

vivo 全球 AI 研发中心

拉杆式组合型钢悬挑脚手架工程专项施工方案



编制人：_____

审核人：_____

审批人：_____

编制单位：重庆城建控股（集团）有限责任公司

编制日期：二零二三年七月

第一章 工程概况	1
二、 参建各方责任主体单位	2
三、 脚手架工程概况和特点	2
四、 危大工程概况和特点	3
五、 方案概况	3
六、 施工平面布置	5
七、 施工要求	5
八、 施工地的气候特征和季节性天气	5
九、 风险辨识与分级	6
十、 参建各方责任主体单位	8
第二章 编制依据	8
一、 相关法律、法规、规范性文件、标准、规范	8
二、 项目文件	9
第三章 施工计划	10
一、 施工进度计划	10
二、 材料计划	10
三、 劳动力计划	11
第四章 施工工艺技术	11
一、 技术参数	11
二、 工艺流程	13
三、 施工方法和操作要求	14
四、 脚手架搭设技术措施	44
五、 脚手架拆除技术措施	46
六、 检查要求	47
第五章 施工保障措施	52
一、 组织保障措施	52
二、 技术措施	54

三、 监测监控措施	58
第六章 施工管理及作业人员配备和分工	59
一、 施工管理人员	59
二、 专职安全人员	59
三、 特种作业人员	60
四、 其他作业人员	61
第七章 验收要求	61
一、 材料进场及验收要求	61
二、 验收标准	66
三、 验收程序	67
四、 验收内容	67
五、 花篮式悬挑式脚手架验收表	67
六、 验收人员	70
第八章 应急处置措施	70
一、 应急救援组织机构及职责	70
二、 脚手架工程中的重大事故隐患判定及防范	72
三、 施工过程预防措施	73
四、 应急事件及其应急措施	73
五、 应急救援最近医院路线	76
六、 应急物资准备	77
第九章 计算书及相关施工图纸	77
第一段花篮螺栓悬挑架(盘扣式)计算书	77
第二段花篮螺栓悬挑架(阳角整体计算)计算书	101
第三段型钢悬挑脚手架(盘扣式)计算书	187
第四段花篮螺栓悬挑架(盘扣式)下撑计算书	202
附图	221
附表 1	227

浙江宝佳力

第一章 工程概况

1、工程概况

项目名称	vivo 全球 AI 研发中心		用途	生产性用房、办公用房	
建设地点	杭州市余杭区未来科技城内，溪望路以南，创明路以东，葛巷路以北，景兴路以西。				
建筑面积	占地面积		35868 m ²		
	总建筑面积		324397.7 m ²		
	地上建筑面积		164787.1 m ²		
	地下建筑面积		159610.6 m ²		
效果图					
建筑功能、层数及高度	1#楼	混合商办	25 层/-5 层		H=156.743m
	2#楼	办公、集中商业	22 层/-5 层		H=132.338m
层高	1#楼	地下室	地下室 5 层 4.08m, 3-4 层 4m, 2 层 3.97m, 1 层 6.75m		
		地上结构	1 层 6.45m,2 层 5.6m,3-23 层 4.5m, 24 层 6.5m, 25 层 6.3m		
	2#楼	地下室	地下室 5 层 4.08m, 3-4 层 4m, 2 层 3.97m, 1 层 6.75m		
		地上结构	1 层 6.45m,2 层 5.6m,3-18 层 4.5m, 19 层 6.3m, 20 层 4.5m, 21 层 6.05m		

二、参建各方责任主体单位

工程名称	vivo 全球 AI 研发中心
建设单位	维沃移动通信（杭州）有限公司
勘察单位	浙江省地矿勘察院有限公司
设计单位	浙江大学建筑设计研究院有限公司
监理单位	广东鸿业工程项目管理有限公司
施工单位	重庆城建控股（集团）有限责任公司

三、脚手架工程概况和特点

1、本方案针对正负零以上副核心筒花篮式悬挑脚手架进行编制。盘扣式落地脚手架和全钢爬架另详《盘扣式落地脚手架安全专项施工方案》和《全钢爬架安全专项施工方案》。

2、本工程核心筒外脚手架类型和搭设高度详下表。

序号	部位	外架类型	搭设部位	花篮式悬挑脚手架搭设高度(m)
1	1#楼主核心筒	盘扣式落地脚手架+全钢爬架	1~2 层采用盘扣式落地脚手架， 3~25 层采用全钢爬架	无
2	1#楼北副核心筒	盘扣式落地脚手架+花篮式悬挑脚手架	1~4 层采用盘扣式落地脚手架， 5~12 层采用花篮式悬挑式脚手架	19.5
3	1#楼西副核心筒	盘扣式落地脚手架+花篮式悬挑脚手架	1~4 层采用盘扣式落地脚手架， 5~12 层采用花篮式悬挑式脚手架	19.5
4	2#楼主核心筒	盘扣式落地脚手架+全钢爬架	1~2 层采用盘扣式落地脚手架， 3~21 层采用全钢爬架	无
5	2#楼南副核心筒	盘扣式落地脚手架+花篮式悬挑脚手架	1~4 层采用盘扣式落地脚手架， 5~10 层采用花篮式悬挑式脚手架	19.5
6	2#楼东副核心筒	盘扣式落地脚手架+花篮式悬挑脚手架	1~4 层采用盘扣式落地脚手架， 5~10 层采用花篮式悬挑式脚手架	19.5

3、花篮式悬挑脚手架搭设参数详下表



楼号	楼层\高度	标准层 层高	悬挑架设置 (楼层梁板)	立杆纵距 (米)	立杆横距 (米)	步距 (米)	离墙间距 (米)
1#北 副核心 筒	(13 层)56.95m	4.5m	5F/9F	1.5	0.9	2	0.512
1#西 副核心 筒	(13 层)56.95m	4.5m	5F/9F	1.5	0.9	2	0.512
2#南 副核心 筒	(11 层)47.95m	4.5m	5F/9F	1.5	0.9	2	0.512
2#东 副核心 筒	(11 层)47.95m	4.5m	5F/9F	1.5	0.9	2	0.512

4、本工程花篮架构配件均来源于自购。

5、1#、2#楼副核心筒均无外置施工电梯。

四、危大工程概况和特点

本工程花篮拉杆式脚手架作业架架体不大于 24 米安全等级为II级。

本工程为办公楼，结构类型为钢框架+核心筒结构，各单体层高较高。

本工程标准层高 4.5 米，连墙件为两步两跨；悬挑钢梁、上拉杆锚固结构构件均在剪力墙上，局部在结构梁上；

根据本工程结构形式、实际施工特点，计划在本工程 1#、2#楼副核心筒搭设花篮拉杆式悬挑脚手架，根据杭州市相关规定，这属于采用新技术、新工艺、新材料、新设备可能影响工程施工安全，但尚无国家、行业及地方技术标准的分部分项工程，因此提交专家论证。

五、方案概况

1、本工程外脚手架采用花篮式悬挑脚手架。

2、本工程采用传统工字钢悬挑架对施工影响比较大，经过综合考虑，结合本工程特点，决定采用花篮拉杆式悬挑架。悬挑架在悬挑层楼层梁或剪力墙

中预埋预埋件，用螺栓固定工字钢，采用 16#工字钢作为底座（外架立杆座在工字钢上）伸出楼面结构外进行悬挑。悬挑型钢为 16#工字钢，所有挑梁尾端采用高强螺栓与焊接钢板锚固，挑梁均采用 $\Phi 20$ 的钢拉杆斜拉，拉杆与型钢连接做法详见附图 3，因钢拱安装，2-1 区部分钢梁提前接入，综合考虑部分悬挑的工字钢，需要增设下撑，下撑选用的材料为 16#工字钢祥件附图 4。

3、外脚手架是施工用临时结构，它要承受施工过程中的各种垂直和水平荷载，因此，脚手架必须有足够的承载能力，刚度和稳定性，在各种荷载作用下不发生失稳倒塌，以及超过允许要求的变形、倾斜摇晃或扭曲现象，确保安全。

4、梁侧预埋悬挑脚手架介绍

(1) 悬挑梁采用 16#普通工字钢作为主件，配合焊接底座板、上拉杆等形成稳定支撑体系，外脚手架以此为搭设底座。

(2) 斜拉杆由 $\Phi 20$ 、Q235 材质的圆钢拉杆（正丝、反丝）、壁厚 4mm 直径 34mm 的闭式花篮组成。



六、施工平面布置

1、施工总平面布置主要包括施工道路、材料堆场、钢筋加工房、木工房、塔吊、施工电梯等。本工程地上结构施工阶段总共设置 6 台塔吊，2 台外置施工电梯及 2 台内置施工电梯，具体详见附图《施工现场总平面布置图》。

七、施工要求

1、安全文明施工目标

- 1、杜绝重伤和死亡事故，杜绝重大设备、交通和火灾事故；
- 2、避免轻伤事故；年负伤率不大于 0.3%。
- 3、创杭州市扬尘示范工地；
- 4、创杭州市智慧工地；
- 5、创杭州市安全文明施工工地。

2、质量标准

本工程质量标准：满足国家及地方标准、规范及《vivo 基建工程施工企业标准（v2.0）》的合格标准、vivo 基建工程企业标准（安装篇）。

3、合同工期

- 1、本工程计划开工日期：2022 年 4 月 01 日；
- 2、计划竣工日期：2026 年 12 月 30 日；
- 3、合同工期总日历天数 1736 天。合同工期总日历天数与根据前述计划开竣工日期计算的工期天数不一致的，以合同工期总日历天数为准。
- 4、地下室外脚手架搭设开始时间为地下室外墙结构施工前，拆除时间为地下室外墙防水施工完毕后。
- 5、花篮式脚手架搭设开始时间：2023 年 11 月 10 日，
- 6、花篮式脚手架拆除时间：2024 年 02 月 02 日。

八、施工地的气候特征和季节性天气

本工程位于杭州余杭区。据浙江省气象中心及杭州市气象局资料，杭州市多年平均气温 16.5℃，极端最高气温 41.6℃（2013 年 8 月 10 日），极端最低气温-9.6℃（1969 年 2 月 6 日）。年平均降水量 1454.6mm，年最大降水

量 2354.6mm（1954 年），年最小降雨量 954.6mm（1967 年）。月最大降水量 611.0mm（1999 年 6 月），日最大降雨量 246.4mm（2013 年 10 月 6 日 20 时-7 日 20 时），1 小时最大降雨量 107.3mm（2013 年 6 月 24 日 18 时至 19 时）。1998 年 6 月 24 日~7 月 1 日连续降大雨五天，总降雨量达 412mm。降雨主要集中在 3~9 月，其中 6 月最多，平均为 230mm，年平均降雨日数（日雨量 $\geq 0.1\text{mm}$ ）为 152 天，年总降雨日 130~160 天。最长连续降雨日数为 17 天，年平均大雨以上日数（日雨量 $\geq 25\text{mm}$ ）约为 16 天，年平均暴雨以上日数（日雨量 $\geq 50\text{mm}$ ）约为 3.5 天，年平均大暴雨以上日数（日雨量 $\geq 100\text{mm}$ ）约为 0.5 天。暴雨和大暴雨主要集中于 6~9 月。年蒸发量为 1350~1472mm，其中 8 月份蒸发量大于降雨量。多年平均相对湿度 80~82%；多年平均雷暴日数 36 天，最多雷暴年 56 天；多年平均大雾 51 天，最多大雾年 64 天；全年平均日照 1899.9 小时，无霜期 209 天；最大积雪厚度为 15cm。

夏季盛行南-西南风，年平均风速 1.3-2.4m/s，冬季盛行西北风，全年主导风向以西南风和西北风为主，其频率分为 10%~25%。全年 0~3.0m/s 风速所见比例为 92.4%。7~9 月份易受台风影响，据杭州气象台实测历史最大风速为 28m/s（1967 年 8 月），风向 ESE。

九、风险辨识与分级

作业项目	危险源	严重等级
施工准备	脚手架施工无专项方案或脚手架方案未审批，高大脚手架未经计算	I(大灾难)
	脚手架方案编制人员、验算人员、审批人员的资格、能力达不到要求	II(灾难)
	脚手架方案确定时，未进行计算，无验算结果，导致脚手架支撑设计错误	II(灾难)
	脚手架与墙柱拉结点间距设计超过规范要求	III(严重)
材料储存运输	脚手架钢管现场存放时，码放高度超过规定，或未码放整齐	IV(轻度)
	脚手架钢管及扣件起重吊装人员未正确掌握材料起吊技术要求	III(严重)
	脚手架钢管及扣件运输及起吊过程中，无人看护	III(严重)
人员	进行脚手架搭拆作业的人员无证上岗操作，未取得架子工特种作业资格人员进行架子操作	III(严重)

	脚手架搭拆作业的人员未受过相关安全培训和技术交底，操作人员不了解脚手架搭设方法，脚手架搭设不符合规范要求	III(严重)
	脚手架搭拆作业的人员不正确使用安全带等防护设施	III(严重)
材料	脚手架钢管外径，壁厚达不到规范要求，承载力达不到设计要求	II(灾难)
	脚手架钢管存在变形裂纹、压扁和锈蚀等缺陷，导致受力后失稳	II(灾难)
	脚手架材料不合格，材质性能达不到《可锻铸铁分类及技术条件》的规定；扣件无出厂合格证，造成受力后扣件脆断	II(灾难)
	脚手架扣件表面存在裂纹变形、锈蚀等质量问题，造成受力后扣件脆断	II(灾难)
	焊接钢管作为立杆	III(严重)
	脚手架用钢制脚手板表面存在扭曲变形、锈蚀等质量问题，造成临时堆放材料或人员操作时断裂	III(严重)
	脚手架用木制脚手板厚度或宽度达不到规范要求，造成临时堆放材料或人员操作时断裂，人员高处坠落或坠物伤人	III(严重)
施工过程	脚手架搭设完成后未进行验收即使用	III(严重)
	未按设计及规范规定搭设脚手架，立杆、横杆、纵横向剪刀撑或斜杆间距不符合规定	III(严重)
	未按设计及规范规定搭设脚手架，剪刀撑或斜杆设置欠缺、不连续，剪刀撑角度不正确	II(灾难)
	脚手架各杆件扣件紧固力矩达不到规范要求，造成在使用过程中松脱	II(灾难)
	落地脚手架拉结点设置间距不符合规定	III(严重)
	脚手架使用过程中将局部拉结点拆除	III(严重)
	立杆的间隔不符合安全要求	III(严重)
	水平杆搭接间隔不符合安全要求	III(严重)
	脚手架外侧未按规范要求设置水平安全网	III(严重)
	脚手架操作面防护栏杆设置高度不符合要求，施工层脚手架缺 1.2m 防护栏杆，或防护栏杆搭设缺失	III(严重)
	脚手架操作层缺少挡脚板	IV(轻度)
	脚手架内立杆与建筑物之间防护不到位	III(严重)

	脚手架使用时，操作面堆放荷载超过设计规定	II(灾难)
	脚手架搭设未设置专门上人马道	III(严重)
	进行脚手架搭拆作业人员不正确佩戴安全带，或安全带未正确使用	III(严重)
	脚手架拆除作业未按拆除顺序进行	II(灾难)
	脚手架拆除作业未按规定传送架料及扣件，并未设置警戒区域，架料抛扔	III(严重)
环境	大雾、雨、雪及六级以上大风天气进行脚手架搭拆作业	II(灾难)
	夜间进行脚手架搭拆作业	III(严重)
	搭设或拆除外架时，有人在外架下通行	III(严重)

十、参建各方责任主体单位

工程名称	vivo 全球 AI 研发中心
建设单位	维沃移动通信（杭州）有限公司
勘察单位	浙江省地矿勘察院有限公司
设计单位	浙江大学建筑设计研究院有限公司
监理单位	广东鸿业工程项目管理有限公司
施工单位	重庆城建控股（集团）有限责任公司

第二章 编制依据

一、相关法律、法规、规范性文件、标准、规范

类别	名称	编号
法规	中华人民共和国建筑法	主席令第 29 号
	建设工程质量管理条例	国务院令第 279 号（2019 修订）
	建设工程安全生产管理条例	国务院令第 393 号
	危险性较大的分部分项工程安全管理规定	建设部第 37 号令
规范 规程	建筑地基基础设计规范	GB50007-2011
	建筑结构荷载规范	GB50009-2012
	混凝土结构设计规范	GB50010-2010
	建筑施工脚手架安全技术统一标准	GB51210-2016

	钢结构设计标准	GB50017-2017
	木结构设计标准	GB50005-2017
	建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准	JGJ/T231-2021
	承插型盘扣式钢管支架构件	JG/T503-2016
	建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范	JGJ130-2011
	建筑施工临时支撑结构技术规范	JGJ300-2013
	建筑施工安全检查标准	JGJ59-2011
	建筑施工高处作业安全技术规范	JGJ80-2016
	住房和城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知	建办质(2018)31 号
	住房和城乡建设部办公厅关于印发《危险性较大的分部分项工程专项施工方案编制指南》的通知	建办质〔2021〕48 号
	房屋市政工程生产安全重大事故隐患判定标准（2022 版）	建质规〔2022〕2 号
	建筑施工手册	第五版
	建筑施工脚手架实用手册	

二、项目文件

序号	文件名称	编号
1	工程招标文件、承包合同及附件	
2	vivo 全球 AI 研发中心施工图纸	
3	vivo 全球 AI 研发中心施工组织设计	

第三章 施工计划

一、施工进度计划

1、花篮式悬挑脚手架搭设开始时间：1#副核心筒第 5 层结构施工前开始搭设，2#副核心筒第 5 层结构施工前开始搭设，拆除时间为第二层悬挑脚手架搭设开始及第一挑结构施工完成后进行。

2、花篮式悬挑脚手架进度计划如下：

1	□	花篮式悬挑脚手架	90		2023-11-05	2024-02-02
2	□	1#北副核心筒	90		2023-11-05	2024-02-02
3	□	第一段悬挑搭设	32		2023-11-05	2023-12-06
4	□	第二段悬挑拆除	10	3FS+13工	2023-12-20	2023-12-29
5	□	第二段悬挑搭设	30	4SS+5工	2023-12-15	2024-01-13
6	□	第二段悬挑拆除	10	5FS+10工	2024-01-24	2024-02-02
7	□	1#东副核心筒	88		2023-11-06	2024-02-01
8	□	第一段悬挑搭设	30		2023-11-06	2023-12-05
9	□	第二段悬挑拆除	10	8FS+13工	2023-12-19	2023-12-28
10	□	第二段悬挑搭设	30	9SS+5工	2023-12-14	2024-01-12
11	□	第二段悬挑拆除	10	10FS+10工	2024-01-23	2024-02-01
12	□	2#南副核心筒	83		2023-11-11	2024-02-01
13	□	第一段悬挑搭设	33		2023-11-11	2023-12-13
14	□	第二段悬挑拆除	10	13FS+13工	2023-12-27	2024-01-05
15	□	第二段悬挑搭设	22	14SS+5工	2023-12-22	2024-01-12
16	□	第二段悬挑拆除	10	15FS+10工	2024-01-23	2024-02-01
17	□	2#南副核心筒	83		2023-11-10	2024-01-31
18	□	第一段悬挑搭设	33		2023-11-10	2023-12-12
19	□	第二段悬挑拆除	10	16FS+13工	2023-12-26	2024-01-04
20	□	第二段悬挑搭设	22	18SS+5工	2023-12-21	2024-01-11
21	□	第二段悬挑拆除	10	20FS+10工	2024-01-22	2024-01-31



二、材料计划

序号	材料名称	规格型号	单位	数量	备注
1	Q355Φ48.3 立杆	Φ48.3×3.25×250	根	10000	盘扣式
2		Φ48.3×3.25×1000	根	10000	
3		Φ48.3×3.25×1500	根	15000	
4		Φ48.3×3.25×2000	根	20000	
5		Φ48.3×3.25×2500	根	20000	
6	Q235Φ48.3 横杆	Φ48.3×2.75×852	根	10000	
7		Φ48.3×2.75×1152	根	20000	
8		Φ48.3×2.75×1452	根	20000	
9	Q195Φ42.3 斜杆	Φ42.3×2.75×1721	根	20000	
10		Φ42.3×2.75×2058	根	20000	
11	定型化钢制脚手板	240mm 宽×900mm、1200mm、(1500mm) 长	m ²	10000	
12	底座	Q235	个	10000	
13	连墙件	半预埋式	个	3000	
14	外架钢网		m ²	20000	
15	底座	Q235	个	10000	
16	Q235 钢管	Φ48×3.0mm	m	10000	
17	扣件	直角式	个	5000	
18	工字钢	16#	m	400	

说明：本工程工字钢、花篮等材料供应商为浙江宝佳力科技有限公司，供应商资质、合格证及材料检测报告详附表 1；本工程盘扣材料供应商为拓恒（河北）盘扣科技有限公司，材料合格证详附表 2。

三、劳动力计划

序号	工种	数量	备注
----	----	----	----

序号	工种	数量	备注
1	施工员	3	
2	安全员	6	
3	检测人员	2	
4	架子工	15	
5	杂工	6	

第四章 施工工艺技术

一、技术参数

1、搭设参数

1#楼副核心筒（1-2、2-1） 悬挑分段层数	悬挑起层相对标高(m)	悬挑止层相对标高（m）	悬挑高度（m）
第一次悬挑	五层面（20.95）	九层面（38.95）	18.00
第二次悬挑	九层面（38.95）	十三层面（56.95） +1.5 防护	19.50
2#楼副核心筒（2-7、4-2） 悬挑分段层数	悬挑起层相对标高(m)	悬挑止层相对标高（m）	悬挑高度（m）
第一次悬挑	五层面（20.95）	九层面（38.95）	18.00
第二次悬挑	九层面（34.45）	十一层面（47.95） +1.5 防护	13.5

2、工艺参数

根据工程不同部位的不同情况，本工程采用 2 种不同形式进行悬挑验算，连墙件高度按两步设置，分别如下：

（1）标准部位型钢梁长 1.5 米（计算按 1.5 米，高度按照 19.5 米），采用双排外架、单根上拉式悬挑承力架；

（2）**转角部位型钢梁长 1.50 米、2.5 米（计算按 2.5 米，高度按照 19.5 米）**采用双排外架、双根上拉式悬挑承力架。

3、界面参数

（1）标准部位参数

一、架体参数

脚手架设计类型	结构脚手架	脚手架搭设方式	双排脚手架
脚手架立杆类型	$\Phi 48.3 \times 3.25 \text{mm}$	脚手架实际搭设高度	19.5 米（最大）
脚手架搭设方式	双排脚手架	步距	2.0 米
立杆纵距	1.5 米（最大）	立杆横距	0.9 米
内立杆离建筑物距离	0.5 米、0.512 米	连墙件布置方式	一步两跨
二、悬挑钢梁参数			
悬挑方式	普通主梁悬挑	钢梁材料类型	16#工字钢
钢梁长度	1.5m	钢梁与建筑物连接螺栓类型	半预埋 M20 高强螺栓
竖向连接钢板厚度	10mm	钢梁与建筑物连接螺栓个数	2
二、上拉杆参数			
上拉杆材料类型	镀锌拉杆	上拉杆件直径	20mm
吊耳板类型	U 型耳板	上拉与建筑物连接螺栓类型	半预埋 M20 高强螺栓
吊耳板与上拉杆连接件类型	直径 20mm 轴销	上拉杆根数	1

