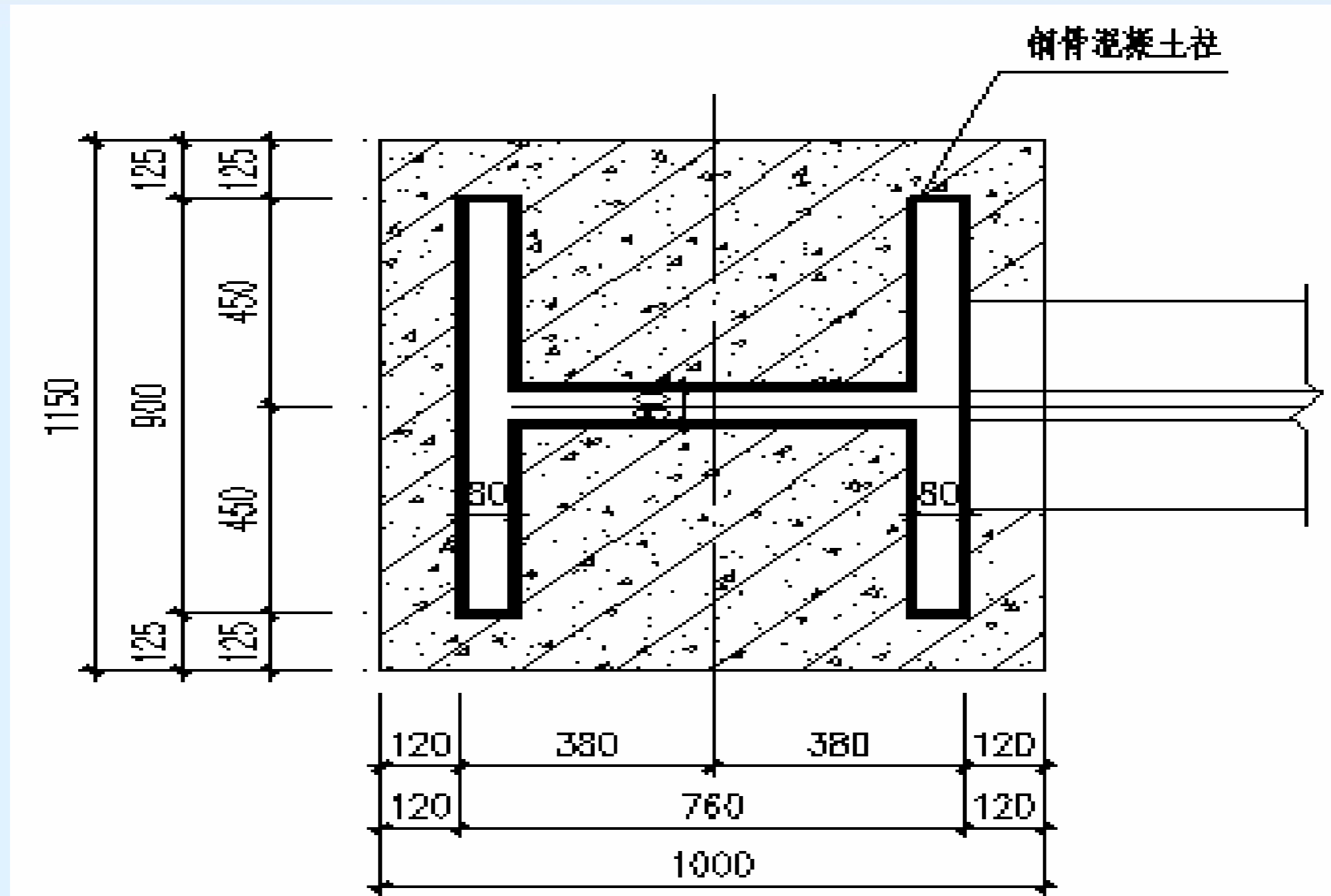


图6 钢桁架立面布置图





设备轨道梁GD1和GD2悬挂于钢桁架下弦，GD1和GD2截面为热