(2) 转角位置参数

一、架体参数			
脚手架设计类型	结构脚手架	脚手架搭设方式	双排脚手架
脚手架立杆类型	$\Phi 48.3 \times 3.25 \text{mm}$	脚手架实际搭设高度	19.5 米（最大）
脚手架搭设方式	双排脚手架	步距	2.0 米
立杆纵距	1.5 米（最大）	立杆横距	0.9 米
内立杆离建筑物距离	0.5 米、0.512 米	连墙件布置方式	一步两跨
二、悬挑钢梁参数			
悬挑方式	普通主梁悬挑	钢梁材料类型	16#工字钢
钢梁长度	1.5~2.5m	钢梁与建筑物连接螺栓类型	半预埋 M20 高强螺栓

竖向连接钢板厚度	10mm	钢梁与建筑物连接螺栓个数	2
二、上拉杆参数			
上拉杆材料类型	镀锌拉杆	上拉杆件直径	20mm
吊耳板类型	U 型耳板	上拉与建筑物连接螺栓类型	半预埋 M20 高强螺栓
吊耳板与上拉杆连接件类型	直径 20mm 轴销	上拉杆根数	2

4、收缩部分悬挑型钢主梁验参数

悬挑方式	普通主梁悬挑		
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	平铺在楼板上
锚固点设置方式	U 型锚固螺栓	锚固螺栓直径 d(mm)	16
主梁建筑物外悬挑长度 L_x (mm)	1650	主梁外锚固点到建筑物边缘的距离 a(mm)	100
主梁建筑物内锚固长度 L_m (mm)	2550	梁/楼板混凝土强度等级	C35
混凝土与螺栓表面的容许粘结强度 $[\tau_b](N/mm^2)$	2.5	锚固螺栓抗拉强度设计值 $[f_t](N/mm^2)$	50

二、工艺流程

1、安装流程

楼层结构施工时预埋套管→楼层混凝土养护→安装主梁 16#工字钢→安装连系梁 16#工字钢→摆放底座→按定位放置可调底座→调整水平标高后，安装立杆→安装第一步纵向水平杆→安装第一步横向水平杆→安装连墙件→安装第二步纵向水平杆→安装第二步横向水平杆→上部楼层混凝土养护完成→安装拉杆→搭设栏杆→铺设脚手板→张挂安全网。

2、拆除流程

安全网→挡脚板（或侧挡板）→栏杆扶手→剪刀撑→纵向水平杆→横向水平杆→脚手板→连墙件→立杆→钢拉杆→连系梁→型钢悬挑梁。

三、施工方法和操作要求

1、悬挑脚手架构造

(1) 外墙脚手架支承在由型钢及斜拉杆组成的悬挑结构上，该悬挑结构称为上拉式悬挑架。

悬挑架由型钢挑梁及斜拉杆组成，见图 1：

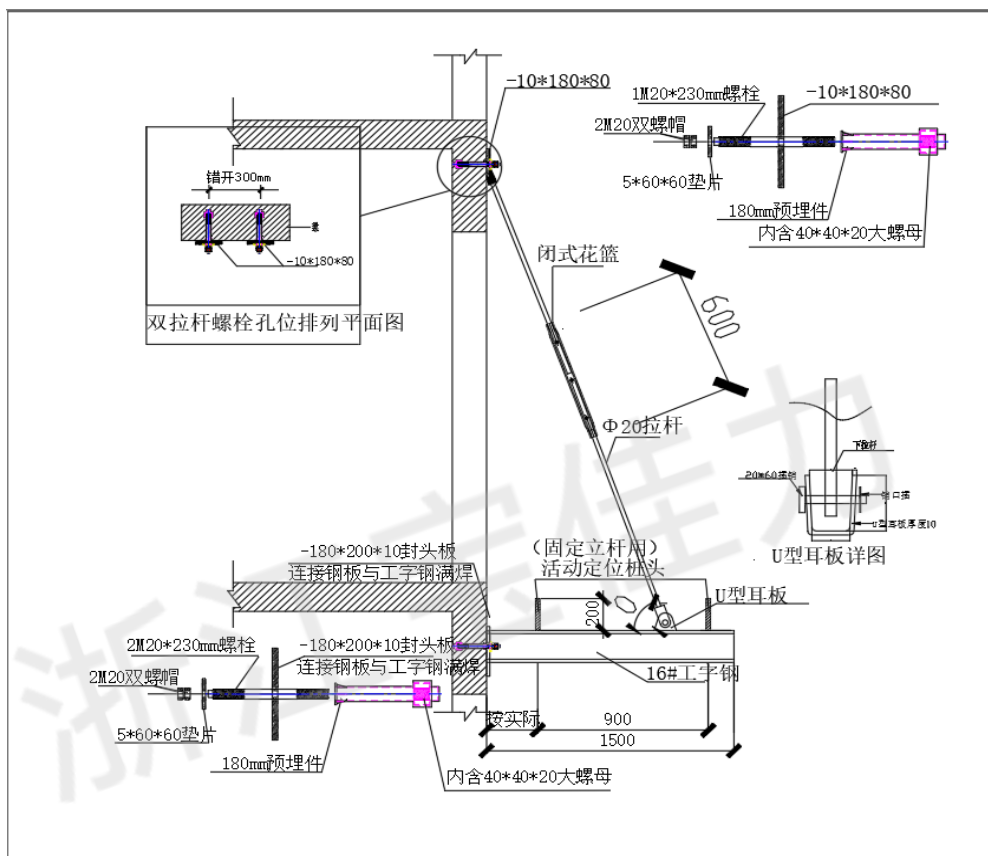


图 1：上拉式悬挑脚手架剖面图

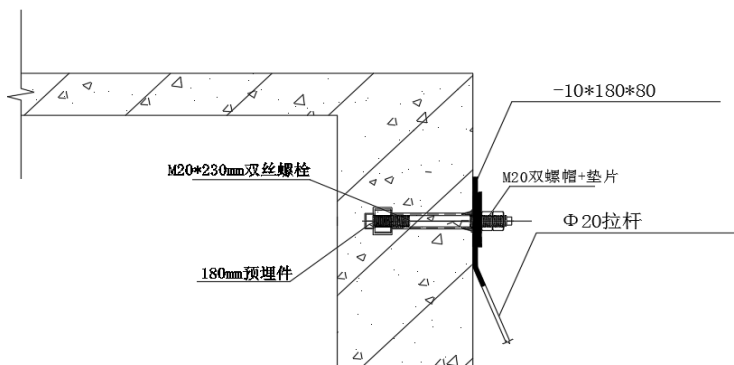
(2) 、悬挑承力架的型钢挑梁由 16#工字钢组成，根据不同用途分为普通型、加长型两种。普通型长度为 1.3~1.75m，加长型长度为 1.8m~3.00m。花篮斜拉杆由Φ20 长螺栓+壁厚为 4mm，直径为 34mm 的闭式花篮组成，见图 1。

(3) 、花篮斜拉杆上端通过螺栓固定在建筑物上、下端与型钢挑梁相连接，型钢挑梁由螺栓固定在建筑物上，悬挑架型钢布设沿建筑物以≤1.5m 的间距设置一梃。

(4) 、外脚手架立杆套在悬挑架型钢上的移动桩头上，通过拉墙钢管与

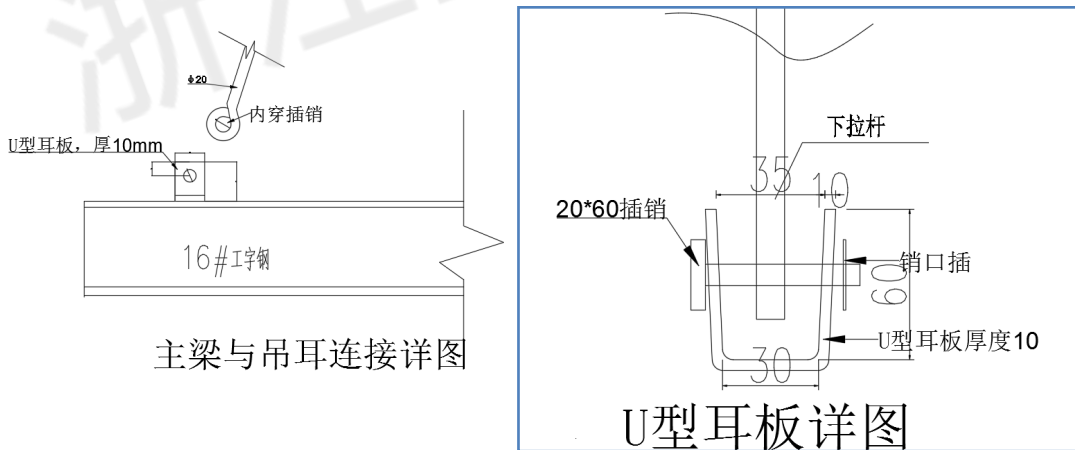
建筑物相连，组成一个整体悬挑脚手架供施工人员操作使用。

(5)、节点 1：花篮拉杆上端固定节点

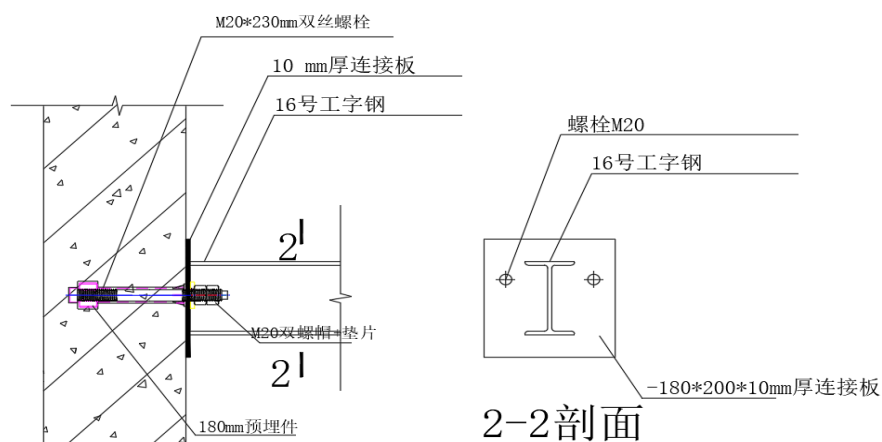


吊耳上部板与结构螺栓连接详图

(6)、节点 2：花篮拉杆与钢梁连接节点

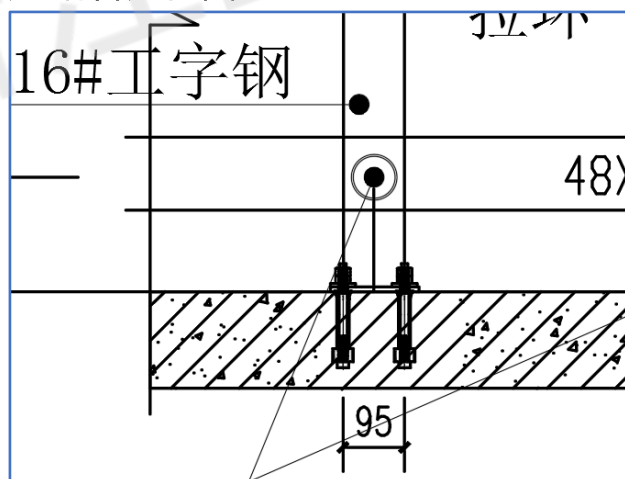


(7)、节点 3：悬挑梁与建筑物螺栓连接节点

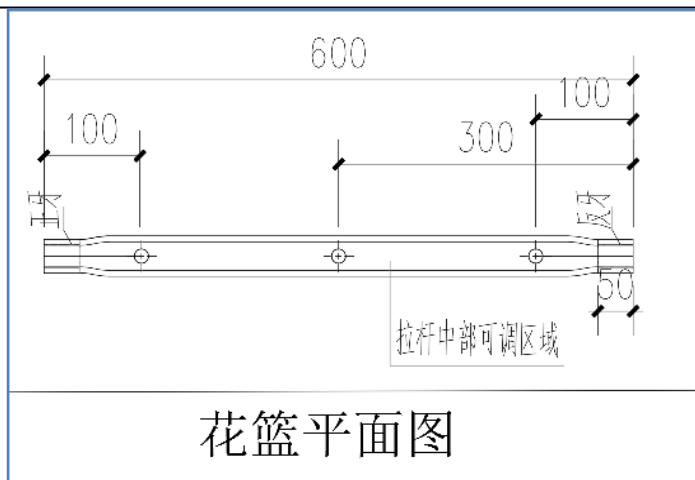


主梁与结构螺栓连接详图

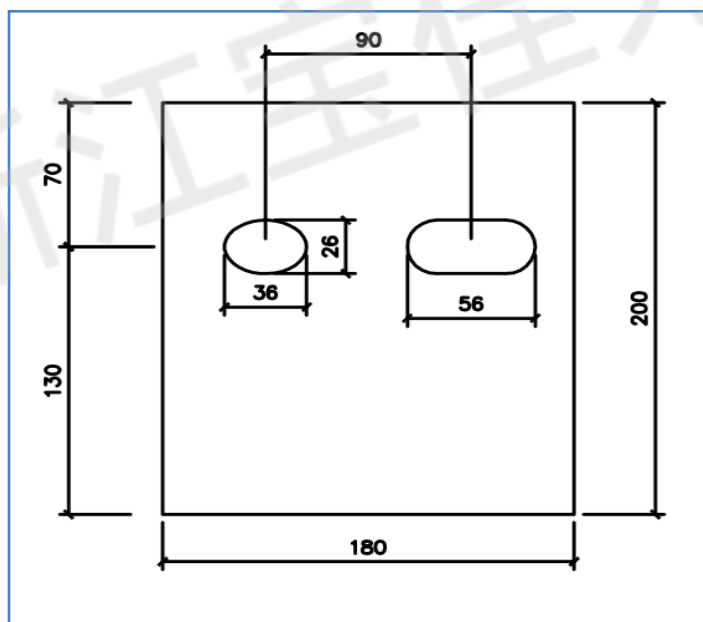
(8)、螺栓孔预埋钢管定位图:



(9)、闭式花篮详图



(10)、主梁端板



(11)、节点实物照片

	
180mm 预埋件	工字钢端板
	
M20*230 双丝螺杆	M20 插销
	
拉杆下端连接板	拉杆上端连接板

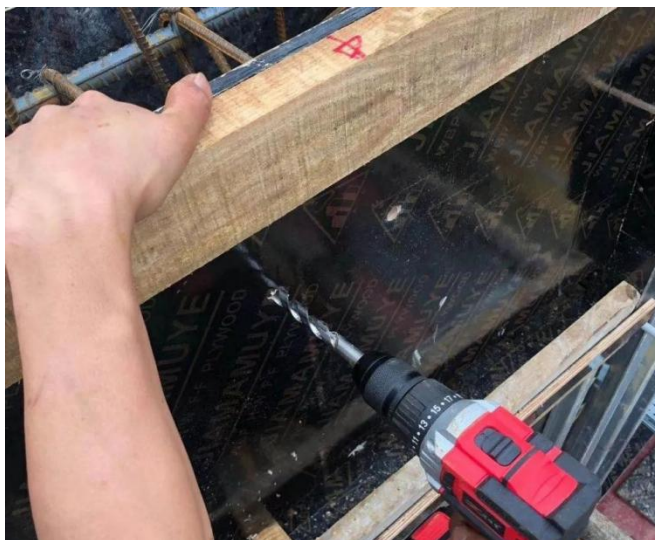
	
悬挑梁拉杆连接板	600mm 花篮
	
组装完成的钢拉杆	悬挑梁



2、悬挑架安装

1.预埋固定

(1) 以“悬挑梁平面布置图、悬挑梁点位预埋布置图、拉杆预埋点位布置图”为导航，对各号楼楼现场进行预埋（内、外侧模板组装好及钢筋布设好，浇筑混凝土前，进行预埋）。



电钻打孔预埋，无需拉线接电



(2) 每根悬挑梁，在外侧模板上开两个 $\Phi 1.25\text{cm}$ 的圆孔，再通过配套专用的螺杆（ $\phi 12$ ）临时固定，确保混凝土浇筑过程中预埋件不会产生偏位。

斜角工字钢预埋点位一般离墙 400mm 到中。

(3) 预埋件安装时，需确保预埋件与模板接触面的无缝隙紧贴，防止砼浇捣时，混凝土浆水渗入到预埋件的管内部。

(4) 预埋件安装完毕后，砼浇捣时，严禁振动棒直接与预埋件接触，以确保预埋件不被损坏或发生偏移。

(5) 固定螺杆使用完毕后（无论是在悬挑层或上拉层使用完毕后），均应及时回收、保管好，以备下挑安装预埋件时使用（固定螺杆，每栋楼仅配 1~2 挑，需注意保管）。

为保证新型悬挑承力架安装后的整体美观，双拉杆、悬挑梁这二项预埋件的设置，均应尽可能设置在相对同一高度。为提高预埋件的使用安全，确保预埋件的受力最大化，所有预埋件位置的设置，应在结构面往下 14cm-40cm 处

（见上图）为最佳预埋位置。

2. 现场预埋时, 务必确保同根悬挑梁的“两个预埋件”在同一个水平线上(利用水平尺控制水平)。



3.项目首次预埋时, 需提前预埋 3 根*2 组, 共 6 根预埋件, 以备现场“拉拔试验”时使用。上拉杆件的最大轴向拉力设计值为 19.14KN。

(1) 此 6 个预埋件均用 180mm 的长预埋件, 预埋深度 180mm。



(2) 预埋后, 在混凝土浇筑完在同条件养护达到强度要求后, 方可做拉拔试验。

(3) 做拉拔试验时, 我公司提供的计算书内会标示出针对本项目的“受拉承载力设计值”, 当拉拔数据超过设计值时, 可停止试验, 以免造成结构破坏。做完拉拔试验后, 此 6 根高强螺杆可周转至上挑使用

4.安装悬挑架准备工作

(1) 熟悉工程建筑和结构施工图, 根据方案设计熟悉脚手架分段高度(每 4 层一段)、悬挑架沿建筑物纵向间距、悬挑架使用类型(普通型、加长型、超长型)数量, 发现现场情况与设计型号相抵触时, 及时协调解决、修改设计

方案。在此基础上绘制悬挑脚手布置平面图和剖面图，作为施工组织内容之一。

(2) 对悬挑架构配件检查

将悬挑架构配件，对照施工组织设计要求进行全数检查。核对型号、规格、数量、构件外形变化，连结板缺陷，螺栓孔与螺栓匹配。填写检查表：

检查记录表样式：

序号	构件名称	规格	单位	数量	外形尺寸	焊缝	孔眼	其它	检查人
1	普通型挑梁		根						
2	加长型挑梁		根						
3	超长型挑梁		根						
4	8.8 级穿墙螺杆		根						
5	8.8 级连接螺杆		根						
6	花篮		根						
7	斜拉杆		根						
8	压板		片						

注：合格打“√”，不合格打“×”，剔除。

(3) 检查后发现需要更改或补充的，落实有关人员及时处理。

(4) 现场进行试安装，试安装情况及时通报技术及相应部门。

3、架体安装

1) 工字钢的安装

①待混凝土的强达到要求后，拆除梁的侧模，将 20*230 mm 高强螺栓拧入预埋件内。



②将加工好的工字钢端部套入放置好的两个高强螺栓，然后分别在螺栓上加垫片配两个高强螺帽，用扳手将螺帽拧紧（锚固长度 180mm，双螺母，丝牙露出不少于 10mm）若现场预埋不准确，后期采用 $\phi 20$ 膨胀螺栓进行连接，现场抗拉拔试验检测结果不小于 19.14KN。



2) 花篮上下拉杆安装

1. 拉杆拉结螺栓套筒预埋

①待悬挑上一层混凝土达到强度后，拆除梁侧模，将高强螺栓固定在提前埋设好的预埋件内，并将上拉杆的耳板与高强螺栓用双螺母加垫片固定牢固（锚固长度 180mm，双螺母，丝牙露出不少于 10mm）。

②将下拉杆与工字钢上的耳板用高强螺栓加垫片进行初步固定，待上拉杆伸入后牢固固定。

③将花篮螺栓孔与下拉杆丝扣对接不断旋转，然后松开耳板螺丝，将花篮

螺栓伸入上拉杆丝扣旋转，直至旋转不动，然后用工具将花篮螺栓旋转至下拉杆耳板与工字钢耳板正好可以伸入高强螺栓后，及时穿入螺栓并拧紧螺栓。

④最后用工具将闭式花篮旋转至旋转不动，确认拉杆拧紧后(拉杆拧入花篮深度根据花篮两侧的观察孔监测，拉杆拧入深度超过观察孔即可)，结束上下拉杆的安装。



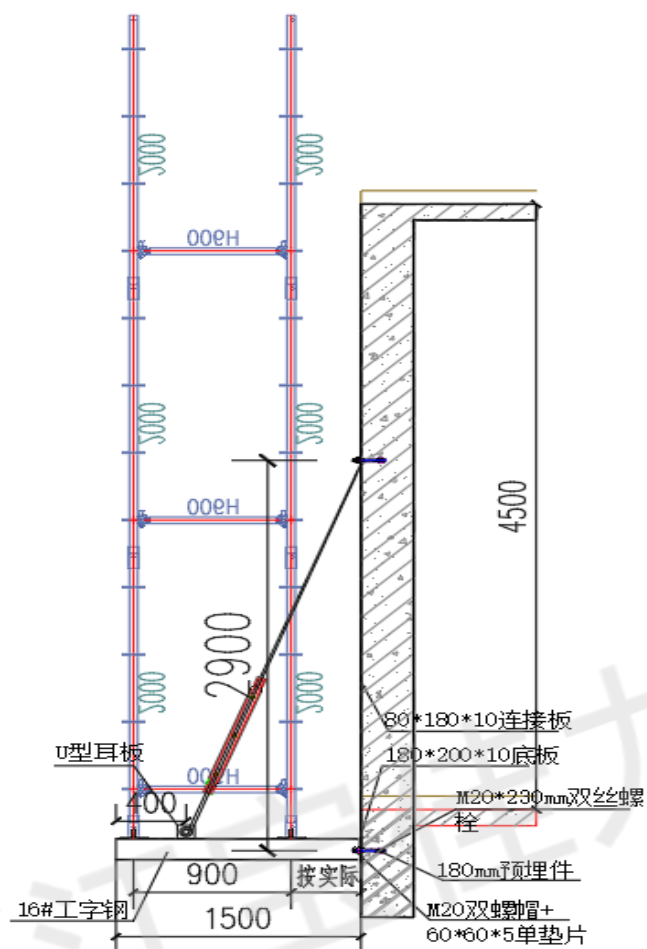
⑤悬挑层脚手架搭设完成后，及时用旧模板将悬挑层采用硬隔离封闭处理，防止杂物下坠伤人。