轧H型钢，葡萄架上表面放置一层设备轨道梁GD3，截面为槽钢。

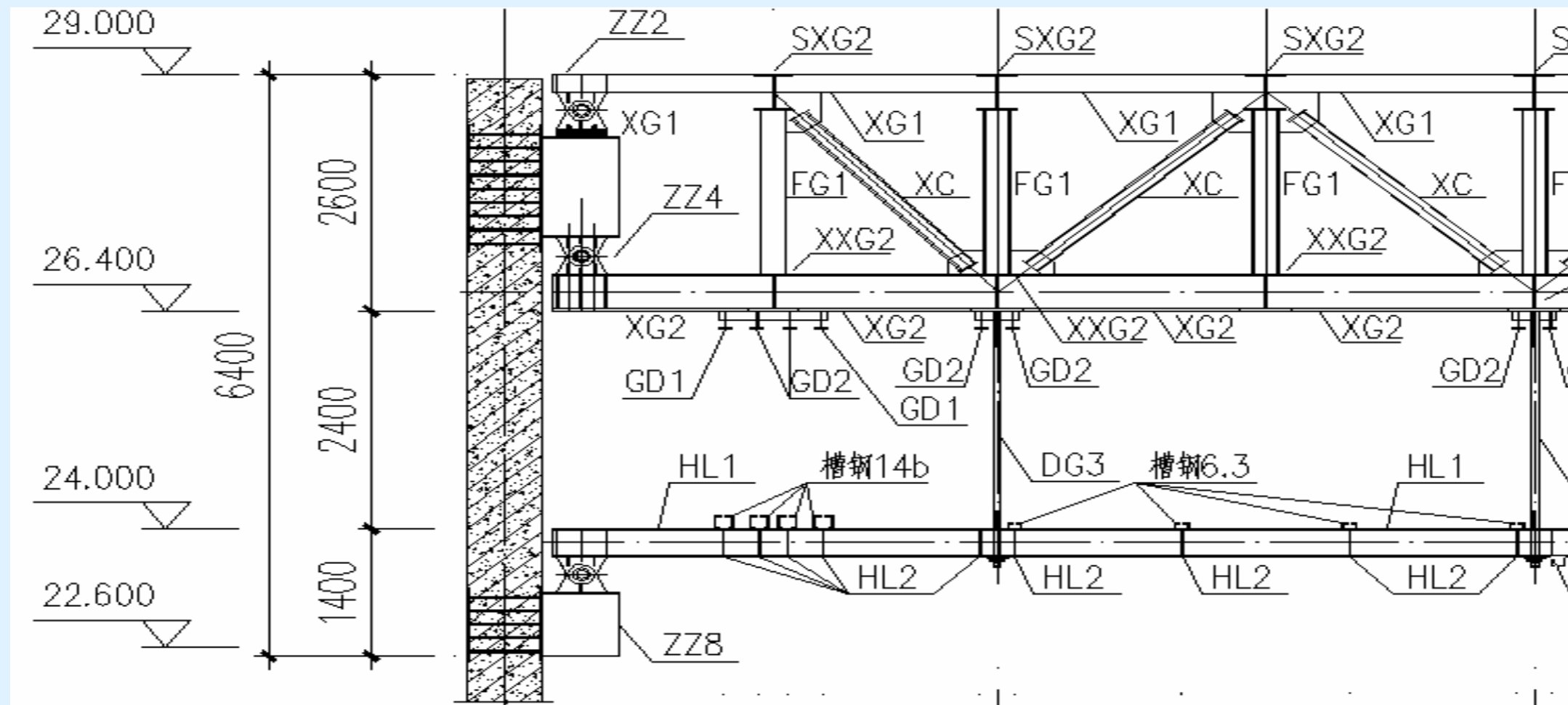


图7 轨道立面布置示意图