2. 拉杆安装

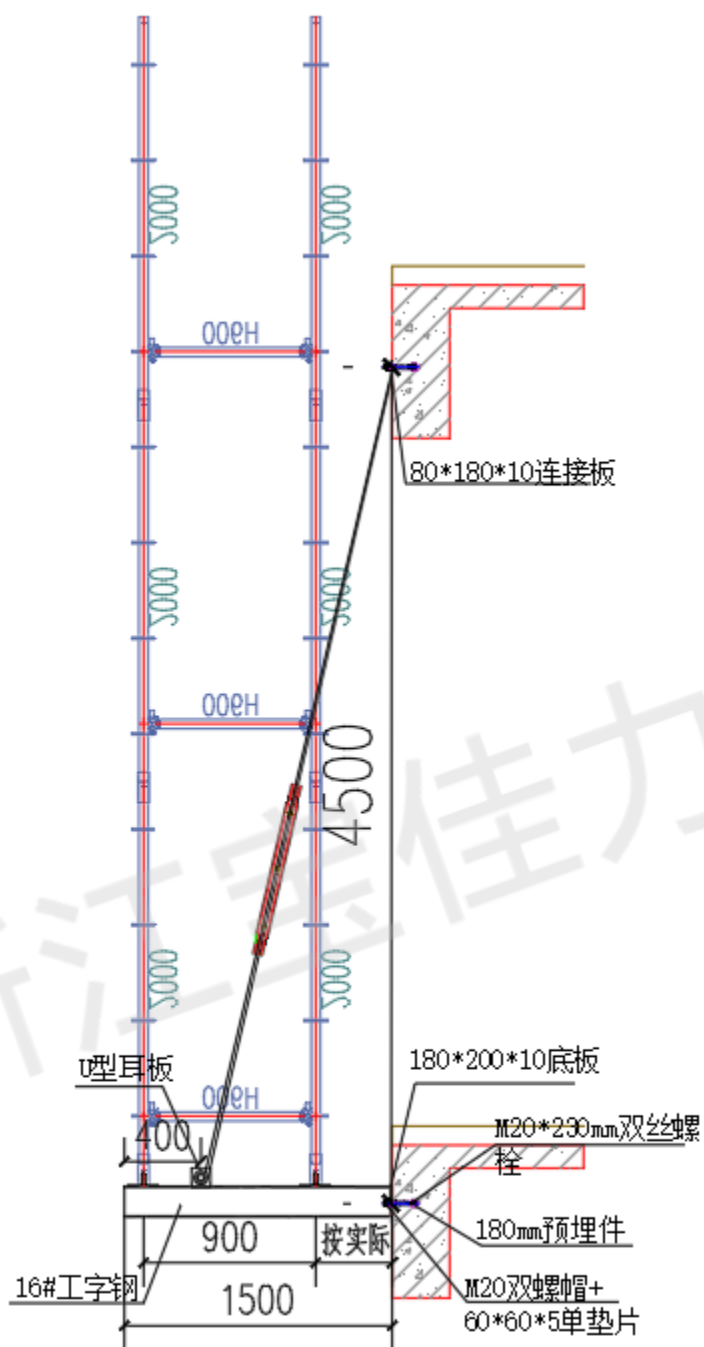
悬挑层上层结构混凝土施工完成，待到混凝土强度达到设计强度等级 C20 后，开始进行拉杆的安装。安装拉杆时，先将两头的拉杆通过套筒组件连接好，调整到合适的长度。然后，分别紧固上节拉杆、下节拉杆，并旋转至预紧状态，此时各拉杆预紧拉力要保持一致。

4、有关注意事项

- (1) 本上拉式悬挑脚手架每段搭设最大高度不超过 20m。
- (2) 悬挑架沿建筑物纵向间距为不大于 1.5m，
- (3) 悬挑架斜拉杆仰角不能太小。普通型挑梁斜拉杆仰角不小于 45°。斜拉杆下端必须靠近外排脚手立杆，不得随意改变下拉连结板位置。
- (4) 超长型悬挑梁斜拉杆(悬挑长度 ≥ 1.8 米时)，采用双根斜拉杆，不得有误。



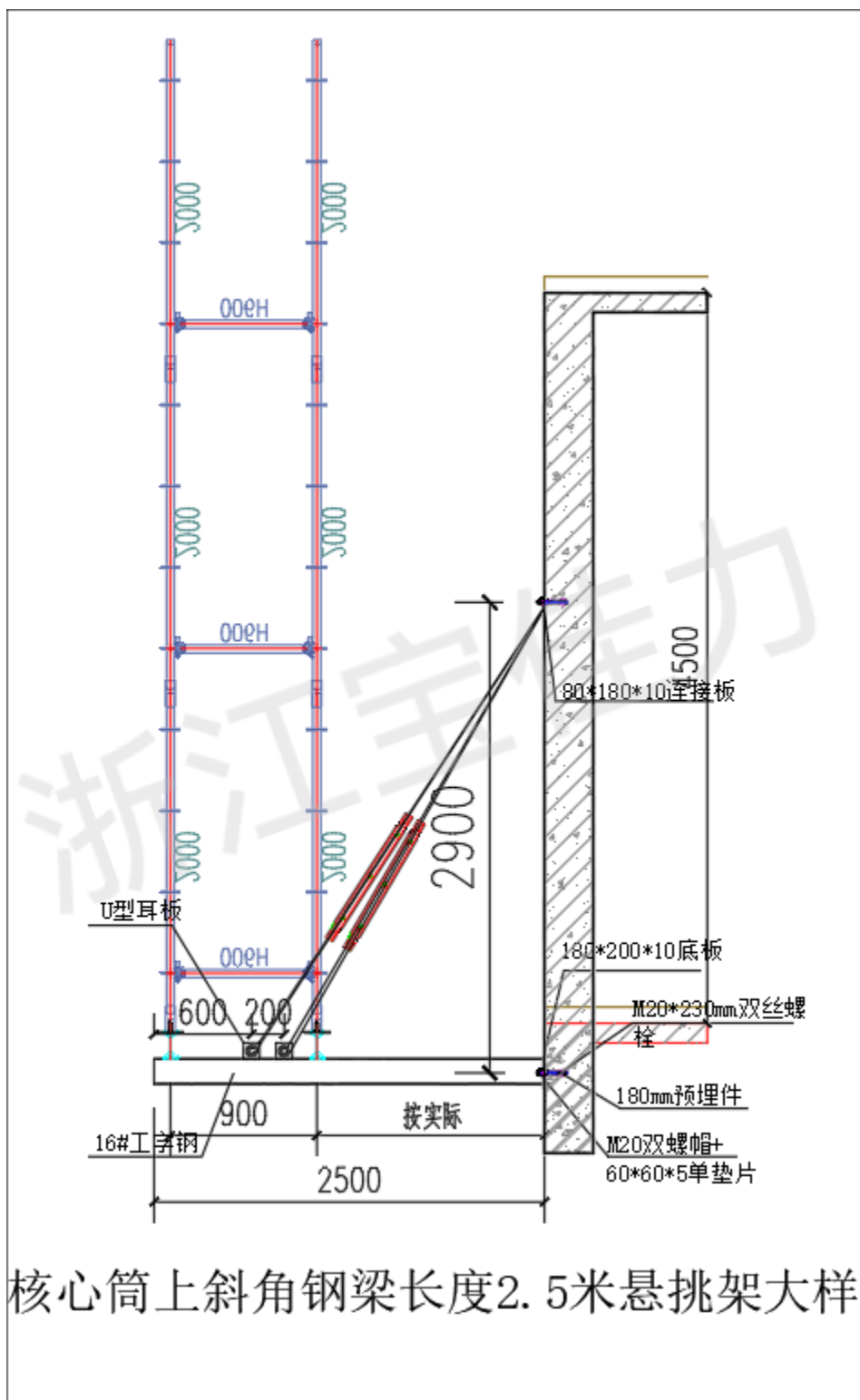
核心筒上直角钢梁长度1.5米悬挑架大样



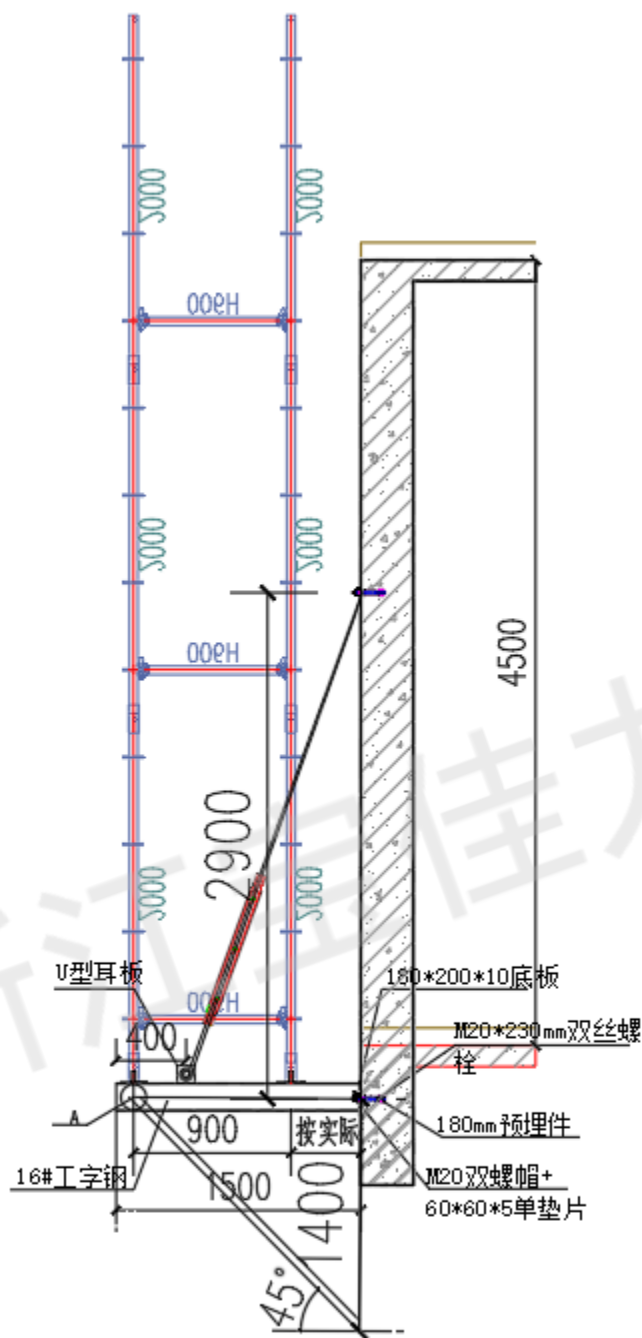
梁上直角钢梁长度1.5米悬挑架大样

(5)、采用上拉杆的悬挑钢梁，双拉杆独立锚固 180mm 并协同张紧，

不需要提前拆除外架不需要采用下撑杆件。



(6) 因 1-A、1-D 区部分钢拱接入需提前拆除外架需下撑,具体详附图 5、附图 6,下撑大样如下



核心筒上直角钢梁长度1.5米悬挑架大样

(7) 悬挑梁斜拉杆上拉点，及挑梁下撑点，预留螺栓孔位置、规格正确。上拉点、下撑点。通常设于砼圈梁处或边梁边处。

(8) 斜拉杆上拉点铁板内侧配备 60*60*5mm 钢垫板，外侧配备

60*60*5mm 钢垫板在钢垫板外配设双螺母，螺栓端外露长度不少于 3 扣或 10mm。确保该点使用可靠不变形。

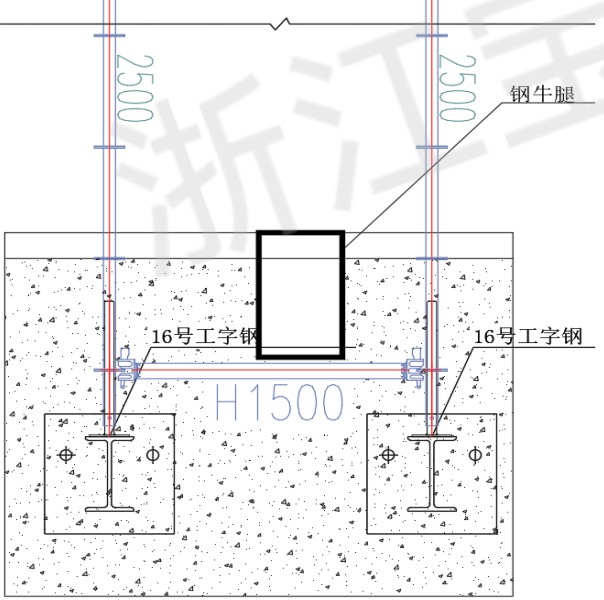
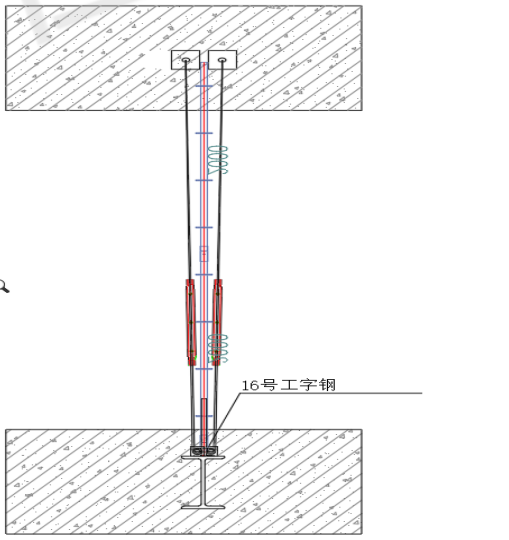
5、特殊部位处理

(1)、悬挑层楼层主体结构混凝土强度等级不低于 C20,并经过实测回弹满足要求后，才能悬挑架受力及拉杆受力。

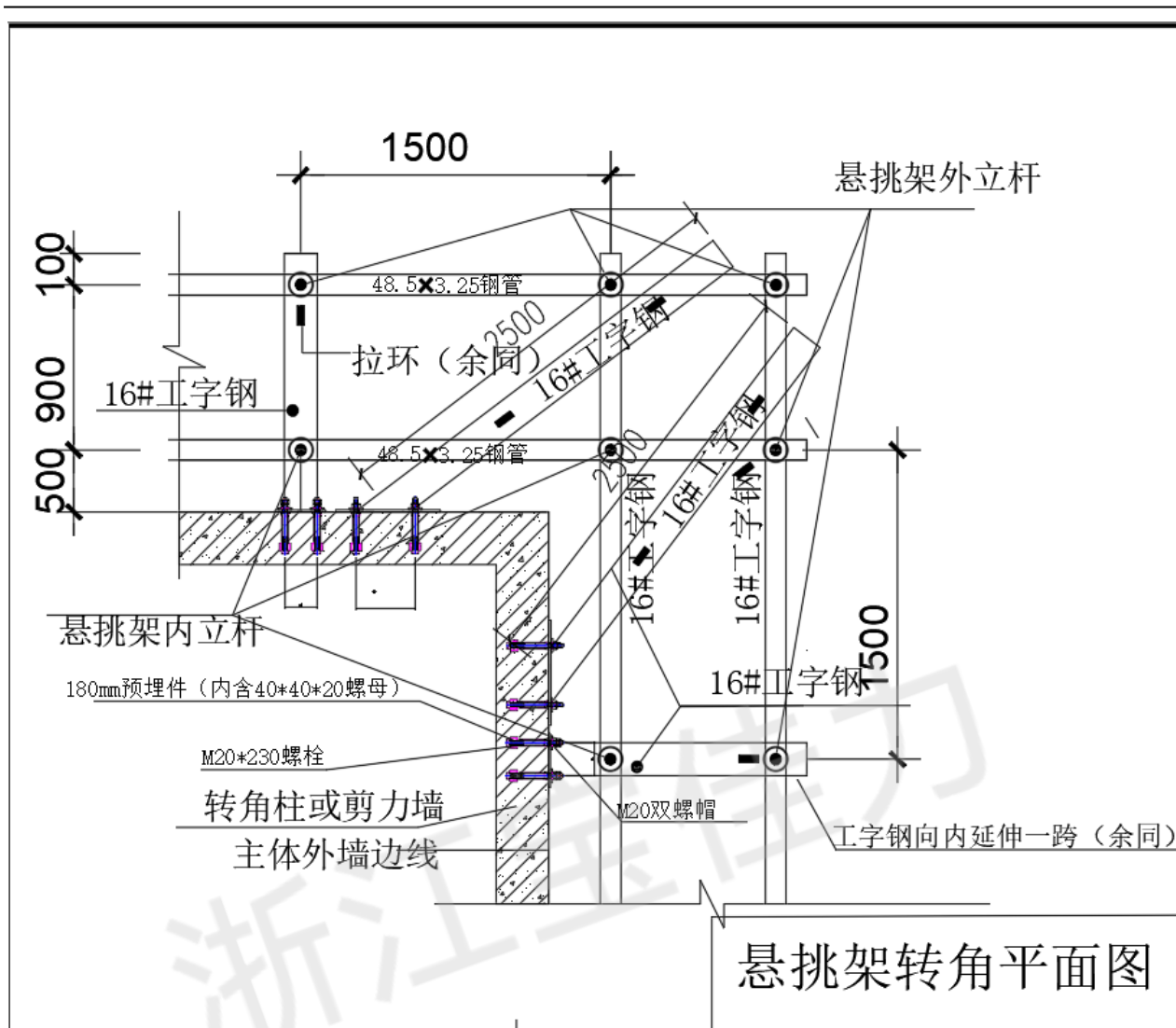
(2)、首层悬挑架搭设未设置拉杆之前，必须借用下部脚手架荷载将悬挑部位顶牢，防止在悬挑层结构未达到结构设计强度前和拉杆未设置前产生不利变形对结构主体和悬挑构件产生不利影响，上部继续悬挑时做法与下部类似。

(3)、悬挑层设置拉杆时，部分位置花篮拉杆与扫地杆位置冲突，盘扣扫地杆难以设置，可采用设置钢管扣件扫地杆或在原扫地杆上方 500mm 位置处设置水平杆的方法进行补强。

(4)、遇到钢牛腿架体搭设大样图及斜角钢梁长 2.5 米上拉杆立面

	
遇到牛腿架子搭设大样图	斜角钢梁长 2.5 米上拉杆立面

(5)、阳角悬挑钢梁与结构节点，连梁与挑梁满焊连接。



6、悬挑架验收

悬挑架完成后，由项目部技术负责人召集，项目经理参加的质量员、安全员、挑架质安负责人进行验收，验收内容如下：

- (1) 材料品种、规格，制作焊缝，查对制作时检查记录。
 - (2) 穿墙高强螺栓品种、规格符合设计要求
 - (3) 螺栓、垫圈或垫板、压板不得漏缺。
 - (4) 拧紧高强螺栓抽查 10%，8.8 级 $\Phi 20$ 螺栓预应力值达 120KN，不合格数不得大于抽查数 5%。
 - (5) 挑梁间距纵向允许偏差不超过 $\pm 50\text{mm}$ 。
 - (6) 挑梁必须水平、水平度小于 $L/1000$ ，且不得大于 20mm。
- 挑梁间高差不超过 $\pm 20\text{mm}$ 。

(7) 验收、整改合格后，资料由专职安全员收集存档，供上级部门或监理检查。

(8) 主体结构承受悬挑脚手架荷载前，预制构件已完成同层灌浆，且养护时间不应小于 24 小时，现浇构件的砼强度应达到混凝土设计强度的 75%，并以现场同条件养护试块强度为准。

1) 悬挑钢梁安装固定完毕后架子搭设前，主要检查安装的尺寸位置，安装是否牢固，顶板混凝土强度是否达到要求。

2) 作业层上施加施工荷载前。

3) 每搭完 10~13m 高度后。

4) 达到设计高度后。

5) 遇有六级大风与大雨后。

6) 停用超过一个月。

(9) 除了按以上几个阶段进行检查外，项目安全部门每周必须对架子进行不少于二次的周检，技术部门安排测量人员及时做好架子的变形观测，观测项目主要是架子的垂直度和变形。

(10) 架子每次的检查验收均由安全检查部门做好检查记录，纳入安全资料内存档。架子验收和定期检查的主要项目：

1) 杆件的设置和连接，连墙件、支撑、卸料平台处的构造

2) 扣件螺栓是否松动

3) 架子的变形

4) 安全防护措施

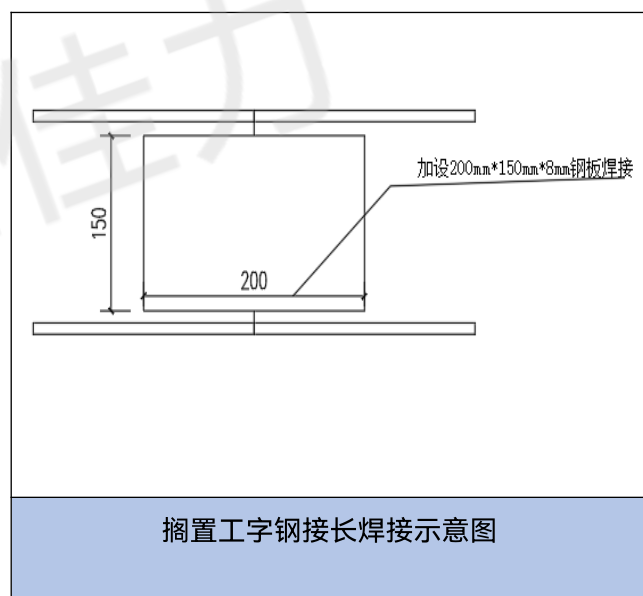
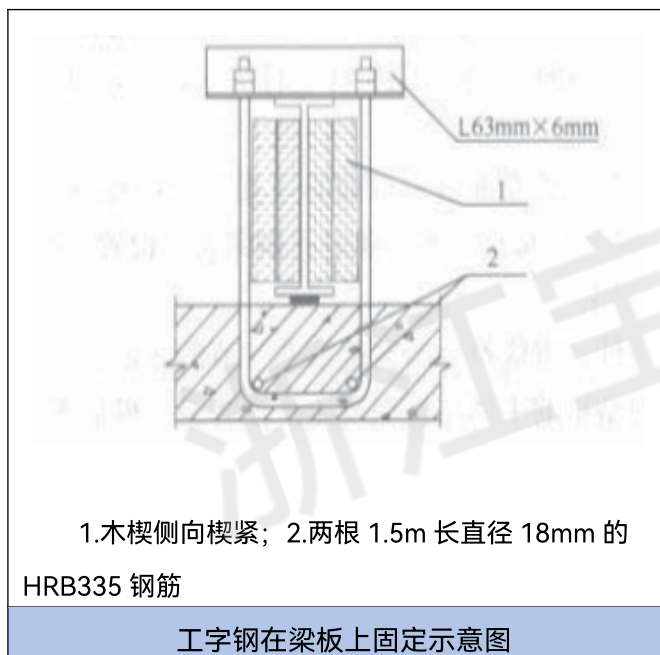
5) 是否超载（最大施工荷载为 3.0KN/m^2 ）

7、结构变化侧构造

1#楼北（1-2）副核心筒在第 10 层 10-11 轴结构变化侧将两根 20#工字钢按落地式盘扣架构造要求采用两钢板 $200\text{mm}\times 150\text{mm}\times 8$ 侧边焊接固定在 9 层结构梁上，工字钢北侧悬挑 1.65m，南侧悬挑 1.65m；在第 11 层 9-10 轴结构变化侧将两根 16#工字钢按落地式盘扣脚手架构造要求搭设在 10 层梁板

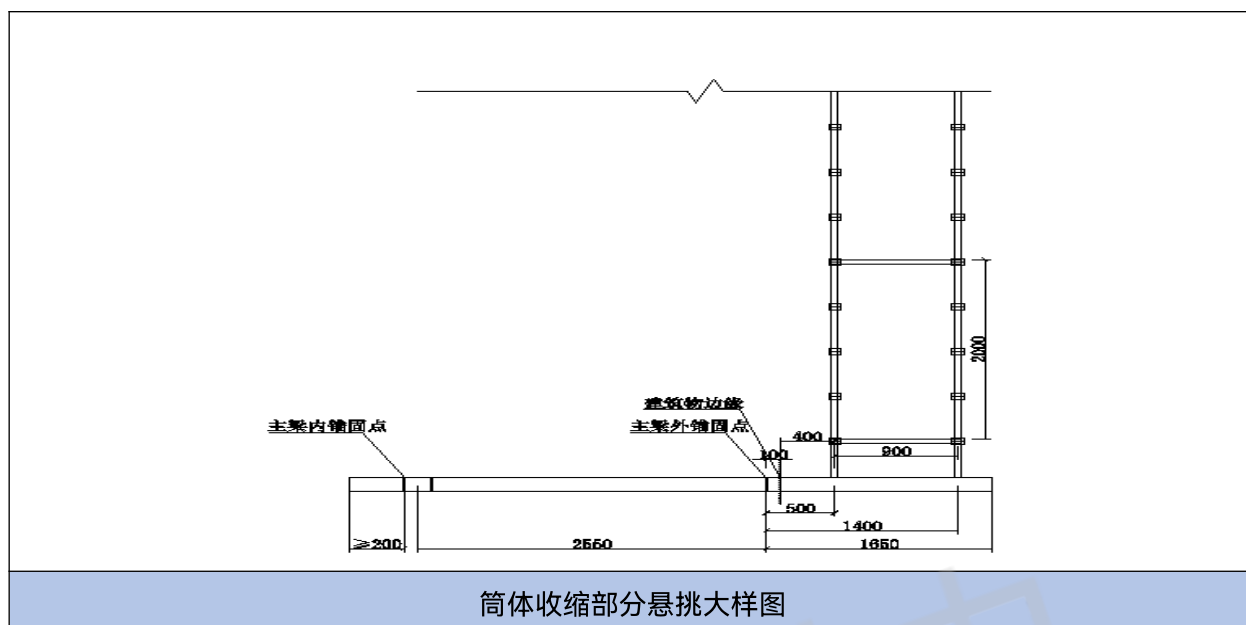
上，工字钢北侧悬挑 1.65m，南侧悬挑 1.65m；在第 12 层 8-9 轴结构变化侧将两根 20#工字钢按落地式盘扣架构造要求采用两钢板 200mm*150mm*8 侧边焊接固定在 11 层结构梁和梯道梁板上，工字钢北侧悬挑 1.65m，南侧悬挑 1.65m。西侧副核心筒结构变化侧处理方法与此相同，详见附图。

2#楼东(2-7) 副核心筒在第 7 层 K-J 轴结构变化侧按将两根 16#工字钢按落地式盘扣脚手架构造要求搭设在 6 层梁板上,工字钢西侧悬挑 1.65m，东侧悬挑 1.65m；第 10 层 H-J 轴结构变化侧将两根 16#工字钢按落地式盘扣架构造要求固定在 9 层结构梁板上工字钢西侧悬挑 1.65m，东侧悬挑 1.65m。南侧副核心筒结构变化侧处理方法与此相同，详见附图。



8、悬挑钢梁上盘扣脚手架搭设

1) .立杆设置



立杆应通过立杆连接套管承插连接，脚手架首层立杆应采用不同长度的立杆交错布置，两个相邻立杆接头避免出现在同步同跨内，并在高度方向错开的距离不小于 50cm。

每根立杆底部立于悬挑工字钢上，工字钢上表面立杆位置采用活动定位桩作为立杆定位件，长度不小于 150mm，脚手架搭设时，立杆套住活动定位桩，通过夹扣固定在工字钢面板上（如下图），并且必须设置纵、横向水平杆。



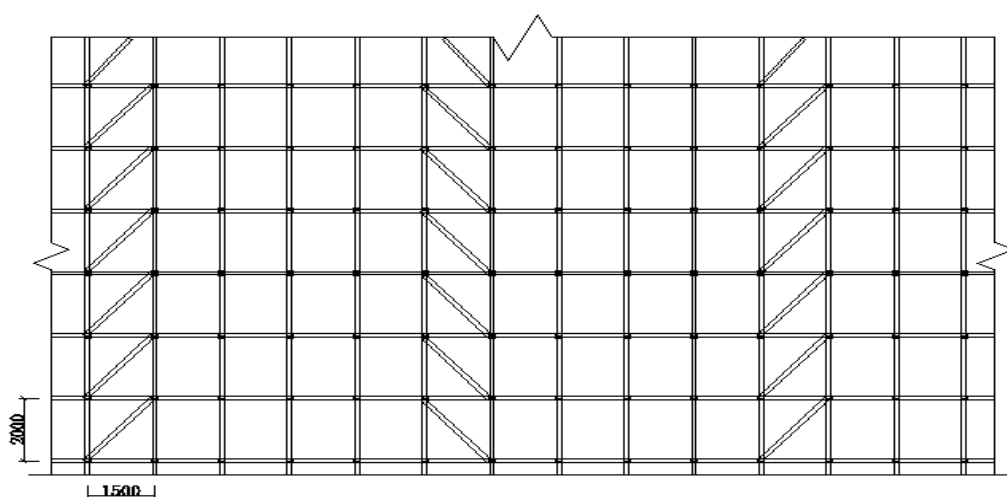
2) .纵横向水平杆设置

架体横向、纵向水平杆采用与盘扣架配套的水平杆，水平杆与立杆的盘扣卡牢固。

架体水平杆步距为 2m，架体外侧每步设置两道防护栏杆，防护上栏杆设置在离作业层 1m 处，防护中栏杆设置在离作业层 0.5m 处。

3) .斜杆设置

盘扣斜杆设置应每隔 4 跨设置一道斜向连续斜杆。



盘扣式脚手架立面图

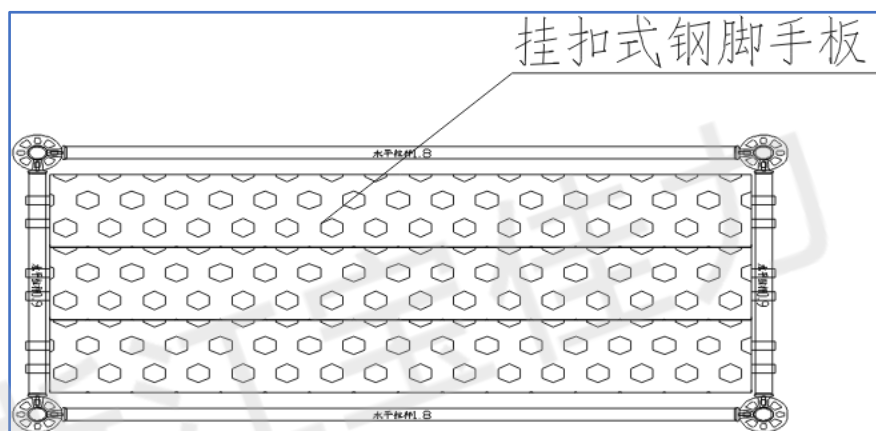
4).脚手板、脚手片的铺设要求

钢脚手板的挂钩必须完全扣在水平杆上，挂钩必须处于锁住状态，在脚手架顶部、底部、作业层及每隔 1 步应满铺脚手板；

作业层的脚手板架体外侧应设挡脚板、防护栏杆，并应在脚手架外侧立面满挂钢架网；防护上栏杆设置在离作业层高度为 1000mm 处，防护中栏杆设置在离作业层高度为 500mm 处。

当脚手架作业层与墩柱外侧面间隙较大时，应铺放能形成脚手架内侧封闭的脚手板。

严禁使用其它材质的脚手板。



5) .外架钢网安全立网，应符合下列要求：

(1)、钢网片应按照设计要求和安装图纸的要求进行铺设，确保铺设位置准确、尺寸准确，排列整齐；

(2)、钢网片应按照相关标准加工制作，保证细节处的质量，并在制作后进行检查，确保其质量满足要求；

(3)、铺设之前，需要清理基面，确保其平整、无毛刺、无油污、无灰尘等杂质。铺设过程中还需要保证环境清洁，防止灰尘等杂物进入；

(4)、铺设钢网片需要使用专用工具，保证安装质量，防止损坏钢网片，并按照设计要求分批铺设；

(5)、钢网片应该密铺，每根骨架上最多安装 2-3 块钢网片。钢网片应安装整齐，仔细对齐，拼缝间隙应符合要求；

(6)、在铺设过程中，不得弯折或者擦伤钢网片，如有发现需及时更换；

(7)、安装后，需要进行验收，确保钢网片符合设计要求和相关施工标准，没有变形和损坏等缺陷。

6).架体内封闭

脚手架首层及顶层必须设置水平封闭隔离,中间每隔 2 层且不超过 10 米与建筑物之间应进行水平封闭隔离;

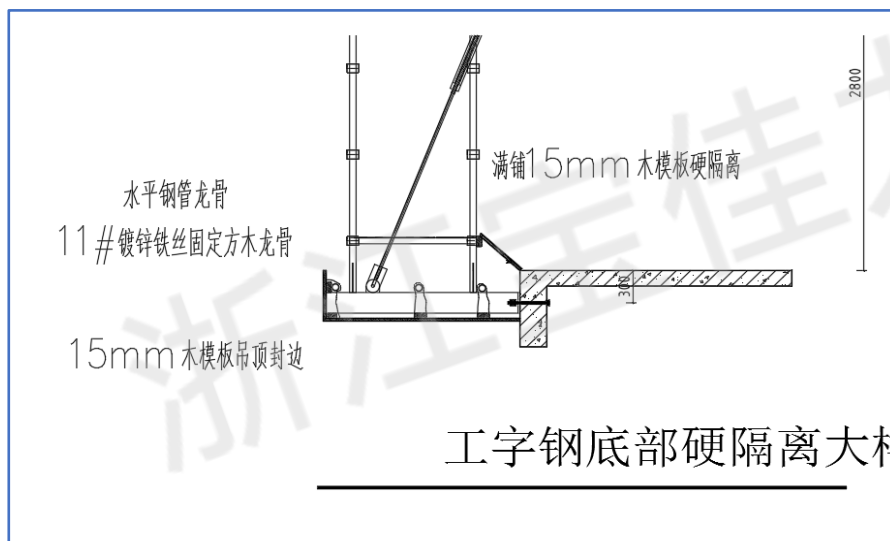
脚手架内立杆距墙体净距大于 200mm 且小于 300mm 时应设置内封闭并能有效防止建筑杂物坠落;



脚手架内立杆距墙体净距大于或等于 300mm 时应应铺放能形成脚手架内侧封闭的脚手板。



悬挑架底部采用硬质封底防护。



7) .连墙件

连墙件应采用可承受拉压的刚性杆件，连墙件与脚手架及墙面应保持垂直，同一层连墙件宜在同一水平面。本工程连墙件采用预埋螺栓钢管连接，连墙件按一步两跨（实际按每半层两跨）布置，即脚手架与建筑物按水平方向3m，垂直方向按楼层标高布置拉结点。拉结点在转角3跨范围内和顶部等特殊部位需进行加密处理。

拉结点应保证牢固，防止其移动变形，且尽量设置在外架纵横向水平杆接点处。连墙件应设置在有水平杆的盘扣节点旁，连接点至盘扣节点距离不应大于300mm；当偏离主节点大于300mm时，内外立杆全部拉结或者增设主节点，即在连墙件外架拉结点位置加设水平横杆。

在脚手架的拐角处、顶部、开口处等必须设置连墙件；

在脚手架搭设过程中，当脚手架下部暂不能搭设连墙件时，应采取抛撑措施确保脚手架稳定。

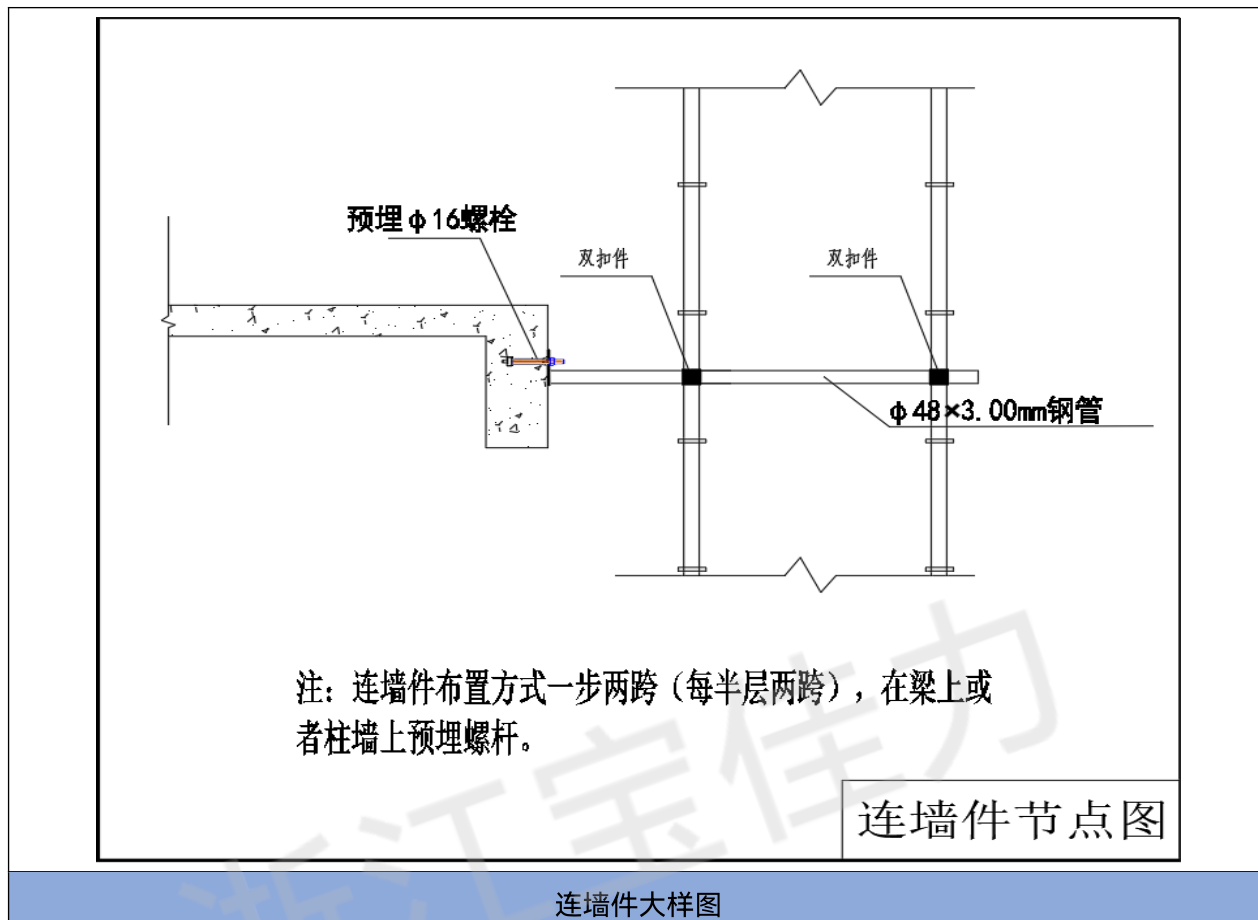
每一层连墙件设置在结构梁及剪力墙上，连墙件预埋位置距结构面下100mm，具体详见附图。

连墙件应从底层第一步纵向水平杆处开始设置，当该处设置有困难时，应采用其它可靠措施固定；

外墙装饰阶段拉结点，也须满足上述要求，确因施工需要除去原拉结点时，必须重新补设可靠，有效的临时拉结点，以确保外架安全可靠；

连墙杆与墙的连接方法：在剪力墙（梁）预埋 $\phi 16$ 预埋螺栓（预埋180mm，若现场漏放或位置偏位，后期采用 $\phi 16$ 膨胀螺栓进行连接，现场连墙件抗拉拔试验检测结果不小于10.2KN。），用单螺母螺栓和短钢管连接，短钢管与架体的纵向水平杆或立杆相连接。现场连墙件抗拉拔试验检测结果不小于10.2KN。

连墙件节点图：



连墙件构件图：



连墙件构件图

8).防雷避电措施

采用避雷针与水平杆连通、接地线与整幢建筑物楼层内避雷系统连成一体的措施。每个单体建筑设置 4 根避雷针，采用直径 12 镀锌钢筋制作，高度不小于 1m，设置在脚手架四角立杆上，并将所有最上层的大横杆全部连通，形成避雷网络。

接地采用 40×4 的镀锌扁钢，将立杆与整幢建筑物楼层内避雷系统连成一体。接地线应保证接触面牢靠，与立杆连接时应用 2 道螺栓卡箍连接，螺丝加弹簧垫圈以防松动并保证接触面不小于 10mm²，并且将表面油漆及氧化层清除，露出金属光泽并涂以中性凡士林。

接地线与建筑物楼层内避雷系统的设置按照脚手架的长度不超过 50m 设置一个，位置不得选用施工人员经常走动的地方，以避免跨步电压的危害，防止接地线遭受机械伤害。两者连接采用焊接，焊接长度应该大于 2 倍的扁钢宽度。焊完后，再用接地电阻测试仪测定电阻，要求冲击电阻不大于 10 欧，同时注意检查与其他金属物或埋地电缆之间的安全距离（一般不小于 3m）以免发生击穿事故。

9).架体防火措施

建立消防安全领导小组、消防组织，设立防火小组和义务消防队，完善消防安全制度，对进入本工程现场施工的所有单位，不论总包分包形式如何，均应签订消防安全责任书，并加强对分包单位的检查监督。对员工进行消防安全教育，进行定期和经常性的防火检查，及时消除火灾隐患，并经常对员工进行消防法规、防火安全的宣传教育、培训、考核等。认真贯彻执行“预防为主、防消结合”的工作方针。本着自防自救的原则，实行严格、科学管理。按施工现场防火规定，在工地以下各区域配备必要的灭火器具：食堂餐厅、木工棚、钢筋棚、机棚、传达室以及每层楼梯通道口，定人定期检查其可靠性。

落实各级防火责任制和岗位防火责任制，实行“谁主管、谁负责，谁施工、谁负责”。

现场合理配合消防措施，施工现场各幢号设置消防水管，在各幢号首层（主要进出口处）设置消防栓，配置消防软管和水枪。楼层隔层设一个消防栓，消

防水管随楼层加高，直至屋面。首层设置备用加压泵，备用水池可利用工程生活、消防水池。

每层楼梯口配置两个灭火器。

外脚手架上严禁堆放材料保证畅通。各幢号设置安全通道指示牌并保证畅通。

电、气焊作业：焊割作业区与气瓶距离，与易燃易爆物品距离符合安全规定距离，焊割设备上的安全附件要保证完整有效，作业前应有书面防火交底，清理易燃物品，作业时备有灭火器材，作业后清理杂物，切断电源、气源。在架体上进行电焊气割等明火作业时应先办理申报手续，在征得项目安全部门批准然后在专人监护的情况下实施；并携带灭火器，下边要垫铁皮接住焊渣。

发现有火灾苗子，应立即采取有效措施进行扑救。发生事故，及时抢救，保护好现场，并向有关部门报告，根据“四不放过”的原则，协助调查火灾原因，并作出整改意见和防范措施。

凡是检查中发现的问题，必须定人、定时间、定措施整改，整改后进行验收，消除事故隐患

10) .外架拆除施工

1、 施工条件

脚手架拆除前，必须由单位工程负责人召集各有关专业人员全面检查脚手架的连墙件、支撑体系等是否符合构造要求；确认不需要脚手架时，方可拆除。拆除时组织对材料的及时转运,不能集中堆放地下室顶板上，形成集中荷载，经审批后方可实施。

拆除外架前需清除脚手架上的方木、模板、砣、钢管、扣件等杂物。

所有外架作业人员必须持有有效的特种人员操作证，上岗前必须根据现场施工状况和《施工安全条例》对其进行书面的和详细的安全、质量、技术交底，并做到签字手续齐全。

项目部成立外架施工作业领导小组，负责对作业人员进行相关的安全质量技术交底和施工过程的监督、检查。

脚手架施工时必须设置安全警戒区及警戒喇叭，并应补充安全警戒区距离外架外立杆的宽度不应小于 10m，长度应超出拆除外架纵向的两端各不应小于 10m 的范围，以及在脚手架拆除期间必须有安全员监管，严禁人员进入安全警戒区的要求，安全员现场巡查，并派专人看管。

双排脚手架拆除作业必须由上而下逐层进行，严禁上下同时作业，连墙件必须随脚手架逐层拆除，严禁先将连墙件整层或数层拆除后再拆脚手架；分段拆除高差大于两步时，应增设连墙件加固。

2、拆除施工工艺流程

盘扣式钢管脚手架施工顺序：先搭的后拆，后搭的先拆。先从钢管脚手架顶端开始、由上至下逐层拆除；同一楼层的拆除顺序是：安全网→挡脚板（或侧挡板）→栏杆扶手→斜杆→横向斜撑杆→纵向水平杆→横向水平杆→脚手板→连墙件→立杆→钢拉杆→连系梁→型钢悬挑梁。并按一步一清的原则进行，所有的连墙件应随脚手架逐层拆除。拆除作业严禁上下同时进行。