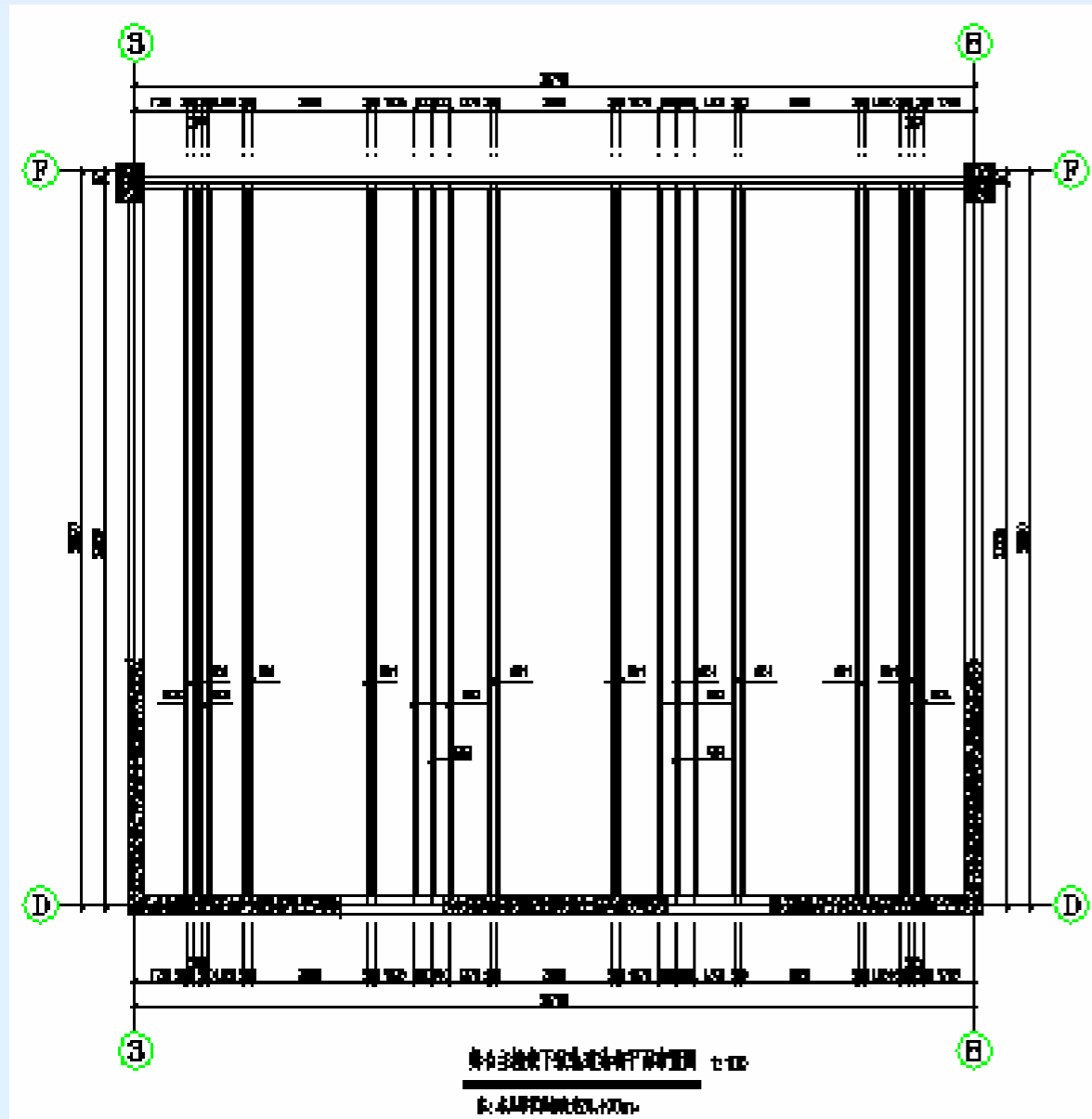


图8轨道GD1、GD2平面布置示意图

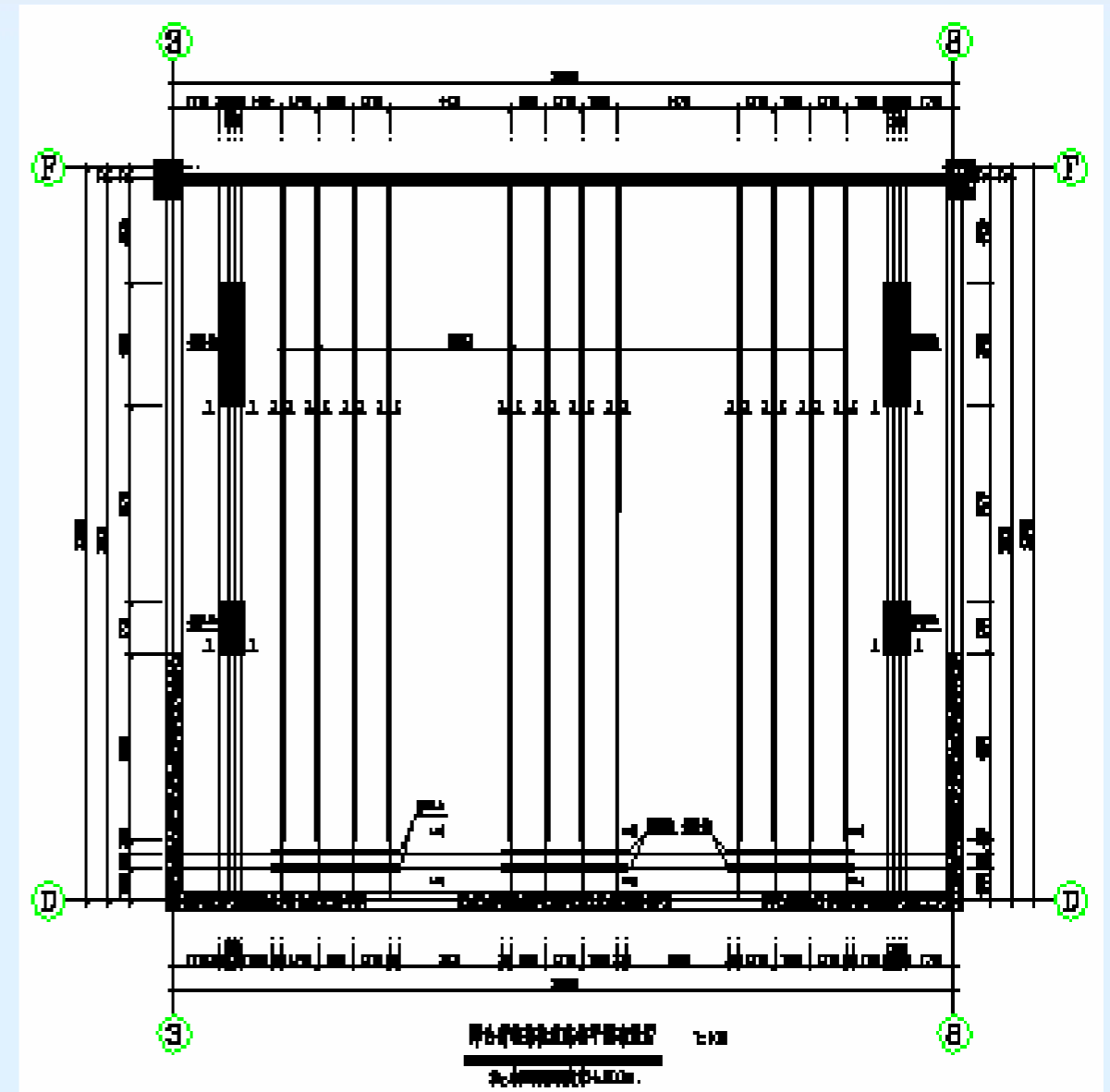