3、施工方法

(1) 严格按拆除顺序拆除：自上而下，先搭的后拆，后搭的先拆。自上而下逐步进行，一步一清，不得采用踏步式拆法。

(2) 拆除部分与保留部分必须界限明确，拆完一步随即做好保留部分的防护，端头用 栏杆防护后满挂安全网防护。

(3) 严禁上、下同时作业，保证操作安全。

(4) 拆除较长杆件，必须二人配合作业。

(5) 拆下的立杆、水平杆应按长短分别堆放，吊运，严禁长短混运。

(6) 严禁连拆数层连墙杆后拆除脚手架，防止脚手架晃动大，施工不安全，避免脚手架失稳倾倒，分段拆除，高差不大于二步架。

(7) 过程中，必须划设警戒区及警戒喇叭，安排专人看守，不准无关人员进入。

(8) 严禁乱抛物件，做到稳拿稳放。

(9) 拆下的杆件要清理保养，钢架网折叠整齐，堆放至遮雨通风处，水平

杆、立杆集中送到指定地点堆放。

(10) 做好外墙清理和现场文明施工工作。运至地面的构配件应及时检查、整修与保养，并按品种、规格分别存放。

(11) 架体拆除作业应专人指挥，当有多人同时操作时，应明确分工统一行动，且应具有足够的操作面。

(12) 卸料时各构件严禁抛掷至地面。

拆除脚手架以前要逐项落实的重点工作内容

序号	工作内容	注意事项	完成时间	备注
1	拆除脚手架时，地面要设围栏和警戒标志，并派专人看守，严禁非操作人员入内	要根据脚手架的实际搭设高度来确定警戒线和建筑物的距离，看守的人员数量也要确定	根据施工进度，拆架前完成	
2	拆除前全面检查脚手架的扣件连接、连墙件、支撑体系等是否符合构造要求	要安排专人负责牵头，组织足够的人力认真细致的进行检查	根据施工进度，拆架前完成	
3	安排好脚手架各构配件的垂直运输设备	严禁将脚手架各构配件抛掷至地面	根据施工进度，拆架前完成	
4	安排好脚手架各构配件的整理清点、清理、运输、退租等事宜	确定专门的人员负责，安排专门的班组进行工作	根据施工进度，拆架前完成	
5	进行全面的安全技术交底	由项目部安全负责人向项目部的管理人员进行一级安全技术交底，由负责脚手架拆除专项工作的工长向作业班班组进行二级安全技术交底，由班组长向有关的操作工人进行三级安全技术交底	根据施工进度，拆架前完成	
6	确定好脚手架拆除的顺序	按安装脚手架的相反顺序来拆除脚手架，每一步的拆除顺序为：安全网→防护栏杆→挡脚	根据施工进度，拆架前完成	

		板→跳板（如钢笆下垫有纵向填芯杆，那么下一个就拆纵向填芯杆）→小横杆→大横杆→立杆。另外要根据拆除的步数情况来适时拆除剪刀撑和连墙杆，并及时将脚手眼堵上		
7	脚手架上临时堆载检查	负责旁站跟踪的专职安全员要及时检查脚手架上的堆载情况，拆下的脚手钢管等构件要随拆随调运到地面指定位置，严禁超过脚手架的设计允许荷载值。	根据施工进度，拆架前完成	
8	脚手架拆除人员必须是经过按现行国家标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》（GB5036）考核合格的专业架子工，上岗人员的素质要求	应定期体检，合格者方可持证上岗	根据施工进度，拆架前完成	
9	操作人员正确使用安全防护用品	搭设脚手架人员必须戴安全帽系安全带穿防滑鞋	根据施工进度，拆架前完成	

当脚手架不能连续搭设时，如必须独立设置，脚手架不能形成闭合的整体，为防止脚手架在断口处可能发生的沉降，沿卸料平台两侧应单独设置悬挑梁而不受立杆纵距的限制，且须单独设置连墙件。

外脚手架遇塔吊、物料提升机、卸料平台开口或者断口处需每层加密设连墙件与建筑物做可靠的刚性连接，且还必须设置横向斜撑。

四、脚手架搭设技术措施

- 1、脚手架的构造体系应完整，脚手架应具有整体稳定性。
- 2、应根据施工方案计算得出的立杆纵横向间距选用定长的水平杆和斜杆，并应根据搭设高度组合立杆、基座、可调托撑和可调底座。

- 3、脚手架搭设步距不应超过 2m。
- 4、脚手架的竖向斜杆不应采用钢管扣件。
- 5、当标准型(B 型)立杆荷载设计值大于 40kN，或重型(Z 型)立杆荷载设计值大于 65kN 时，脚手架顶层步距应比标准步距缩小 0.5m。
- 6、脚手架施工前应根据施工现场情况、地基承载力、搭设高度编制专项施工方案，并应经审核批准后实施。
- 7、操作人员应经过专业技术培训和专业考试合格后，持证上岗。脚手架搭设前，应按专项施工方案的要求对操作人员进行技术和安全作业交底。
- 8、对进入现场的脚手架构配件，使用前应对其质量进行复检。
- 9、经验收合格的构配件应按品种、规格分类码放，并应标挂数量、规格铭牌。构配件堆放场地应排水畅通、无积水。
- 10、脚手架搭设场地必须平整、坚实、有排水措施。
- 11、作业架连墙件、托架、悬挑梁固定螺栓或吊环等预埋件的设置，应按设计要求预埋。
- 12、脚手架立杆应定位准确，搭设必须配合施工进度，一次搭设高度不应超过相邻连墙件以上两步距。
- 13、连墙件必须随脚手架高度上升在规定位置处设置，严禁任意拆除。
- 14、作业层设置应符合下列要求：
 - (4)、应满铺脚手板；
 - (5)、双排外作业架外侧应设挡脚板和防护栏杆，防护栏杆可在每层作业面立杆的 0.5m 和 1.0m 的连接盘处布置两道水平杆，并应在外侧满挂密目安全网；
 - (6)、作业层与主体结构间的空隙应设置水平封闭隔离；
 - (7)、当采用钢脚手板时，钢脚手板的挂钩应稳固扣在水平杆上，挂钩应处于锁住状态。
- 15、加固件必须与脚手架同步搭设。采用扣件钢管做加固件、斜撑时应符合现行行业标准《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规程》JGJ130-2011

的有关规定。

16、作业架顶层的外侧防护栏杆高出顶层作业层的高度不应小于1500mm。

17、当立杆处于受拉状态时，立杆的套管连接接长部位应采用螺栓连接。。

18、定期检查脚手架，发现问题和隐患，在施工作业前及时维修加固，以达到坚固稳定，确保施工安全。

19、脚手架可分段搭设分段使用，应由工程项目技术负责人组织相关人员进行验收，符合专项施工方案后方可使用。

20、作业架立杆应定位准确，并应配合施工进度搭设，双排外作业架一次搭设高度不应超过最上层连墙件两步，且自由高度不应大于4m。

21、双排外作业架连墙件应随脚手架高度上升，在规定位置处同步设置，不得滞后安装和任意拆除。

五、脚手架拆除技术措施

1、作业架应经单位工程负责人检查，报监理确认并签署拆除许可令后，方可拆除。

2、拆除作业前，施工管理人员应对操作人员进行安全技术交底。

3、作业架拆除时，应划出安全区，并设置警戒标志，并派专人看管。

4、拆除前应清理脚手架上的器具及多余的材料和杂物。

5、作业架拆除应按先装后拆、后装先拆的原则进行，不应上下同时作业。双排外脚手架连墙件应随脚手架逐层拆除，分段拆除的高度差不应大于两步。当作业条件限制，出现高度差大于两步时，应增设连墙件加固。

6、连墙件必须在双排脚手架拆到该层时方可拆除，严禁提前拆除。

7、拆除的构配件应采用起重设备吊运或人工传递到地面，严禁抛掷。

8、当脚手架采取分段、分立面拆除时，必须事先确定分界处的技术处理方案。

9、拆除至地面的脚手架及构配件应及时检查、维修及保养，并按品种、规格分类存放。

- 10、拆架的高处作业人员应戴安全帽、系安全带、扎裹腿、穿软底防滑鞋。
- 11、拆除时要统一指挥，上下呼应，动作协调，当解开与另一人有关的结扣时，应先通知对方，以防坠落。
- 12、拆架时严禁碰撞脚手架附近电源线，以防触电事故。
- 13、在拆架时，不得中途换人，如必须换人时，应将拆除情况交代清楚后方可离开。
- 14、高层建筑脚手架拆除，应配备良好的通讯装置。
- 15、当天离岗时，应及时加固尚未拆除部分，防止存留隐患造成复岗后的人为事故。
- 16、如遇强风、大雨、雪等特殊气候，不应进行脚手架的拆除，严禁夜间拆除。
- 17、翻掀垫铺竹笆应注意站立位置，并应自外向里翻起竖立，防止外翻将竹笆内未清除的残留物从高处坠落伤人。

六、检查要求

- 1、根据立杆外径大小，脚手架可分为标准型(B 型)和重型(Z 型)。脚手架构件、材料及其制作质量应符合现行行业标准《承插型盘扣式钢管支架构件》JG/T503 的规定。
- 2、扣件应采用可锻铸铁或铸钢制作，其质量和性能应符合现行国家标准《钢管脚手架扣件》GB15831 的要求，采用其他材料制作的扣件，应经试验证明其质量符合该标准的规定后方可使用。扣件应有生产许可证、法定检测单位的测试报告和产品合格证。扣件进入施工现场应检查产品合格证，并应进行抽样复试。扣件在使用前应逐个挑选，有裂缝、变形、螺栓出现滑丝的严禁使用。扣件在螺栓拧紧扭力矩达 $65\text{N}\cdot\text{m}$ 时，不得发生破坏。新、旧扣件均应进行防锈处理。
- 3、杆端扣接头与连接盘的插销连接锤击自锁后不应拔脱。搭设脚手架时，宜采用不小于 0.5kg 锤子敲击插销顶面不少于 2 次，直至插销销紧。销紧后应再次击打，插销下沉量不应大于 3mm 。

4、插销销紧后，扣接头端部弧面应与立杆外表面贴合。

5、搭设架子前应进行保养，除锈并统一涂色，力求环保美观。

6、脚手板

(1)、冲压钢脚手板的材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 中 Q235 级钢的规定。新脚手板应有产品质量合格证，尺寸偏差应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011 的有关规定，且不得有裂纹、开焊与硬弯。新、旧脚手板均应涂防锈漆，应有防滑措施；

7、原材料应有质量证明书或合格证。

8、立杆不应低于 GB/T1591 中 Q355 的规定；水平杆和水平斜杆不应低于 GB/T700 中 Q235 的规定；竖向斜杆不应低于 GB/T700 中 Q195 的规定。

9、可调托撑和可调底座的钢板的力学性能不应低于 GB/T700 中 Q235 的规定；调节丝杆为空心时的力学性能不应低于 GB/T699 中牌号为 20 钢的规定；调节丝杆为实心时的力学性能不应低于 GB/T700 中 Q235 钢的规定。

10、立杆连接盘采用碳素铸钢制造时,其力学性能应符合 GB/T11352 中 ZG230-450 牌号的规定；采用圆钢热锻制造或钢板冲压时,其力学性能不应低于 GB/T700 中 Q235 的规定。

11、插销采用碳素铸钢制造时,其力学性能不应低于 GB/T11352 中 ZG230-450 牌号的规定；采用圆钢热锻制造时,其力学性能不应低于 GB/T699 中牌号为 45 钢的规定；采用钢板冲压时,其力学性能不应低于 GB/T700 中 Q235 的规定。

12、连接外套管采用碳素铸钢制造时,其力学性能应符合 GB/T11352 中 ZG230-450 牌号的规定；外套管采用挤压工艺在内壁形成台阶式时,其力学性能不应低于 GB/T700 中 Q235 的规定；外套管采用无缝钢管时,其力学性能不应低于 GB/T1591 中 Q355 的规定；内插管采用无缝钢管或焊管,其力学性能不应低于 GB/T700 中 Q235 的规定。

13、扣接头采用碳素铸钢制造,其机械性能应符合 GB/T11352 中 ZG230-450 牌号的规定。

14、钢管应检查直线度,直线度允许偏差为管长的 $1.5L/1000$,两端面应平整。

15、构件长度 L 允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$,其直线度允许偏差为 $1.5L/1000$ 。

16、一铸件尺寸公差应符合 GB/T6414 中 CT7 的规定。

17、承插型盘扣式钢管脚手架的钢管外径允许偏差应符合下表的规定。

表 钢管外径和壁厚允许偏差 (mm)

序号	名称	型号	外径 D	壁厚 t	外径允许偏差	壁厚允许偏差
1	立杆	Z	60.3	3.2	± 0.3	± 0.15
		B	48.3	3.2	± 0.3	± 0.15
2	水平杆、水平斜杆	Z 或 B	48.3	2.5	± 0.5	± 0.2
3	竖向斜杆	Z 或 B	48.3	2.5	± 0.5	± 0.2
			42.4	2.5	± 0.3	± 0.15
			38	2.5	± 0.3	± 0.15
			33.7	2.3	± 0.3	± 0.15

18、立杆杆端面与立杆轴线应垂直,垂直度允许偏差为 0.5mm 。

19、立杆盘扣节点间距应按 0.5m 模数设置,间距允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$,累计误差允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

20、热锻或铸造连接盘的厚度应不小于 8mm ,厚度允许偏差 $\pm 0.3\text{mm}$;钢板冲压的连接盘材质应为 Q355,厚度为 9mm ,厚度公差不应为负偏差;若钢板冲压的连接盘材质为 Q235,厚度为 10mm ,厚度允许偏差 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

21、内壁有台阶的连接外套管的壁厚应不小于 4mm ;采用无缝钢管作外套管的壁厚应不小于 3.5mm ;内插管的壁厚应不小于 3.2mm 。外套管或内插管壁厚公差不应为负偏差。内壁有台阶的连接外套管长度应不小于 90mm ,可插入长度应不小于 75mm ;采用无缝钢管作外套管的长度应不小于 150mm ,可插入长度应不小于 100mm ;内插管形式的连接套管长度应不小于 200mm ,可插入长度应不小于 100mm 。内插管外径与立杆钢管内径间隙应不大于 2mm ;无缝钢管作外套管的内径与立杆钢管外径间隙应不大于 2mm ;内壁有台阶的连接外套管内径与立杆外径间隙应不大于 3mm 。

22、立杆与连接套管应设置固定立杆连接件的防拔出销孔,销孔孔径应不大于 14mm,允许偏差 $\pm 0.2\text{mm}$;立杆连接件直径宜为 12mm,允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

23、水平杆长度宜按 0.3m 模数设置,长度允许偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

24、水平杆和水平斜杆杆端扣接头应平行,平行度允许偏差为 1.0mm。

25、铸钢制作的扣接头与立杆钢管外表面应形成良好的弧形接触,并应有不小于 500mm^2 的接触面积。

26、楔形插销的斜度应确保楔形插销楔入连接盘后能自锁。采用碳素铸钢制造和材质为 Q235 的钢板冲压制作的插销厚度应不小于 8mm,厚度允许偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$;采用圆钢热锻制造和材质为 Q355 的钢板冲压制作的插销厚度应不小于 6mm,厚度允许偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

27、重型立杆应配置直径为 48mm 丝杆和调节手柄,丝杆外径允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$;标准型立杆应配置直径为 38mm 丝杆和调节手柄,丝杆外径允许偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。空心丝杆壁厚包括丝牙,其厚度应不小于 5mm,允许偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$ 。

28、可调底座底板应采用 5mm 厚 Q235 钢板制作,厚度允许偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$,承力面钢板长度和宽度均应不小于 150mm。承力面钢板与丝杆应采用环焊,并应设置加劲片或加劲拱;可调托撑托板应设置开口挡板,端板高度应不小于 40mm。

29、可调底座及可调托座丝杆与螺母旋合长度不得小于 4 扣,螺母厚度不得小于 30mm。

30、悬挑梁采用型钢制作,其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 或《低合金高强度结构钢》GB/T1591 中的规定。

31、联梁承受立杆荷载,固结点应当连接稳定、可靠,所使用的钢材必须表面平整,无锈蚀。截面有足够的抗弯抵抗距,在满载条件下其挠度变形应满足相应设计要求。

32、用于固定悬挑梁的 U 型钢筋拉环或锚固螺栓材质应符合现行国家标

准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB1499.1 中 HPB235 级钢筋的规定。

33、脚手架搭设前,对进入现场的各种构配件应按下列规定进行检查验收,不合格的应及时清除出场

- (1)、构配件应有相应的产品标识及产品质量合格证,型式检验报告;
- (2)、构配件应有相应的产品主要技术参数及产品使用说明书;
- (3)、当对构配件质量有疑问时, 应进行质量抽检和实验。

34、脚手架工程的检查,除查验有关文件外,还应进行现场检查,检查应着重以下各项,并记入施工验收报告。

(1)、构配件和加固否齐件是全,质量是否合格,连接和挂扣是否紧固可靠,钢丝绳是否松动、断股等;

(2)、扶手的设置是否齐全;

(3)、底座是否松动;

(4)、杆件的设置和连接,连墙件、支撑、门洞桁架等的构造是否符合要求;立杆是否悬空;

(5)、垂直度、水平度及立杆的沉降是否合格;

(6)、搭设脚手架时, 严禁攀登架体上下。

(7)、盘扣扣件是否松动;

(8)、架体是否超载;

(9)、悬挑脚手架的悬挑支承结构及与建筑物的连接固定应符合设计和相应规范的规定,锚固装置是否松动、脱落。

35、脚手架检查验收严格按照《建筑施工安全检查标准》JGJ59 的检查评分表进行。

36、脚手架使用期间的检查

(1)、脚手架使用期间必须设专人经常检查;

(2)、检查后不合格部位必须及时修复或更换,符合规定后,方准许继续使用。

37、脚手架必须验收检查合格后办妥脚手架验收手续，在脚手架醒目处挂上脚手架验收合格牌后，方可投入使用。

38、脚手架首层及顶层必须设置水平封闭隔离,中间每隔 1 步与建筑物之间应进行水平封闭隔离。

39、施工人员必须严格执行《建设工程施工安全技术操作规程》。

第五章 施工保证措施

一、组织保障措施

1、安全组织机构

为了脚手架施工能安全、高效的进行，决定成立脚手架施工专项管理小组，由项目经理担任组长，技术负责人、安全负责人担任副组长，安全员、施工员、班组长等相关管理人员为管理小组成员。其管理职责如下：

组长：项目经理（吴棋）。职责：全面负责项目质量、安全管理工作，进行统筹安排。

副组长：项目技术负责人（何跃）、安全生产负责人（张云波）。职责：负责现场质量、安全管理，对项目各项管理工作进行具体安排及对应急预案进行相应深化，并明确各组员岗位职责。

组员：孙科、梁涛、王勇、侯强、张袁、罗杰

职责：

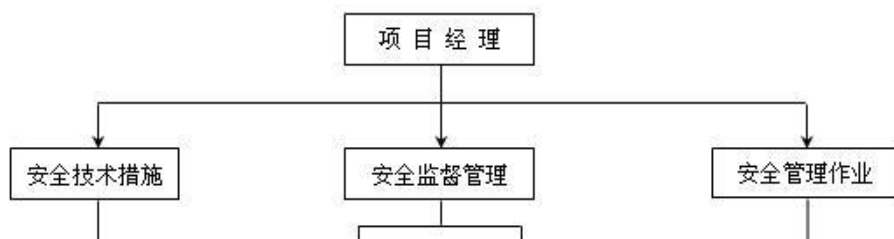
施工员负责模板工程所需物料及设备的调配，搭设现场的人员安排及进度控制；

质检员确保现场物料的质量及设备的安全可用，负责现场架体搭设的质量控制；

安全员负责架体搭设时的变形监测，架体搭设时意外突发情况的报告；

技术员负责高支模搭设时相关资料的收集。

2、安全保证体系



浙江宝佳力

二、技术措施

1、安全保证措施

(1) 搭设人员必须是经过按现行国家标准《特种作业人员安全技术考核管理规则》GB5036 考核合格的专业架子工。上岗人员定期体检，合格者方可持证上岗；

(2) 脚手架搭设作业人员应正确佩戴使用安全帽、安全带和防滑鞋。

(3) 应执行施工方案要求，遵循脚手架安装及拆除工艺流程。

(4) 脚手架使用过程应明确专人管理。

- (5) 应控制作业层上的施工荷载，不得超过设计值。
- (6) 如需预压，荷载的分布应与设计方案一致。
- (7) 脚手架受荷过程中，应按对称、分层、分级的原则进行，不应集中堆载、卸载；并应派专人在安全区域内监测脚手架的工作状态。
- (8) 脚手架使用期间，不得擅自拆改架体结构杆件或在架体上增设其他设施。
- (9) 在脚手架上进行电气焊作业时，应有防火措施和专人监护。
- (10) 脚手架应与架空输电线路保持安全距离，野外空旷地区搭设脚手架应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的有关规定设置防雷措施。
- (11) 架体门洞、过车通道，应设置明显警示标识及防超限栏杆。
- (12) 脚手架工作区域内应整洁卫生，物料码放应整齐有序，通道应畅通。
- (13) 当遇有重大突发天气变化时，应提前做好防御措施。
- (14) 脚手架的构配件质量与搭设质量，应按安全技术规范规定进行检查验收，合格后方准许使用；
- (15) 作业层上的施工荷载应符合设计要求，不得超载。不得将模板支架、揽风绳、泵送混凝土和砂浆的输送管等固定在脚手架上，严禁悬挂起重设备，严禁拆除或移动架体上安全防护措施；
- (16) 夜间不宜进行脚手架搭设与拆除作业；
- (17) 脚手架的安全检查与维护，应按相应安全技术规范进行；
- (18) 脚手板应铺设牢靠、严实，并应用安全网双层兜底，施工层以下每隔 10m 应用安全网封闭；单、双排脚手架、悬挑式脚手架沿架体外围应用密目式安全网全封闭，密目式安全网宜设置在脚手架外立杆的内侧，并应与架体绑扎牢固；
- (19) 临街搭设脚手架时，外侧应有防止坠物伤人的防护措施；
- (20) 工地临时用电线路的架设及脚手架接地、避雷措施等。应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46-2005 的有关规定执行；

(21) 搭拆脚手架时，地面应设围栏和警戒标志，并派专人看守，严禁非操作人员入内。

2、质量技术保证措施

(1) 操作人员作业前必须进行岗位技术培训与安全教育。

(2) 技术人员在脚手架搭设、拆除前必须给作业人员下达安全技术交底，并传达至所有操作人员。

(3) 脚手架必须严格依据本《施工方案》进行搭设；搭设时，管理员必须到现场监督搭设情况，保证搭设质量达到设计要求。

(4) 脚手架搭设完备，依据施工组织设计与单项作业验收表对脚手架进行验收，发现不符合要求处，必须限时或立即整改。

3、文明施工保证措施

(1) 使用完毕的脚手架架料和构件、零件要及时回收、分类整理，分类存放。堆放地点要场地平坦，排水良好，下设支垫，钢管、角钢、钢桁架和其他钢构件最好放在室内，如果放在露天，应用毡、席加盖、扣件、螺栓及其他小零件，应用木箱。钢筋笼或麻袋、草包等容器分类贮存，放在室内；

(2) 弯曲的钢管杆件要调直，损坏的构件要修复，损坏的扣件、零件要更换；

(3) 做好钢铁件的防锈和木制件的防腐处理，钢管外壁在湿度较大地区（相对湿度大于 75%），应每年涂刷防锈漆一次；其他地区可两年涂刷一次。涂刷时涂层不宜过厚。经彻底除锈后，涂一度红丹即可。钢管内壁可根据地区情况，每 2~4 年涂刷一次，每次涂刷两遍。角钢、桁架和其他铁件可每年涂刷一次。扣件要涂油，螺栓宜镀锌防锈，使用 3~5 年保护层剥落后再次镀锌。没有镀锌条件的，应在每次使用后用煤油洗涤并涂机油防锈。木制件应做好防腐处理，钢制件应涂红丹及防锈涂料；

(4) 搬运长钢管、长角钢时，应采取措施防止弯曲。拆架应拆成单片装运，装卸时不得抛丢，防止损坏；

(5) 脚手架使用的扣件、螺栓、螺母、垫板、连接棒、插销等小配件极

易丢失。在安装脚手架时，多余的小配件应及时收回存放，在拆卸脚手架时，散落在地面上的小配件要及时收捡起来；

(6) 健全制度，加强管理，减少损耗和提高效益是脚手架管理的中心环节。比较普遍采用的管理办法有两种

1) 由架子工班（组）管理，采用谁使用、谁维护、谁管理的原则，并建立积极地奖罚制度、做到确保施工需要，用毕及时归库、及时清理和及时维修保养，减少丢失和损耗；

2) 由材料部门集中管理，实行租赁制。施工队根据施工的需要向公司材料部门租赁脚手架材料，实行按天计费和损坏赔偿制度。

4、环境保证措施

(1) 严格执行环境保护相关制度和国家、地方的环保法规、标准，贯彻“预防为主、建设与保护并重”原则。加强施工期生态环境保护管理，建立高效、务实的生态环境保护管理体系，制订相应的生态环境保护管理办法。

(2) 主动接受省、市主管单位的监督管理。

5、季节性施工保证措施

(1) 雨季施工保证措施

①雨季施工前认真组织有关人员分析雨季施工生产计划，根据雨季施工项目编制雨季期施工措施，在雨季来临前各项措施用料准备到位，确保雨季施工的安全和质量。

②成立以项目经理为组长的防汛领导小组，制定防汛计划和紧急预案措施，其应包括现场和与施工有关的周边居民区。

③夜间均设专职的值班人员，保证昼夜有人值班并做好值班记录，同时要设有人员负责收听和发布天气情况。

④应做好施工人员的雨季施工培训工作，组织相关人员进行一次全面检查，内容包括临时设施、临电、机械设备防护等工作。

(2) 台风季节施工保证措施

①制定施工方案时，都要制定相应台风季节施工措施。

②提前制定台风季节施工安全应急预案，一旦台风来临，立即启动台风季节施工应急预案。

③每天密切关注天气预报，在台风登陆前一天，根据所要施工分部分项工程的特点，进行安全技术交底。

④根据天气预报，提前定制材料进场计划，不要因为台风天气原因，造成材料进场滞后。

⑤松散材料要放在专用库房内，防止台风将泡沫板、泡沫板等松散吹走。

⑥台风来临之前，要将外架、飘板等临边处零星材料全部清理干净。

⑦台风期间要加强外架连墙件的巡视，一旦发现被破坏要立即恢复。外架的搭设和拆除尽量避开台风季节。

(3) 夏季高温施工保证措施

①需防暴晒材料采取遮挡措施或入库。

②定期检查并更换因高温引起的安全网、安全绳、防护棚腐蚀等。

③增加现场绿化及道路洒水养护频率。

④根据天气预报发布的高温预报，适时调整露天作业时间，避开高温照射时段。避免因高温引发连锁事故；项目部针对员工高温作业配备如下生活用品：生活用房间配置降温设施，保证工人舒适休息；施工现场及作业楼层配备防暑药品和防暑饮料。

三、监测监控措施

1、监测控制：采用经纬仪、水准仪、卷尺对架体进行监测，主要监测支架的沉降、位移和变形。

2、监测点设置：观测点设置在立杆 1.2m 标高处，用“+”字标出对比点，固定观测标准点在坚固基础上设置，宜采用钢钉或钢筋头在砼中预埋，柱或砼墙边监测点直接在浇筑好的砼上用钢钉钉入砼中作为固定对比观测点。监测点设置间距不超过 20m。【附监测点布置图】

3、监测措施：架体搭设、使用直至完全拆除过程中，派专人检查支架和支撑情况，发现下沉、松动、变形和水平位移情况的应及时解决。

名称	规格	数量	精度
电子经纬仪	DT202C	1	
精密水准仪		1	$\pm 2''$
全站仪一台	RXT-232	1	$\pm 2''$ ，最大允许误差 $\pm 20''$
自动安平水准仪		2	千米往返 $\pm 3\text{mm}$
红外线水准仪		1	
激光垂直仪	DZJ2	1	$h/40000$
对讲机		3	
卷尺	5m	5	
检测板手		1	

5、监测人员配备

根据监测工程量，本工程配备监测人员 4 人，其中 2 人负责对各个观测点的测量，一个人负责记录数据，最后一人负责处理和分析每日的观测数据。

6、监测说明

(1)、班组每日进行安全检查，项目部进行安全周检查，公司进行安全月检查；

(2)、日常检查、巡查重点部位如下：

1)、杆件的设置和连接，扫地杆、连墙件、支撑，剪刀撑等构件是否符合要求；

2)、连墙件是否松动；

3)、架体是否有不均匀沉降，垂直度偏差；

4)、施工过程中是否有超载现象；

5)、安全防护措施是否符合规范要求；

6)、架体与杆件是否有变形现象；

7)、卸荷钢丝绳受力状态，有无松动现象；

第六章 施工管理及作业人员配备和分工

一、施工管理人员

序号	职务	姓名	岗位职责
1	项目负责人	吴棋	对项目现场全面负责
2	项目技术负责人	何跃	编制相关方案编制并进行技术交底
3	生产负责人	曹启彬	负责方案现场执行及监督检测
4	安全负责人	张云波	进行隐患排查, 确保架体施工安全
5	施工员	汪宪宝	落实施工方案, 协调相关事宜
6	技术员	罗涛	负责对施工方案进行复核, 解决现场存在问题
7	质量员	梁涛	对搭设架体进行监督、质量验收
8	材料员	任彬	进场材料验收、检查
9	班组长	王德均	监督、组织工人搭设架体

二、专职安全人员

搭设过程中, 因处在施工高峰期, 各施工班组在交叉作业中, 故应加强安全监控力度, 现场设定若干名安全监控员。水平和垂直材料运输必须设置临时警戒区域, 用红白三角小旗围栏, 谨防非施工人员进入。

1、总包单位根据相应规模现场设定 1-3 名专职安全员(1 万平方米以下的工程不少于 1 人; 1 万-5 万平方米的工程不少于 2 人; 5 万平方米及以上的工程不少于 3 人, 且按专业配备专职安全生产管理人员)。

序号	职务	姓名	职责
1	专职安全人员	张云波	负责现场安全检查工作
2	专职安全人员	邓洪	负责现场安全检查工作
3	专职安全人员	王勇	负责现场安全检查工作
4	专职安全人员	谢冲	负责现场安全检查工作
5	专职安全人员	郑洋	负责现场安全检查工作

三、特种作业人员

为确保工程进度的需要，同时根据本工程的结构特征和花篮式悬挑脚手架的工程量，确定本工程花篮式悬挑脚手架搭设按下表配置人力资源，操作工均有上岗作业证书，名单如下：

序号	姓名	职务	颁发单位	证书编号
1	李国林	电工	重庆市应急管理局	T512925197604142510
2	杨长寿	电工	重庆市应急管理局	T510221197111125119
3	吕玉红	电工	重庆市应急管理局	T510229197703257191
4	杨延成	焊工	山东省住房和城乡建设厅	鲁 P072022000616
5	张建	焊工	山东省住房和城乡建设厅	鲁 D072022000179
6	张敏	焊工	内蒙古自治区应急管理厅	T152324198107241110
7	康琼	塔吊司机	杭州市城乡建设委员会	浙 A0412016000495
8	熊章平	塔吊司机	浙江省住房和城乡建设厅	浙 A0052013000081
9	岳洪卫	塔吊司机	杭州市城乡建设委员会	浙 A0412018001472
10	方来琼	塔吊司机	杭州市城乡建设委员会	浙 A041201800149
11	陈波	塔吊司机	遵义市住房和城乡建设局	黔 ZY042020002683
12	张勇	塔吊司机	福州市城乡建设局	闽 A042018000585
13	周昌均	架子工	四川省应急管理厅	T510215197503043019
14	余德田	架子工	海南省住房和城乡建设厅	琼 H022023083967
15	翁武江	架子工	海南省住房和城乡建设厅	琼 H022023083196
16	郑洪刚	架子工	海南省住房和城乡建设厅	琼 H022023083622
17	戴富川	架子工	上海市应急管理局	T500228198904173118
18	冉茂春	架子工	海南省住房和城乡建设厅	琼 H022023084688
19	刘刚	架子工	山东省住房和城乡建设厅	鲁 P022023001166
20	曾春华	架子工	山东省住房和城乡建设厅	鲁 P022023001164
21	吴久正	架子工	重庆市住房和城乡建设委员会	渝 A022023002780
22	杨传苹	司索工	杭州市城乡建设委员会	浙 A0312020000468
23	邵雪英	司索工	杭州市住房和城乡建设委员会	浙 A0312019000100
24	张宗玲	司索工	重庆市住房和城乡建设委员会	渝 A032019046674
25	饶珍亮	司索工	浙江省住房和城乡建设委员会	浙 A042019000421

26	闫小燕	司索工	杭州市城乡建设委员会	浙 A0312020000325
27	黄瑜	司索工	浙江省住房和城乡建设厅	浙 A042021000304

四、其他作业人员

外架的搭设和拆除，还应配备有足够的辅助人员。

序号	工种	人数	岗位职责
1	普工	20	搬运清理、协助施工
2	焊工	2	材料焊接
3	油漆工	10	钢管涂刷

第七章 验收要求

一、材料进场及验收要求

1、承插型盘扣式脚手架主要构配件

(1) 立杆、水平杆采用承插型盘扣式钢管支架，立杆管径为 48.3mm，壁厚为 3.25mm，材质为 Q355B 高强度低合金钢，水平管管径为 48.3mm，壁厚为 2.75mm，材质为 Q235 低合金钢，具有高强度、高承载能力的特点。斜杆均采用管径为 42.3mm，壁厚为 2.75mm，材质为 Q195 钢材。横杆步距为 2.0m。

承插型盘扣式钢管支架主要构配件材质

立杆	水平杆	竖向斜杆	扣接头	连接套管	可调底座、可调托座	调节丝杆	连接盘、插销
Q355	Q235	Q195	ZG230-450	Q235	Q235	20 钢	Q235 钢板冲压

承插型盘扣式钢管支架可调支座无腐蚀、无变形、无扭曲、断裂。表面应平直光滑，不应有裂缝、结疤、分层、错位、硬弯、毛刺、压痕和深的划道，必须涂有防锈漆并定期复涂以保持其完好。

(2) 其余连接用及对顶钢管采用 $\phi 48 \times 3.0\text{mm}$ ，无腐蚀、无变形、无扭曲、断裂，杆件表面应平直光滑，不应有裂缝、结疤、分层、错位、硬弯、毛刺、压痕和深的划道，必须涂有防锈漆并定期复涂以保持其完好。旧钢管锈蚀深度超过规定值时不得使用，钢管上严禁打洞。

(3) 扣件不得有裂纹、气孔、砂眼、疏松或其他影响使用性能的铸造缺陷。扣件在螺栓拧紧扭力矩达到 $65\text{N}\cdot\text{m}$ 时，不得发生破坏。扣件扭力矩一般应为 $40 \sim 50\text{N}\cdot\text{m}$ 。

(4) 可调底托：用于调节支撑的高度，螺杆与支架托板焊接应牢固。

(5) 脚手板：脚手板为配套压型钢板。

(6) 外架钢网：外架钢网应符合相关规定。

(7) 安全帽、安全带等重要防护用品必须使用定点厂家的定点产品。

(8) 不得使用有腐朽、霉变、虫蛀、折裂、枯节的木踏板。

2、普通钢管与扣件

(1) 普通钢管

搭设脚手架的钢管应采用现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T13793 或《低压流体输送用焊接钢管》GB/T3092 中规定的 3 号普通钢管，其质量符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700-2006 中 Q235A 钢的规定，每根钢管的最大质量不应大于 25kg 。新用的钢管表面应平直光滑，不应有裂缝、结疤、分层、错位、硬弯、毛刺、压痕和深的划道，钢管要有产品质量合格证、质量检验报告，钢管材质检验方法应符合现行国家标准《金属拉伸试验方法》GB/T228 的有关规定，质量和钢管外径、壁厚、端面等的偏差应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》JGJ130-2011 的有关规定，必须涂有防锈漆。旧钢管表面锈蚀深度、和钢管的弯曲变形应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》JGJ130-2011 的有关规定。

(2) 扣件

扣件为可锻铸造扣件，其材质应符合建设部《钢管脚手架扣件》GB15831 的要求，由

有扣件生产许可证的生产厂家提供，不得有裂纹、气孔、缩松、砂眼等锻造缺陷，扣件的规格应与钢管相匹配，贴和面应平整，活动部位灵活，夹紧钢管时开口处最小距离不小于5mm。钢管螺栓拧紧扭力矩达 65N·m 时不得破坏。旧扣件在使用前应进行质量检查，有裂缝、变形的严禁使用，出现滑丝的螺栓必须更换。新、旧扣件均应进行防锈处理。

3、外架钢网

外架钢网安全立网应符合下列要求：

(1)、钢网片应按照设计要求和安装图纸的要求进行铺设，确保铺设位置准确、尺寸准确，排列整齐；

(2)、钢网片应按照相关标准加工制作，保证细节处的质量，并在制作后进行检查，确保其质量满足要求；

(3)、铺设之前，需要清理基面，确保其平整、无毛刺、无油污、无灰尘等杂质。铺设过程中还需要保证环境清洁，防止灰尘等杂物进入；

(4)、 铺设钢网片需要使用专用工具，保证安装质量，防止损坏钢网片，并按照设计要求分批铺设；

(5)、钢网片应该密铺，每根骨架上最多安装 2-3 块钢网片。钢网片应安装整齐，仔细对齐，拼缝间隙应符合要求；

(6)、在铺设过程中，不得弯折或者擦伤钢网片，如有发现需及时更换；

(7)、安装后，需要进行验收，确保钢网片符合设计要求和相关施工标准，没有变形和损坏等缺陷。

4、工字钢

现场选用 16#工字钢挑梁，其材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 或《低合金高强度结构钢》GB/T1591 中的规定。工字钢的截面尺寸允许偏差如下：

型号	允许偏差（mm）		
	高度	腿宽度	腰厚
16#工字钢	±2.0	±2.5	±0.5

工字钢的验收：

(1) 工字钢验收时首先观看其外观质量，看其是否有裂缝、结疤和折叠，成捆时检查端面是否平整，有无缺损。检查其长度是否有弯曲、弯曲度每米不能大于 2mm，总弯曲度不大于总长度的 0.2%。其次检查尺寸时要以腰的高度为准，检查弯腰饶角要用直尺和塞尺测量，并在距端头部小于 750mm 处测量，工字钢每米质量偏差不得超过-5%~+3%，另每批材料均应向厂家索取材质证明书。

(2) 工字钢的重量可以通过过磅或通过理论换算得出。其每米重量的理论值如下表：

型号	尺寸（毫米）					截面面积 (cm ²)	理论重量(公 斤 / 米)
	h	b	d	t	rl		
16	160	88	6	9.9	4	26.1	20 . 5

5、加工制作

本工程悬挑架材料制作包括上拉杆、花篮螺杆、型钢端部的连接钢板及工字钢，由专业厂家进行加工，有出厂合格证、检测报告、营业执照，现场只需抽检即可

1) 加工制作材料要求

加工悬挑架的主要材料、零部件，成品件，标准件等产品均进行验收。

(1)钢材的品种、规格、性能等应符合国家产品标准和设计要求。检查数量：抽检。

(2)钢板厚度及允许偏差应符合其产品标准要求，检查数差，每一品种规格的钢板抽查 5 处。

(3)型钢的规格尺寸及允许偏差应符合产品标准要求。

检查数量：抽检，每一品种、规格的型钢抽查 5 处。

检查方法：钢尺和游标卡尺量测。

(4)钢材表面外观质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合以下要求：

①当钢材的表面有锈蚀麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度允许偏差值的 1/2。

②钢材表面锈蚀等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205-2020 规定的 C 级及 C 级以上。

③钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。

检查数量：抽检

检查方法：观察检查。

2) 焊接材料要求

(1) 焊接材料、品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：抽检

检查方法：检查焊接材料和检验报告。

(2) 拉杆、10mm 厚连接钢板。焊接材料应进行抽样复验。复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：抽检

检查方法：检查复验报告

3) 焊缝要求

焊条、焊剂等焊接材料,与母材匹配应符合设计要求及国家现行行业标准《钢结构焊接规范》GB 50661-2011 的规定满足设计要求二级焊缝以上。

焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。设计要求全焊透的一、二级焊缝应采取超声波探伤进行内部缺陷的检验。焊缝表面不得有裂缝、焊瘤等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂缝、电弧擦伤等缺陷。且一级焊缝不得有咬边、未焊满根部收缩等缺陷。

4) 跟踪检查

1、各部件在加工过程中派专业人员经常进行跟踪监测，对焊接部位进行检查，并对电焊条检查是否合格证，是否符合与本钢板材质要求一致。

2、对花篮拉杆的检查：主要对花篮拉杆的连接进行检查，如有问题及时纠正。

二、验收标准

1、脚手架下列阶段进行检查与验收，应按规定对脚手架工程的质量进行

检查，经检查合格后方可交付使用

- (1)、首段搭设达到 6m 时；
- (2)、架体随施工进度逐层升高时；
- (3)、搭设高度达到设计高度后；
- (4)、遇有六级强风及以上风或大雨及冻结的地基土解冻后；
- (5)、停用超过一个月，恢复使用前。

2、验收时应具备下列文件

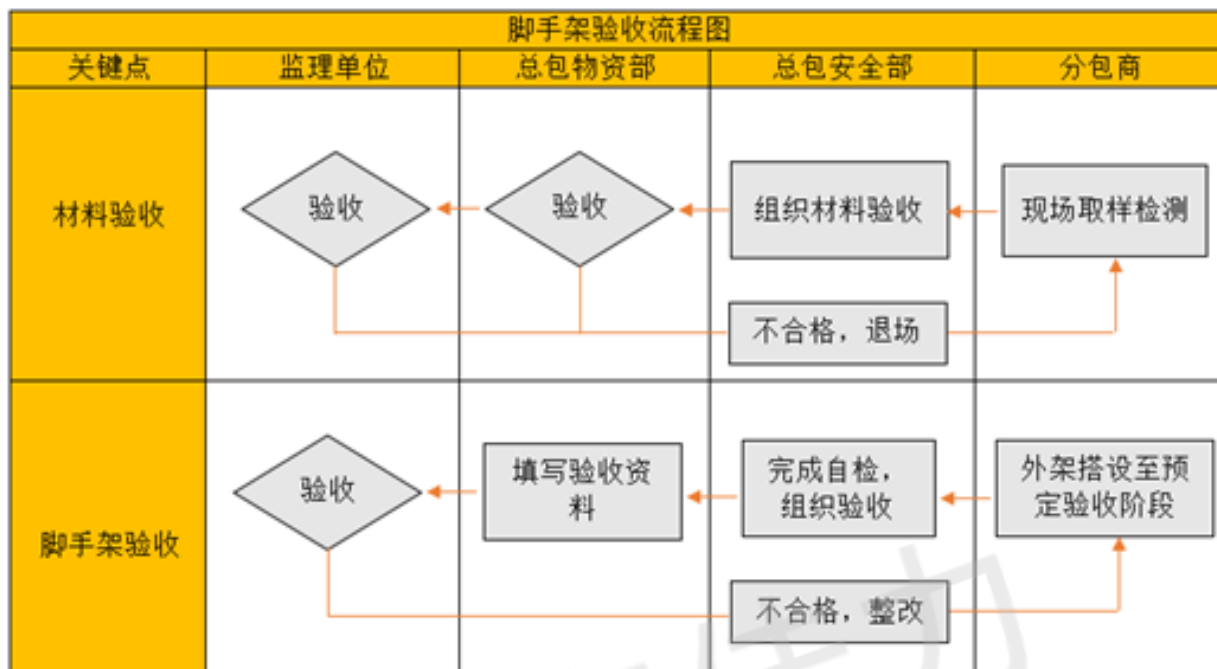
- (1)、根据编制依据相关文件规范、标准要求所形成的施工组织设计文件；
- (2)、专项施工方案及变更文件；
- (3)、安全技术交底文件；
- (4)、脚手架构配件的出厂合格证或质量分类合格标志；
- (5)、脚手架工程的施工记录及质量检查记录；
- (6)、脚手架搭设过程中出现的重要问题及处理记录；
- (7)、脚手架工程的施工验收报告。

3、架子搭设和组装完毕，使用前必须由项目经理、技术负责人、项目安全负责人、架子班长等人员组成验收小组，进行验收，并填写验收单。

4、作业脚手架检查和验收应符合下列规定：

- (1)、搭设的架体应符合设计要求，斜杆或剪刀撑设置应符合《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ231-2021 的规定；
- (2)、立杆可调底座与基础面的接触不应有松动和悬空现象；
- (3)、连墙件设置应符合设计要求，并应与主体结构、架体可靠连接；
- (4)、外侧钢板网、防护栏杆的设置应齐全、牢固；
- (5)、周转使用的脚手架构配件使用前应进行外观检查，并应作记录；
- (6)、搭设的施工记录和质量检查记录应及时、齐全；
- (7)、水平杆扣接头、斜杆扣接头与连接盘的插销应销紧。