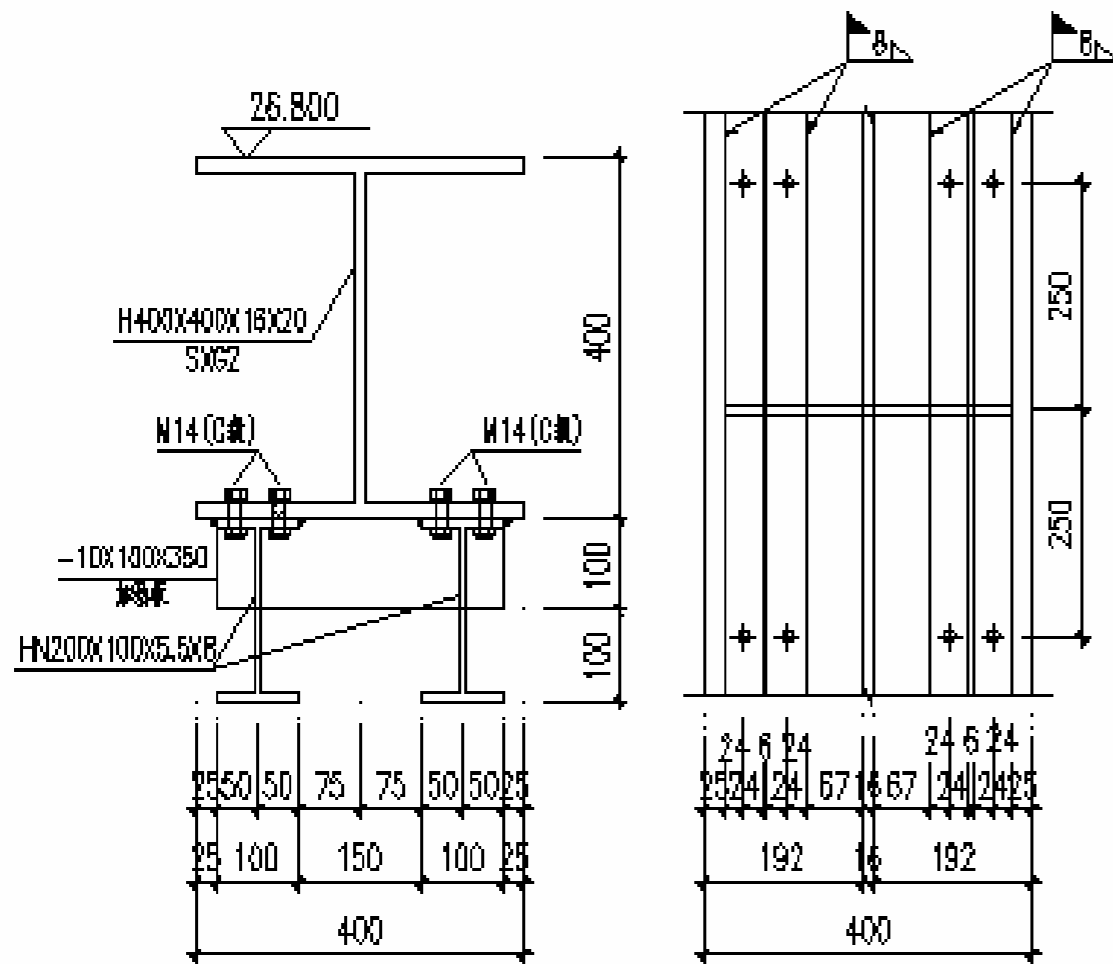
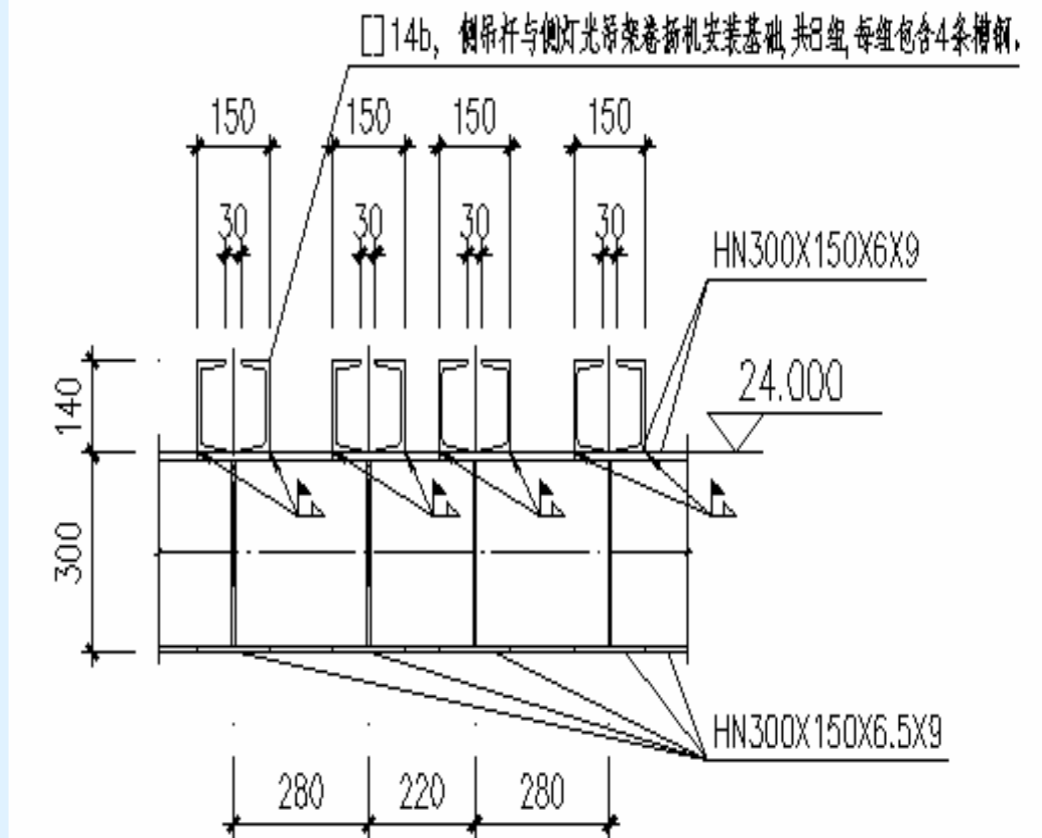