三、验收程序



四、验收内容

五、花篮式悬挑式脚手架验收表

序号	验收项目	搭设要求	验收结果
1	施工方案	1) 架体搭设应编制专项施工方案，结构设计应进行计算； 2) 架体搭设超过规范允许高度，专项施工方案应按规定组织专家论证； 3) 专项施工方案应按规定进行审核、审批。	
2	悬挑钢梁	1) 钢梁截面尺寸应经设计计算确定，且截面形式应符合设计和规范要求； 2) 钢梁锚固处结构强度、锚固措施应符合设计和规范要求； 3) 钢梁外端应设置钢丝绳或钢拉杆与上层建筑结构拉结； 4) 钢梁间距应按悬挑架体立杆纵距设置。	
3	架体稳定	1) 立杆底部应与钢梁连接柱固定； 2) 盘扣式立杆接长应采用螺栓或销钉固定； 3) 纵横向扫地杆的设置应符合规范要求；	

		4) 架体应采用刚性连墙件与建筑结构拉结, 设置的位置、数量应符合设计和规范要求。	
4	脚手板	1) 脚手板材质、规格应符合规范要求; 2) 脚手板铺设应严密、牢固, 探出横向水平杆长度不应大于 150mm。	
5	荷载	架体上施工荷载应均匀, 并不应超过设计和规范要求。	
6	杆件间距	1) 立杆纵、横向间距、纵向水平杆步距应符合设计和规范要求; 2) 作业层应按脚手板铺设的需要增加横向水平杆。	
7	架体防护	1) 作业层应按规范要求设置防护栏杆; 2) 作业层外侧应设置高度不小于 180mm 的挡脚板; 3) 架体外侧应采用密目式安全网封闭, 网间连接应严密。	
8	层间防护	1) 架体作业层脚手板下应采用安全平网兜底, 以下每隔 10m 应采用安全平网封闭; 2) 作业层里排架体与建筑物之间应采用脚手板或安全平网封闭; 3) 架体底层沿建筑结构边缘在悬挑钢梁与悬挑钢梁之间应采取封闭措施; 4) 架体底层应进行封闭。	
9	构配件材质	1) 型钢、钢管、构配件规格材质应符合规范要求; 2) 型钢、钢管弯曲、变形、锈蚀应在规范允许范围内。	

1、作业架施工验收记录表

项目名称							
搭设部位		高度		跨度		最大荷载	
搭设班组		班组长					
操作人员持证人数		证书符合性					
专项方案编审程序符合性		技术交底情况		安全交底情况			
钢管支	进场前质量验收情况						
架	材质、规格与方案的符合性						

	使用前质量检测情况												
	外观质量检查情况												
	检查内容	允许偏差 (mm)	方案要求 (mm)	实际情况(mm)								符合性	
	立杆垂直度 $\leq L/500$ 且不超过 50mm	± 5											
	水平杆水平度	± 5											
可调底座	垂直度	± 5											
	插入立杆深度 $\geq 150\text{mm}$	-5											
	立杆组合对角线长度	± 6											
立杆	纵向间距												
	横向间距												
	竖向接长位置												
	基础承载力												
水平杆	纵横向水平杆设置												
	纵向步距												
	横向步距												
	插销销紧情况												
竖向斜杆	拐角处设置情况												
	其他部位												
剪刀撑	水平纵、横向设置												
连墙件设置													
扫地杆设置													
护栏设置													
脚手板设置													
挡脚板设置													
人行梯架设置													
其他													
施工单位 检查结论	结论: _____ 检查日期: ____ 年 ____ 月 ____ 日 检查人员: _____ 项目技术负责人: _____ 项目经理: _____												

监理单位 验收结论	结论:	验收日期: 年 月 日
	专业监理工程师:	总监理工程师:

注:L 为立杆搭设高度。

六、验收人员

总包单位技术负责人	杨寿忠		
项目负责人	吴棋	专项施工方案编制人员	何跃
项目副总工	罗涛	施工员	汪宪宝
专职安全员	张云波	专职安全员	王勇
专职安全员	邓洪	班组负责人	王德均
项目总监理工程师	周昕	项目专业监理工程师	周湘洪

第八章 应急处置措施

一、应急救援组织机构及职责

1、项目部成立应急领导小组，由项目经理担任小组组长，全面负责现场应急救援工作，技术负责人、安全负责人任副组长；领导小组下设通讯联络组、物资供应组、医疗救护组、抢险组、疏散组、善后处理组、警戒保卫，应急组织的分工人数应根据事故现场需要灵活调配。

序号	组名	职务		姓名	电话	工作职责
1	组长	组长	项目经理	吴 棋	15523965761	负责事故应急指挥工作，宣布启动预案，对特殊情况进行紧急决断等。
2	副组长	副组长 1	执行经理	缪 岗	18580264337	协助总指挥下达应急命令，协调事故现场抢救工作。
3		副组长 2	技术负责人	何 跃	18508140235	
4		副组长 3	安全负责人	张云波	18223340016	
5	通讯联络组	组长	副总工程师	何 俊	13428770300	负责与各应急小组及对外有关部门的通讯联络和情况通报。
6		组员	资料员主管	谭 睿	18290358056	
7		组员	预算员	熊芳冰	15223030948	



8		组员	技术员	雷 俊	15223807735	
9	物资供应组	组长	材设负责人	任 彬	13658355311	对事故现场所需各种器材，工具及其他物品的供应调配。
10		组员	材料员	岳 勇	18983395635	
11		组员	材料员	秦 姗	15735641642	
12	医疗救护组	组长	生产经理	曹启彬	13908316059	抢救受伤人员并进行救护，配合医务人员救护受伤人员及护送受伤人员就医。
13		组员	栋号长	候 强	13896188679	
14		组员	测量员	杨 熹	17723033357	
15		组员	施工员	陈 林	18888961507	
16	抢险组	组长	质量负责人	孙 科	13996001349	事故现场的抢救物资、断电等抢险工作。
17		组员	施工员	汪宪宝	15213783265	
18		组员	施工员	张 袁	17382255962	
19		组员	施工员	黄 巧	18723385699	
20	疏散组	组长	项目书记	杨 军	13983018988	负责引导各部位人员有秩序地进行疏散。
21		组员	实验员	邓 洪	15223415515	
22		组员	实验员	陈孟哲	18375783462	
23		组员	库管员	何 桃	18580872078	
24	善后处理组	组长	栋号长	梁 涛	18725644287	事故后的善后处理，现场清理、抢修、恢复工作。
25		组员	质量员	廖 宇	15802376707	
26		组员	预算员	杨普琪	18184780377	
27	警戒保卫	组长	办公室主任	华高波	13648322671	负责现场秩序和安全
28		组员	安装施工员	张 俊	15871781608	

2、应急领导小组职责：建设工地发生事故时，负责指挥工地抢救工作，向各抢救小组下达抢救指令任务，协调各组之间的抢救工作，随时掌握各组最新动态并做出最新决策，第一时间向 110、119、120、企业救援指挥部、当地政府安监部门、公安部门求援或报告灾情。平时应急领导小组成员轮流值班，值班者必须住在工地现场，手机 24 小时开通，发生紧急事故时，在项目部应急组长抵达工地前，值班者即为临时救援组长。

二、脚手架工程中的重大事故隐患判定及防范

依据《房屋市政工程生产安全重大事故隐患判定标准（2022 版）》，脚手架工程中的重大隐患及防范措施如下：

重大事故隐患情形	防范措施
----------	------

建筑施工企业未取得安全生产许可证擅自从事建筑施工活动	遵纪守法，从事许可范围的活动并确保有效
施工单位的主要负责人、项目负责人、专职安全生产管理人员未取得安全生产考核合格证书从事相关工作	聘请具备对应资质的人员，并做好延续再教育（确保证书处于有效期内）
建筑施工特种作业人员未取得特种作业人员操作资格证书上岗作业	聘请具备对应资质的人员，并做好复审再教育（确保证书处于有效期内）
危险性较大的分部分项工程未编制、未审核专项施工方案，或未按规定组织专家对“超过一定规模的危险性较大的分部分项工程范围”的专项施工方案进行论证	严格按照要求在施工准备阶段编制与项目相匹配的危险性较大分部分项工程的专项施工方案并经审核审批通过。超过一定规模的组织论证通过后施工
使用危害程度较大、可能导致群死群伤或造成重大经济损失的施工工艺、设备和材料	不使用不成熟的或明令禁止淘汰的施工工艺、设备和材料
脚手架工程的地基基础承载力和变形不满足设计要求	在设计脚手架体系时，要充分考虑其自重、施工荷载、的自承力以及风向的侧压力，以保证架体有足够的承载力和稳定性。
未设置连墙件或连墙件整层缺失	杆件间距应能充分保证在自重、施工荷载和侧压作用下不会变形。如果架体底部为土质基础，应仔细压实，设置排水沟，并铺设长垫木或型钢，以确保架体不会下沉或部分悬空。 严格按照专项方案搭设，保障各类杆件的间距、完整性与稳定性，施工过程中严格控制施工荷载。加强定期与不定期的隐患排查及时完善
其他严重违反房屋市政工程安全生产法律法规、部门规章及强制性标准，且存在危害程度较大、可能导致群死群伤或造成重大经济损失的现实危险	遵纪守法、严格执行落实标准规范的相关措施

三、施工过程预防措施

(1) 对架体定期进行检查，及时了解和掌握杆件连接、连墙件设置、施

工荷载、架体防护等具体情况，及时反馈存在的安全隐患，及时组织整改；

(2) 及时收听天气预报，加强雨雪天情况的跟踪报道，防止雷电伤害，及时清理积雪，严防滑倒引起高坠事故。

(3) 严格控制架体上施工机具、材料、配件及建筑垃圾的堆放，以防荷载过大或掉落伤人。

(4) 严格执行临时用电安全技术规范，严禁在架体上搁置配电箱和铺设电缆，以防漏电引起触电伤亡事故。

(5) 动火作业，要专人看护，以防引燃架体上的可燃物，造成火灾事故。

(6) 严格控制施工荷载，本工程悬挑脚手架的允许施工荷载为 2KN/m^2 。拉杆挑梁锚固点附近及悬挑脚手架上不准存放大量材料、过重的设备，建筑垃圾及时清理，确保较大安全储备。

四、应急事件及其应急措施

1、坍塌事故应急措施

(1) 如果外架在搭设或使用过程中出现垮塌，应紧急在事故现场周围设警戒线。

(2) 统一指挥、密切协同的原则。坍塌事故发生后，参战力量多，现场情况复杂，各种力量需在现场总指挥部的统一指挥下，积极配合、密切协同，共同完成。

(3) 以快制快、行动果断的原则。鉴于坍塌事故具有突发性，在短时间内不易处理，处置行动必须做到调度快、到达快、准备快、疏散救人快，达到以快制快的目的。

(4) 讲究科学、稳妥可靠的原则。解决坍塌事故要讲科学，避免急躁行动引发连续坍塌事故发生。

(5) 救人第一的原则。当现场遇有人员受到威胁时，首要任务是抢救人员。

(6) 伤员抢救：立即与急救中心和医院联系，请求出动急救车辆并做好急救准备，确保伤员得到及时医治。

(7) 事故现场取证：救助行动中，安排人员同时做好事故调查取证工作，以利于事故处理，防止证据遗失。

(8) 自我保护：在救助行动中，抢救机械设备和救助人员应严格执行安全操作规程，配齐安全设施和防护工具，加强自我保护，确保抢救行动中人身安全和财产安全。

2、高空坠落事故应急措施

(1) 紧急事故发生后，发现人应立即报警。一旦启动本预案，相关责任人要以处置重大紧急情况为压倒一切的首要任务，绝不能以任何理由推诿拖延。各部门之间、各单位之间必须服从指挥、协调配合，共同做好工作。因工作不到位或玩忽职守造成严重后果的，要追究有关人员的责任。

(2) 项目在接到报警后，应立即组织送附近医院。

(3) 疏通事发现场道路，保证救援工作顺利进行。

(4) 安全工程师为紧急事务联络员，负责紧急事务的联络工作。

(5) 紧急事故处理结束后，安全总监应填写记录，并召集相关人员研究防止事故再次发生的对策。

(6) 平日里加强对施工人员的高空作业安全教育，工人每日上岗前，应在现场穿衣镜前检查自身佩戴的安全用具是否齐整、牢固。

3、机械伤害事故应急措施

(1) 机械事故发生之后，应第一时间向领导小组报告，项目部应急领导小组、职能部门、职能个人按职责迅速进入抢救状态；事故现场负责人要随时向项目应急领导小组报告事故现场救援进展情况和已采取的应急措施，需要时启动应急救援预案。

(2) 若无人员伤亡情况，则通知项目部安全主管领导，由安全主管领导组织人员进行事故急救；若有人人员伤亡情况，应该在第一时间拨打 112、119 等社会急救援助部门的电话求助，之后按照事故报告程序进行事故报告。

(3) 事故影响较大时，应该在第一时间通知应急救援领导小组，组织人员展开救援活动，尽量保护参建员工的生命安全和项目部财产安全，应该按照

事故严重程度等级和有关法律法规及企业相关要求规定上报业主、监理单位及有关政府部门。

(4) 事故调查小组应该对事故现场情况进行拍照留底，留做事故定性及责任划分以及上级领导部门事故调查的依据。

(5) 组织有关部门和人员妥善做好伤亡人员的处置和身份确认，对伤亡人员家属做好相应的接待和安抚解释工作。

(6) 按照实事求是、尊重科学的原则，在特种设备管理部门、指挥部、政府安全管理部门查明事故原因和责任、对事故进行处理的基础上，项目部编写事故报告，总结事故教训，制定防范措施，并上报业主、监理单位及相关政府部门。

4、触电伤亡事故应急措施

(1) 迅速关闭开关，切断电源，使触电者尽快脱离电源，确认自己无触电危险再进行救护。可用绝缘物品挑开或切断触电者身上的电线、灯、插座等带电物品。

(2) 绝缘物品：干燥的竹竿、木棍、扁担、塑料棒等，带木柄的铲子、电工用绝缘钳子。抢救者可站在绝缘物体上如胶垫，穿着绝缘的鞋、塑料鞋、胶底鞋等。

(3) 触电者脱离电源后，立即将其抬至通风较好的地方，解开病人衣扣、裤带。轻型触电者在脱离电源后，应就地休息 1~2 小时后再活动。

(4) 如果呼吸、心跳停止，必须争分夺秒进行口对口人工呼吸和胸外心脏按压。触电者必须坚持长时间的人工呼吸和心脏按压。

(5) 立即拨打 120，急救医生到现场救护。并在不间断抢救的情况下护送到医院进一步急救。

五、应急救援最近医院路线

1) 最近医院浙江大学医学院附属第一医院电话：0571-87235114

火警：119 交通事故报警：122

急救：120 联动中心：110

2) 最近医院行车路线



六、应急物资准备

序号	设备名称	数量	有效期截止日	用途	存放地点
1	人货车	1	开工至竣工	急救	现场
2	急救担架	2	开工至竣工	人员运输	材料库房
3	干粉灭火器	20 个	开工至竣工	救火	材料库房
4	湿毛巾	20 张	开工至竣工	抢救	材料库房
5	消防桶	10 个	开工至竣工	抢救	材料库房
6	绝缘手套	30 双	开工至竣工	抢救	材料库房
7	氧气袋	20 个	开工至竣工	抢救	材料库房
8	塑料袋	20 个	开工至竣工	抢救	材料库房
9	药箱	5 个	开工至竣工	抢救	材料库房
10	对讲机	20 个	开工至竣工	抢救	材料库房
11	手电筒	20 个	开工至竣工	抢救	材料库房
12	应急灯	30 个	开工至竣工	抢救	材料库房



第九章 计算书及相关施工图纸

第一段花篮螺栓悬挑架(盘扣式)计算书

计算依据

- 1、《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231-2021
- 2、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 3、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 4、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 5、《混凝土结构设计规范》GB50010-2010
- 6、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 7、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 8、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
- 9、《工程结构通用规范》GB 55001-2021

架体验算

一、脚手架参数

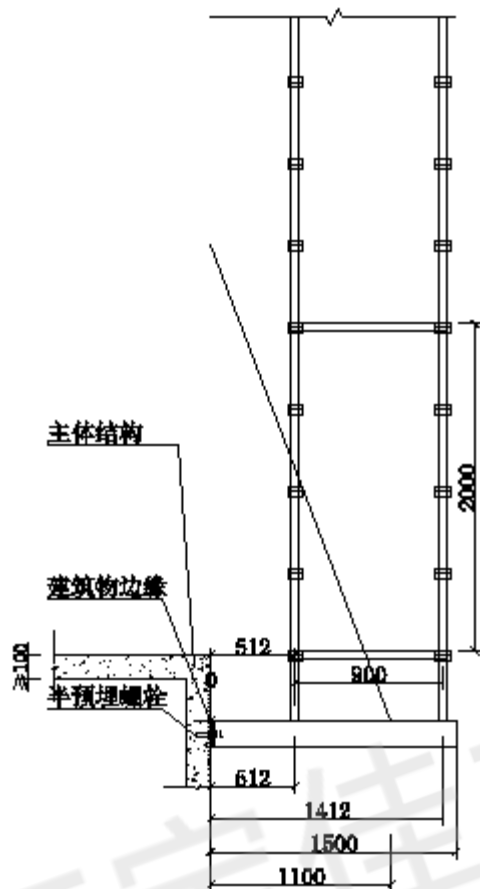
脚手架安全等级	I 级	结构重要性系数 γ_0	1.1
立杆纵向间距 l_a (m)	1.5	立杆步距 h (m)	2
顶部防护栏杆高 h_1 (m)	1.5	纵横向扫地杆距立杆底距离 h_2 (mm)	550
脚手架搭设排数	2	设置拉杆前, 型钢主梁是否设置临时支撑	是
未设拉杆时的架体最大高度 H_0 (m)	4.5	本挑脚手架搭设高度 H_1 (m)	13.5
承载力设计值调整系数 γ_R	1.1		

立杆排号	立杆依次横距 lb(m)	立杆搭设高度 Hs(m)
1	0.512	18
2	0.9	18

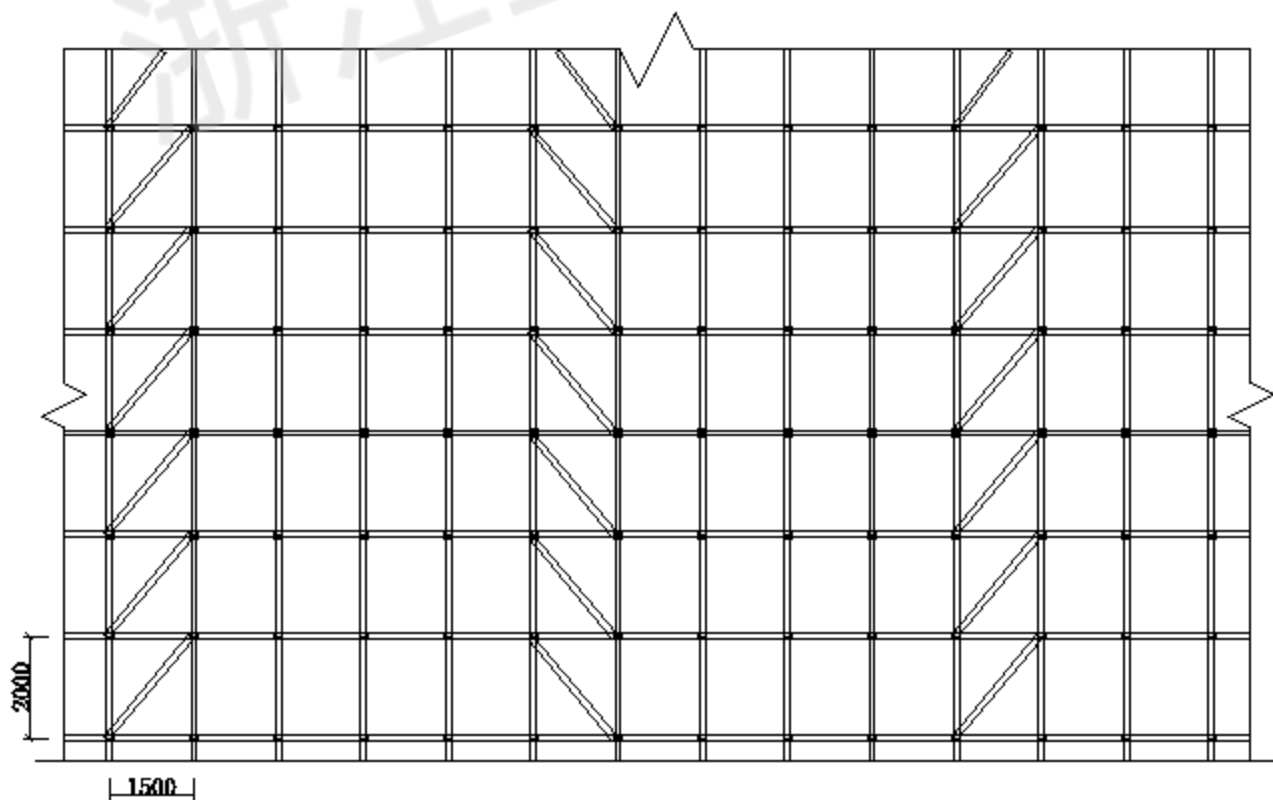
二、荷载设计

脚手板类型	定型钢脚手板	脚手板自重标准值 $G_{kjb}(kN/m^2)$	0.35
脚手板铺设方式	2 步 1 设	安全网自重标准值 $G_{kmw}(kN/m^2)$	0.05
挡脚板类型	木脚手板挡板	栏杆与挡脚板自重标准值 $G_{kdb}(kN/m)$	0.17
挡脚板铺设方式	2 步 1 设		
单块脚手板宽度 b(mm)	250	单块脚手板一侧爪钩数量 j	2
爪钩间距 s(mm)	200		
装修脚手架作业层数 n_{zj}	1	装修脚手架荷载标准值 $Q_{kzj}(kN/m^2)$	3
风荷载标准值 $\omega_k(kN/m^2)$ (连墙件、立杆稳定性)	基本风压 $\omega_0(kN/m^2)$	0.45	0.626, 0.626
	风荷载高度变化系数 μ_z (连墙件、立杆稳定性)	1.264, 1.264	
	风荷载体型系数 μ_s	1.1	