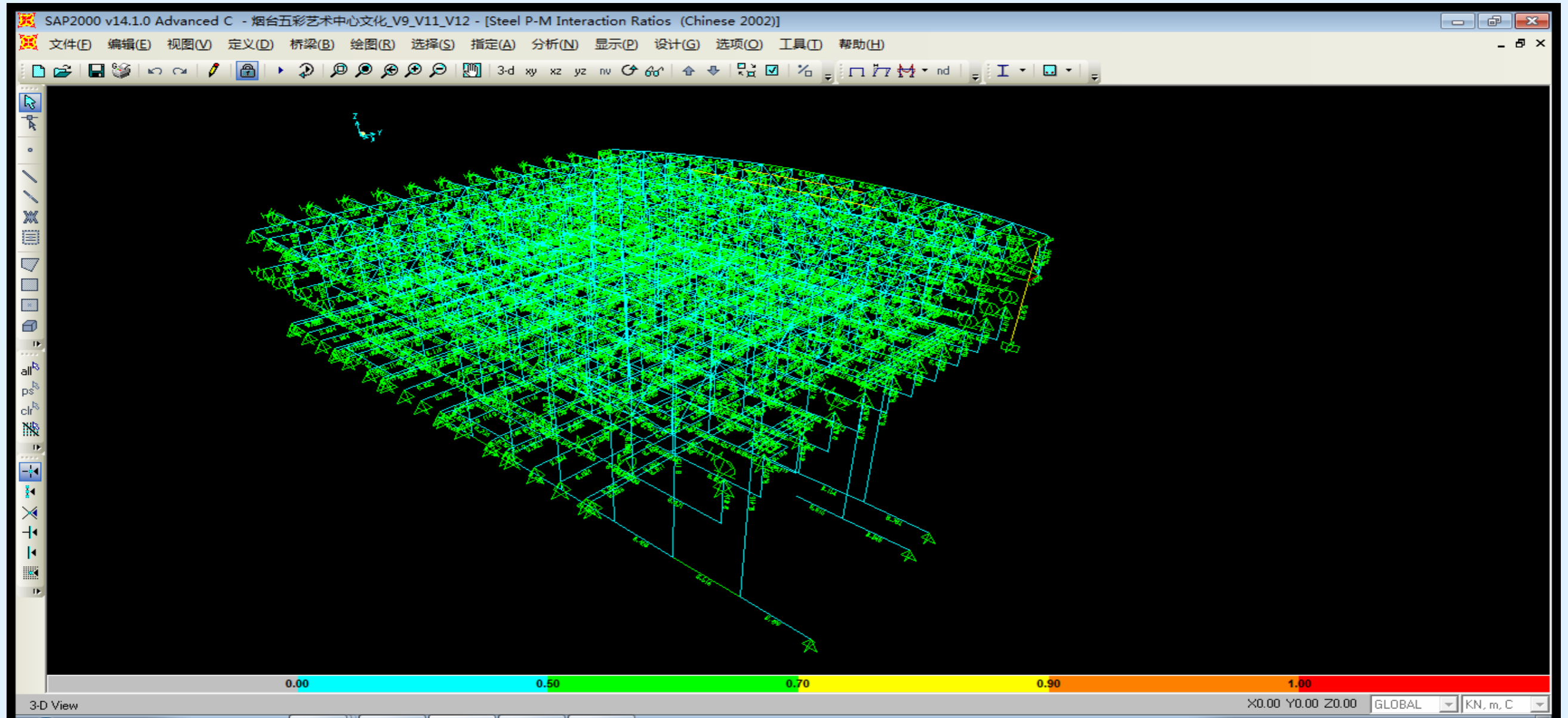
图9轨道GD3平面布置示意图

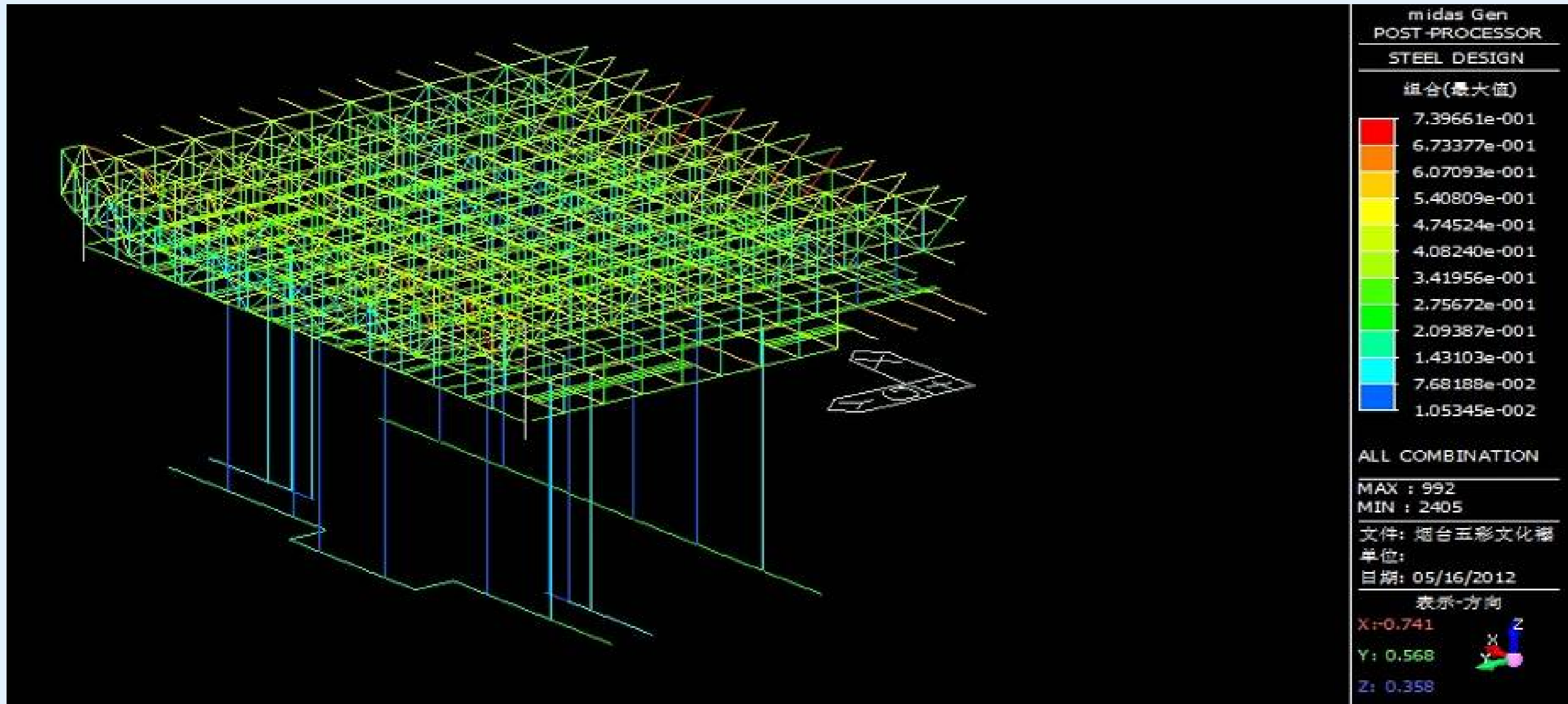


GD1与桁架下弦连接节点 1:20



GD3与葡萄架连接节点 1:20



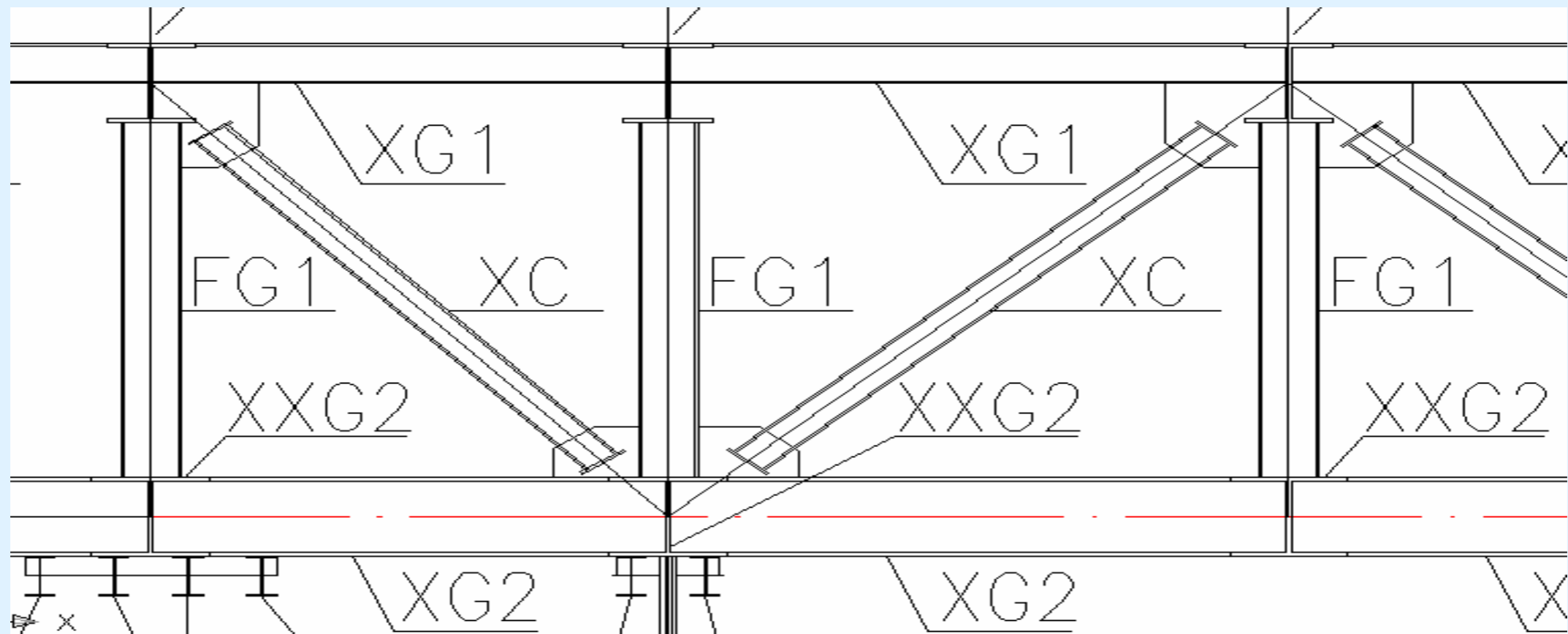


为结构安全，本结构设计采用国际通用有限元软件SAP2000v14和MIDAS/GEN7.80进行设计最大应力比为 $0.74 < 1$ ，满足规范要求。



施工过程中安全措施

为增加施工过程中HJ-2的侧向稳定性，故在HJ-2侧向增加斜撑XC，以增加结构在施工过程中的安全性。XC采用热轧无缝钢管，截面采用 $\Phi 140 \times 6.0$ 。





三、结构节点设计

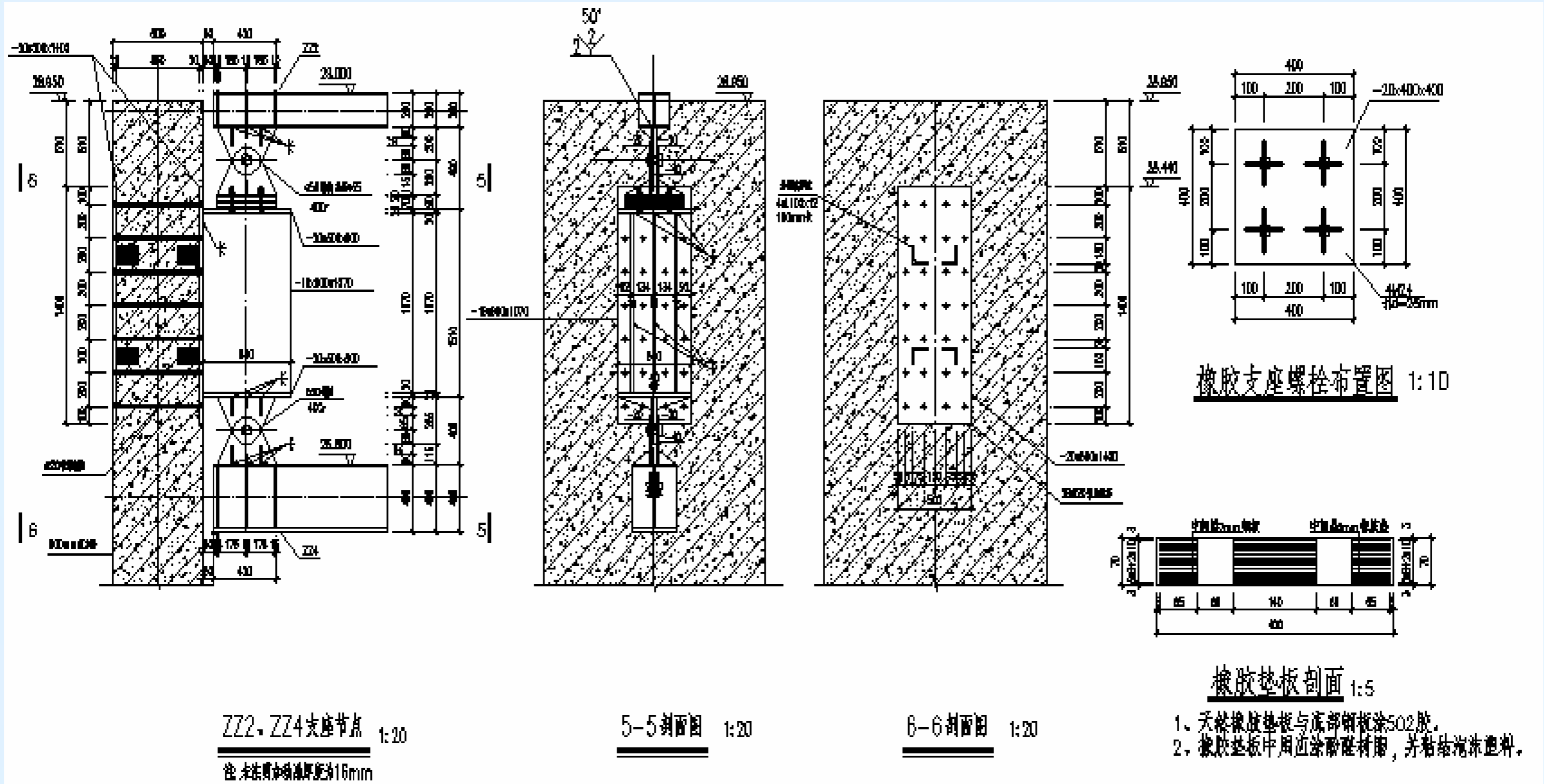
3.1 钢桁架与混凝土销轴支座节点

为实现HJ-2支座的完全铰接，HJ-2与D轴混凝土剪力墙支座连接节点采用销轴支座，销轴材质采用40Cr，直径为100mm，采用有限元分析软件ABAQUS对节点进行分析，结果如下见图17，销轴最大应力为 $225\text{MPa} < 540\text{MPa}$ ，杆件最大应力为 $310\text{MPa} < 345\text{MPa}$ ，满足规范要求，结构安全。



3.2 橡胶支座节点

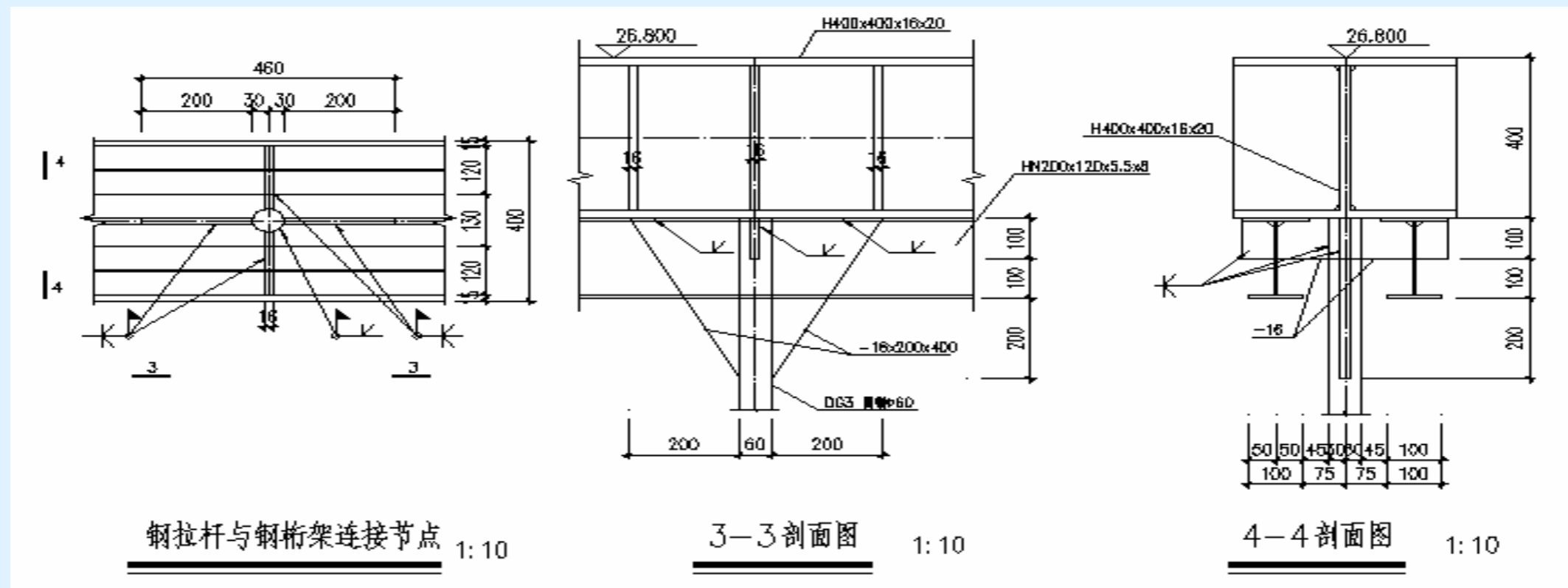
为减小HJ-2的侧向计算长度，增加结构安全，故在HJ-2的节点处上下弦增加水平系杆，截面为HN200X100，在温度荷载下其水平支座反力很大，对混凝土影响较大，为减小水平系杆对混凝土结构的影响，故水平系杆支座采用橡胶支座。





3.3 吊挂结构与上部钢桁架连接节点

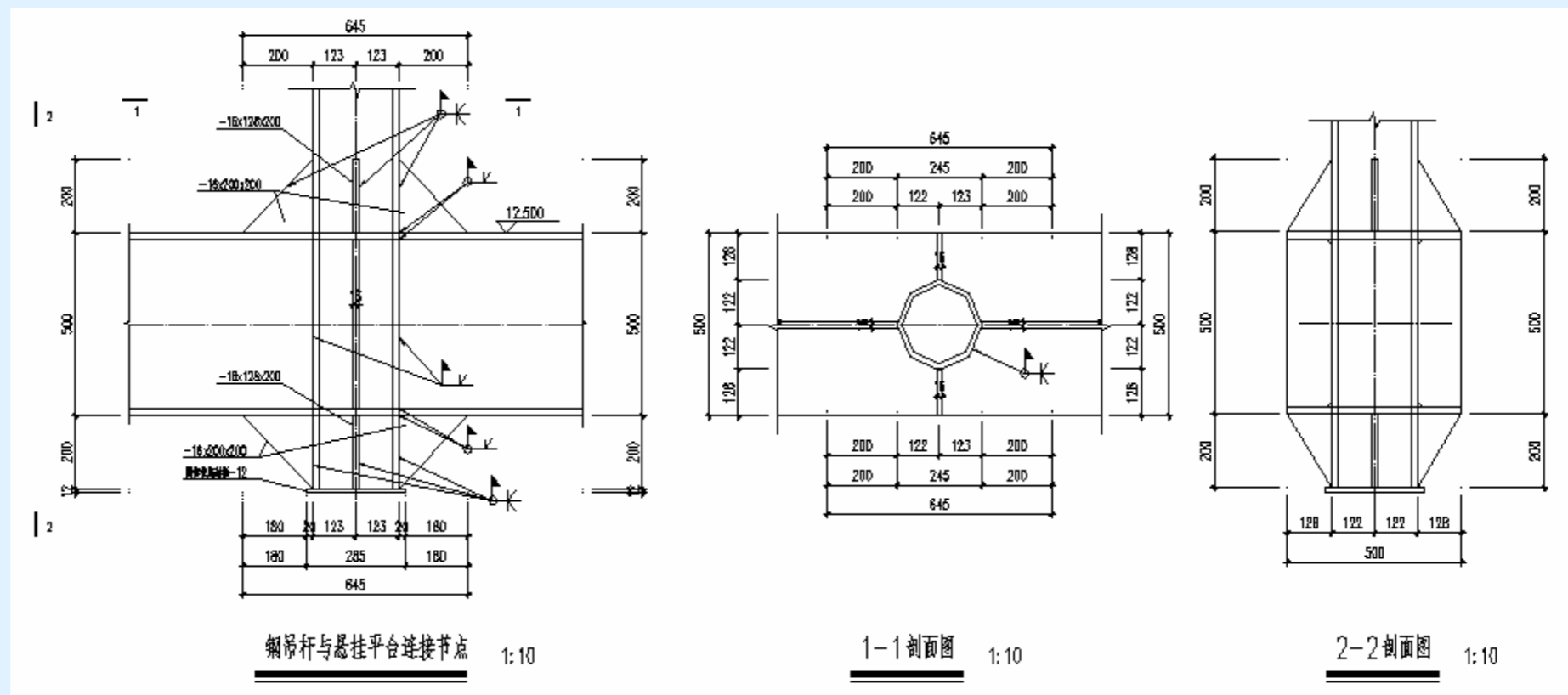
吊挂结构与上部钢桁架连接节点是本工程节点设计中的难点，钢桁架下弦有两排滑轮轨道，在中间位置放置钢拉杆，钢拉杆与钢桁架下弦底面采用周边围焊并且增加4块加劲板连接，通过现场焊接的方式连接。





3.4悬挂平台与葡萄架连接节点

悬挂平台与葡萄架通过钢吊杆连接，钢吊杆与悬挂平台梁的连接采用穿透焊接的方式，将悬挂平台梁开洞，钢吊杆插入平台梁中，上线表面围焊，上下表面采用加劲板的方式连接，保证了结构的安全性，满足“强节点弱杆件”的要求。





四、结论与建议

结构整体设计以及节点设计决定了结构本身性能的优劣，对结构安全、技术经济指标都有较大的影响，采用合理的节点形式选择合理的结构模型在结构设计方面显得尤为重要。对于复杂的结构，应对重要的受力节点进行可靠的分析，保证结构的安全性。

对于复杂吊挂结构，主受力层结构建议采用钢桁架形式，下层桁架支座应考虑温度的影响建议采用橡胶支座，施工过程中应考虑增加部分支撑保证结构的安全性。



山东中通钢构建筑股份有限公司

SHANDONG ZHONGTONG STEEL STRUCTURE ENGINEERING CO., LTD

谢谢！

追求卓越，诚信天下