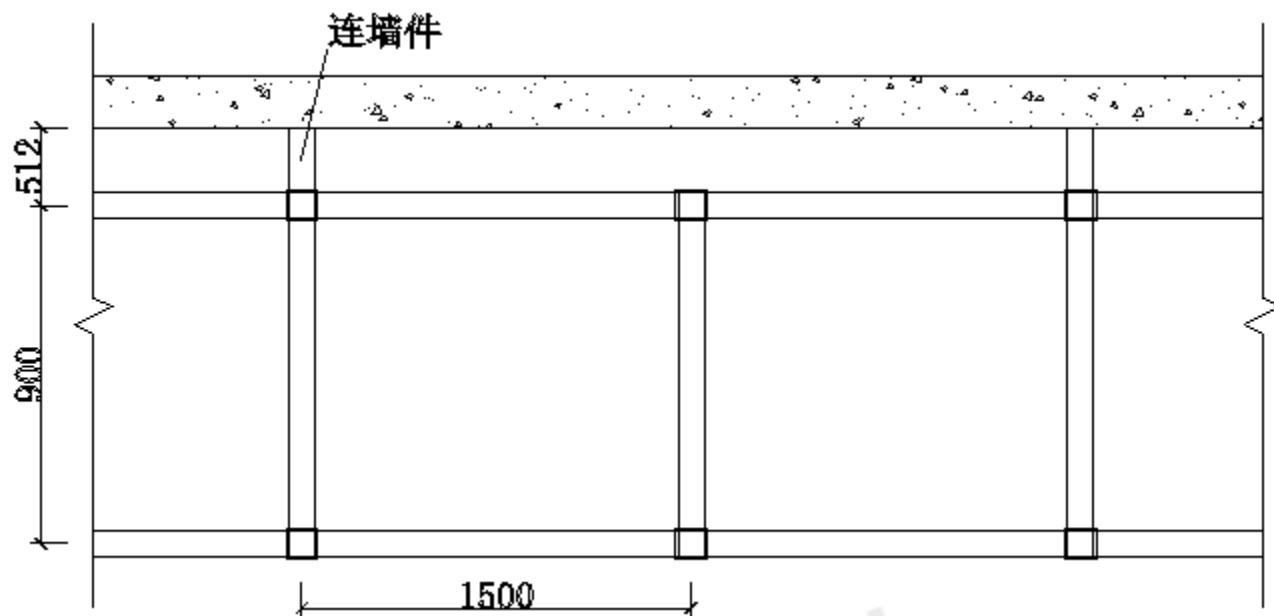
搭设示意图



盘扣式脚手架剖面图



盘扣式脚手架立面图



盘扣式脚手架平面图

三、横向横杆验算

纵横向水平杆型号	B-SG(标准型 支架)	纵横向水平杆钢管类型	Φ48.3×2.75
横向横杆抗弯强度设计值 (f)(N/mm ²)	205	横向横杆截面惯性矩 I(mm ⁴)	102400
横向横杆弹性模量 E(N/mm ²)	206000	横向横杆截面抵抗矩 W(mm ³)	4240
脚手板类型	定型钢脚手板	单块脚手板宽度 b(mm)	250
单块脚手板一侧爪钩数量 j(只)	2	爪钩间距 s(mm)	200

承载能力极限状态:

$$q=b(1.3\times G_{kjb}+1.5\times Q_{kzj})=0.25\times(1.3\times 0.35+1.5\times 3)=1.239\text{kN/m}$$

$l_a=1.5\text{m}$, 脚手板通过爪钩传递给横杆的支座反力为:

$$R=ql_a/j=1.239\times 1.5/2=0.929\text{kN}$$

横杆自重设计值： $q_1=1.3m_2=1.3\times 0.031=0.04\text{kN/m}$

正常使用极限状态：

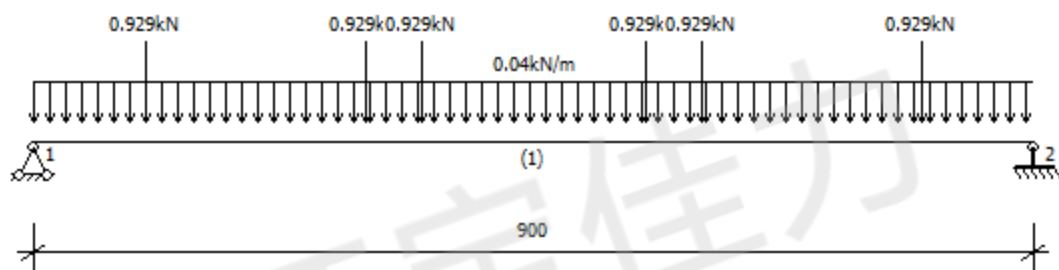
$q'=b(G_{kjb}+Q_{kzj})=0.25\times(0.35+3)=0.838\text{kN/m}$

$l_a=1.5\text{m}$ ，脚手板通过爪钩传递给横杆的支座反力为：

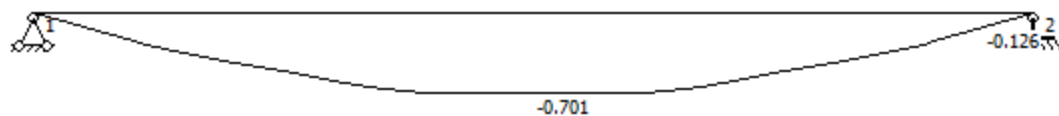
$R'=q'l_a/2=0.838\times 1.5/2=0.628\text{kN}$

横杆自重标准值： $q_1'=m_2=0.031\text{kN/m}$

$l=l_b=0.9\text{m}$ ，计算简图如下



1、抗弯验算



弯矩图($\text{kN}\cdot\text{m}$)

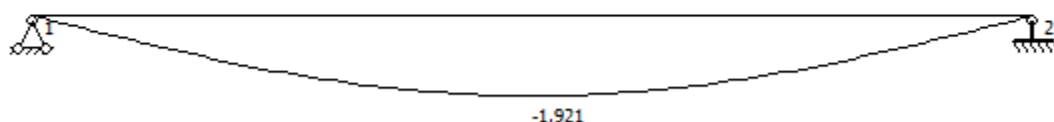
$M_{\max}=0.701\text{kN}\cdot\text{m}$

$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times 0.701\times 10^6/4240=181.739\text{N/mm}^2\leq[f]/\gamma$

$R=205/1.1=186.364\text{N/mm}^2$

满足要求。

2、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=1.921\text{mm}\leq[v]=\min[l_b/150, 10]=\min[900/150, 10]=6\text{mm}$$

满足要求。

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$$R_1=2.805\text{kN}$$

4、盘扣节点连接盘的抗剪承载力验算

$$F_R=\gamma_0 R_1=1.1\times 2.805=3.086\text{kN}\leq[Q_b]/\gamma_R=40/1.1=36.364\text{kN}$$

满足要求。

四、荷载计算

立杆型号	B-LG-300	立杆钢管类型	Φ48.3×3.25
纵横向水平杆型号	B-SG(标准型 支架)	纵横向水平杆钢管类型	Φ48.3×2.75
外斜杆型号	B-XG(标准型 支架)	外斜杆材料形式	专用斜杆
外斜杆布置	每隔 4 跨一设	外斜杆钢管截面类型	Φ42.3×2.75

单立杆静荷载计算



1、结构自重标准值 NG_{1k}

(1)、立杆的自重标准值 NG_{1k1}

立杆型号为 B-LG-300，单根立杆自重为 $m_1=0.15\text{kN}$

立杆 1: $NG_{1k1}=m_1 \times H_{s1}/3=0.15 \times 18/3=0.9\text{kN}$

立杆 2: $NG_{1k1}=m_1 \times H_{s2}/3=0.15 \times 18/3=0.9\text{kN}$

(2)、纵向横杆的自重标准值 NG_{1k2}

纵向横杆型号为 B-SG-150，单根纵向横杆自重为 $m_2=0.055\text{kN}$

立杆 1: 步数 $n_1=[(H_{s1}-h_1-h_2)/h]_{\text{取整}}=[(18-1.5-0.55)/2]_{\text{取整}}=7$

$NG_{1k2}=m_2 \times (n_1+1)=0.055 \times (7+1)=0.440\text{kN}$

立杆 2: 步数 $n_2=[(H_{s2}-h_1-h_2)/h]_{\text{取整}}=[(18-1.5-0.55)/2]_{\text{取整}}=7$

$NG_{1k2}=m_2 \times (n_2+1)=0.055 \times (7+1)=0.440\text{kN}$

(3)、横向横杆的自重标准值 NG_{1k3}

根据横向横杆型号及依次横距计算出单根横杆自重代入计算:

立杆 1: $NG_{1k3}=(7+1) \times 0.036/2=0.144\text{kN}$

立杆 2: $NG_{1k3}=(7+1) \times 0.036/2=0.144\text{kN}$

(4)、外斜杆的自重标准值 NG_{1k4}

外斜杆型号为 B-XG-150×200，单根外斜杆自重为 $m_4=0.084\text{kN}$

立杆 2: $NG_{1k4}=m_4 \times n_2/2=0.084 \times 7/2=0.294\text{kN}$

结构自重标准值 NG_{1k} 总计

立杆 1: $NG_{1k}=NG_{1k1}+NG_{1k2}+NG_{1k3}=0.9+0.44+0.144=1.484\text{kN}$

立杆 2: $NG_{1k}=NG_{1k1}+NG_{1k2}+NG_{1k3}+NG_{1k4}=0.9+0.44+0.144+0.294=1.778\text{kN}$

2、构配件自重标准值 NG_{2k}

(1)、脚手板的自重标准值 NG_{2k1}

立杆 1: $NG_{2k1}=(n_1+1) \times l_a \times 0.9 \times G_{kjB} \times 1/2/2=(7+1) \times 1.500 \times 0.9 \times 0.350 \times$

$$1/2/2=0.945\text{kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{2k1}=(n_2+1)\times l_a\times 0.9\times G_{kjb}\times 1/2/2=(7+1)\times 1.500\times 0.9\times 0.350\times$$

$$1/2/2=0.945\text{kN}$$

1/2 表示脚手板 2 步 1 设

(2)、栏杆挡脚板的自重标准值 NG_{2k2}

$$\text{立杆 2: } NG_{2k2}=(n_2+1)\times l_a\times G_{kdb}\times 1/2=(7+1)\times 1.500\times 0.17\times 1/2=1.020\text{kN}$$

1/2 表示挡脚板 2 步 1 设

(3)、围护材料的自重标准值 NG_{2k3}

$$\text{立杆 2: } NG_{2k3}=G_{kmw}\times l_a\times H=0.05\times 1.500\times 18.0=1.350\text{kN}$$

构配件自重标准值 NG_{2k} 总计

$$\text{立杆 1: } NG_{2k}=NG_{2k1}=0.945\text{kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{2k}=NG_{2k1}+NG_{2k2}+NG_{2k3}=0.945+1.020+1.350=3.315\text{kN}$$

单立杆施工活荷载计算

$$\text{立杆 1: } NQ_{1k}=l_a\times 0.9\times (n_{zj}\times Q_{kzj})/2=1.500\times 0.9\times (1\times 3)/2=2.025\text{kN}$$

$$\text{立杆 2: } NQ_{1k}=l_a\times 0.9\times (n_{zj}\times Q_{kzj})/2=1.500\times 0.9\times (1\times 3)/2=2.025\text{kN}$$

组合风荷载作用下单立杆轴向力:

$$\text{立杆 1: } N_1=1.3\times (NG_{1k}+NG_{2k})+0.9\times 1.5NQ_{1k}=1.3\times (1.484+0.945)+0.9\times 1.5\times 2.025=5.891\text{kN}$$

$$\text{立杆 2: } N_2=1.3\times (NG_{1k}+NG_{2k})+0.9\times 1.5NQ_{1k}=1.3\times (1.778+3.315)+0.9\times 1.5\times 2.025=9.355\text{kN}$$

$$\text{立杆最大轴力设计值 } N=\max(N_1,N_2)=\max(5.891,9.355)=9.355\text{kN}$$

五、立杆稳定性验算

立杆钢管类型	$\Phi 48.3\times 3.25$	立杆每米自重 $m(\text{kN})$	0.035
立杆截面抵抗矩 $W(\text{mm}^3)$	4860	立杆截面回转半径 $i(\text{mm})$	16



立杆抗压强度设计值 $[f](\text{N}/\text{mm}^2)$	300	立杆截面面积 $A(\text{mm}^2)$	460
连墙件布置方式	一步两跨	立杆计算长度系数 μ	1.45

1、立杆长细比验算

$$l_0 = \mu \times h = 1.45 \times 2 = 2.9\text{m}$$

$$\text{长细比} \lambda = l_0 / i = 2.9 \times 1000 / 16 = 181.25 \leq 210$$

查表得， $\phi = 0.16$

满足要求

2、立杆稳定性验算

$$M_w = 0.9 \times 1.5 \omega_k l_a h^2 / 10 = 0.9 \times 1.5 \times 0.626 \times 1.50 \times 2.00^2 / 10 = 0.507 \text{kN} \cdot \text{m}$$

外立杆的轴心压力标准值 N'

$$= (NG_{1k} + NG_{2k}) + N_{Q1k} = (1.778 + 3.315) + 2.025 = 7.118 \text{kN}$$

外立杆的轴心压力设计值 $N = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 N_{Q1k} = 1.3 \times$

$$(1.778 + 3.315) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 9.355 \text{kN}$$

$$\sigma = \gamma_0 [N / (\phi A) + M_w / W] = 1.1 \times [9354.65 / (0.160 \times 460.00) + 0.507 \times$$

$$10^6 / 4860] = 254.578 \text{N}/\text{mm}^2 \leq [f] / \gamma_R = 300 / 1.1 = 272.727 \text{N}/\text{mm}^2$$

满足要求！

六、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	一步两跨	连墙件连接方式	扣件连接
连墙件计算长度 $l_0(\text{mm})$	1800	连墙件截面类型	钢管
连墙件型号	$\Phi 48 \times 3$	扣件抗滑移折减系数	0.85
连墙件截面面积 $A_c(\text{mm}^2)$	424	连墙件截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9
连墙件抗压强度设计值 $[f](\text{N}/\text{mm}^2)$	205	扣件连接方式	双扣件

$$N_{lw} = 1.5 \times \omega_k \times L_l \times H_l = 1.5 \omega_k 1 h 2 l_a = 1.5 \times 0.626 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1.5 = 5.63 \text{kN}$$

长细比 $\lambda=l_0/i=1800/15.9=113.208$ ，查《规范》JGJ/T 231-2021 表 C 得， $\phi=0.496$

连墙件约束脚手架平面外变形所产生的轴向力 N_0 ，取 3kN。

$$(N_{lw}+N_0)/(\phi A_c)=(5.634+3)\times 10^3/(0.496\times 424)=41.055\text{N/mm}^2\leq [f]/\gamma$$

$$R=205/1.1=186.364\text{N/mm}^2$$

满足要求!

扣件抗滑承载力验算:

$$N_{lw}+N_0=5.634+3=8.634\text{kN}\leq 0.85\times 12=10.2\text{kN}$$

满足要求!

型钢主梁验算

一、基本参数

主梁离地高度(m)	80	悬挑方式	普通主梁悬挑
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	锚固螺栓连接
主梁建筑物外悬挑长度 L_x (mm)	1500		

二、荷载布置参数

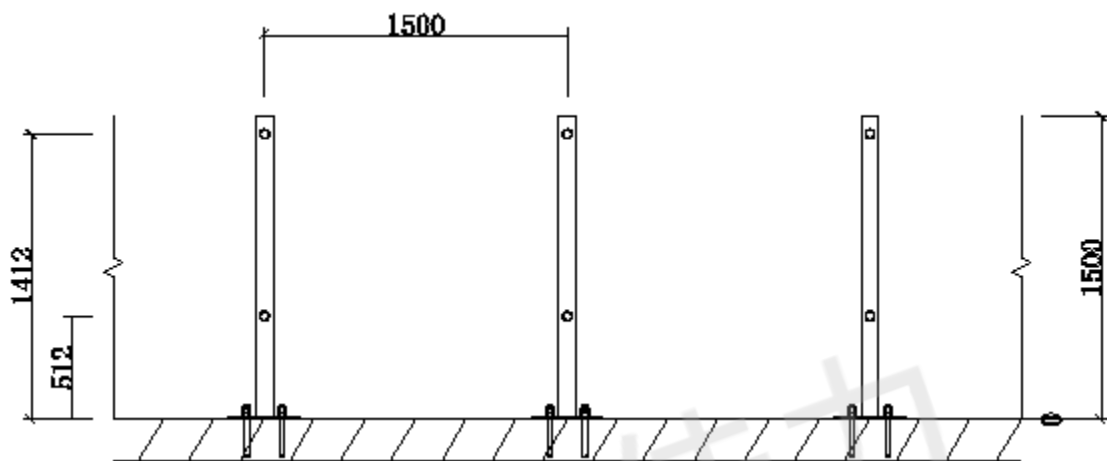
支撑点号	支撑方式	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 L_1 (mm)	支撑件上下固 定点的水平距离 L_2 (mm)	是否参与计算
1	上拉	1100	2900	1100	是

参考上方外立杆的轴心压力设计值计算方法，计算出内立杆轴心压力设计值及标准值如下:

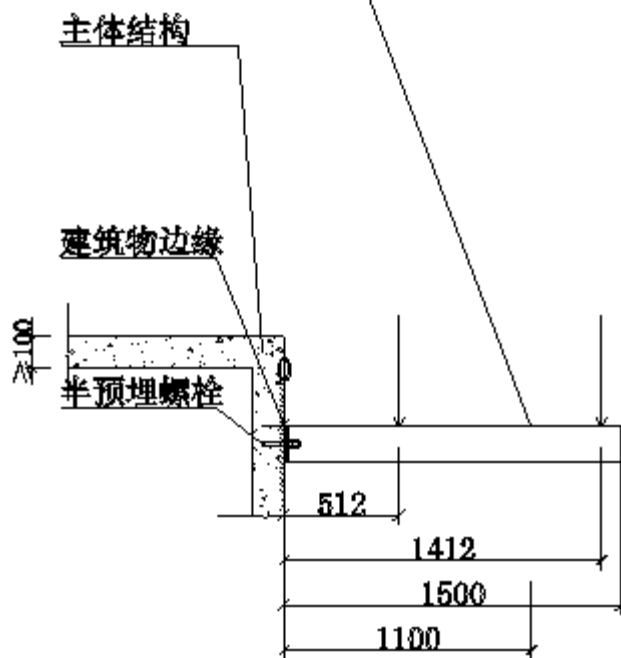
作用	各排立杆传至梁上荷载	各排立杆传至梁上荷载	各排立杆距主梁外锚固	主梁间距
----	------------	------------	------------	------

点号	标准值 F(kN)	设计值 F(kN)	点水平距离(mm)	la(mm)
1	4.454	5.891	512	1500
2	7.118	9.355	1412	1500

附图如下:



平面图



立面图

三、主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁合并根数 n_z	1
主梁材料规格	16 号工字钢	主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11
主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130	主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141
主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205	主梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215
主梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125	主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000
主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/250		

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.205 = 0.205 \text{ kN/m}$$

$$\text{第 1 排: } F'_1 = F'_1 / n_z = 4.454 / 1 = 4.454 \text{ kN}$$

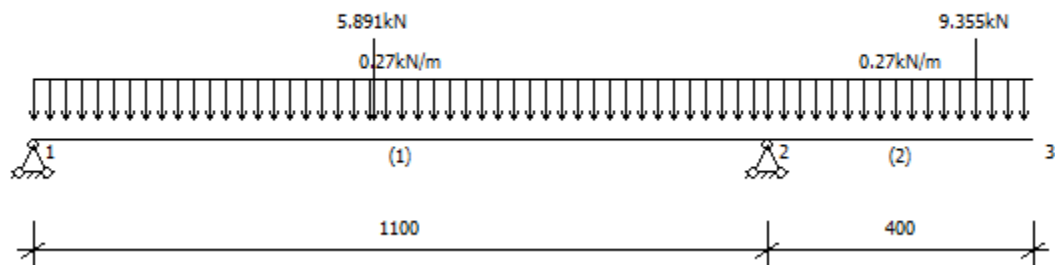
$$\text{第 2 排: } F'_2 = F'_2 / n_z = 7.118 / 1 = 7.118 \text{ kN}$$

荷载设计值:

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.267 \text{ kN/m}$$

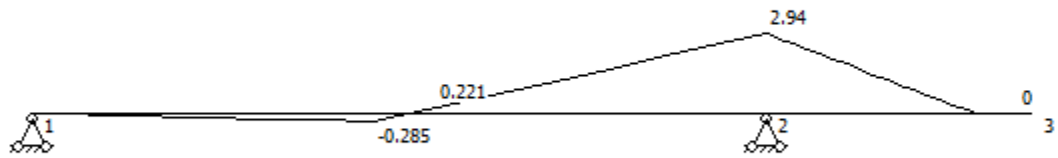
$$\text{第 1 排: } F_1 = F_1 / n_z = 5.891 / 1 = 5.891 \text{ kN}$$

$$\text{第 2 排: } F_2 = F_2 / n_z = 9.355 / 1 = 9.355 \text{ kN}$$



计算简图

1、强度验算



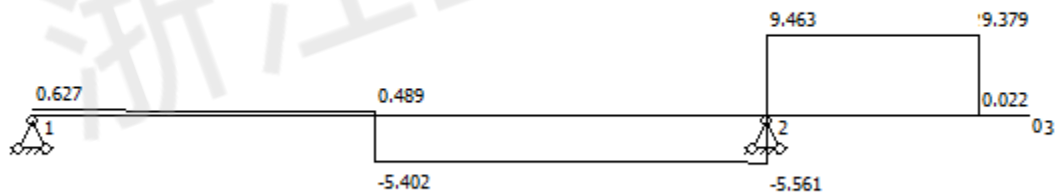
弯矩图(kN·m)

$$\sigma_{\max} = \gamma_0 M_{\max} / W = 1.1 \times 2.94 \times 10^6 / 141000 = 22.939 \text{ N/mm}^2 \leq [f] / \gamma$$

$$R = 215 / 1.1 = 195.455 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

2、抗剪验算



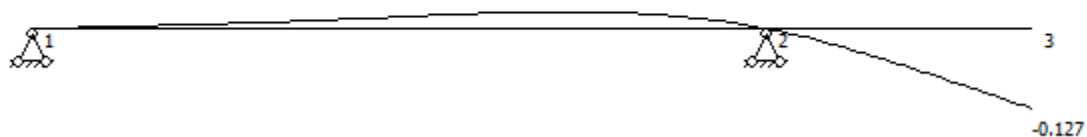
剪力图(kN)

$$\tau_{\max} = \gamma_0 Q_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 1.1 \times 9.463 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 12.302 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\max} = 12.302 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] / \gamma_R = 125 / 1.1 = 113.636 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

3、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=0.127\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 400/250=3.2\text{mm}$$

符合要求!

4、支座反力计算

设计值: $R_1=0.627\text{kN}$, $R_2=15.024\text{kN}$

四、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	花篮螺栓在螺纹处的有效直径 $d_e(\text{mm})$	18
花篮螺栓抗拉强度设计值 $[f_t](\text{N/mm}^2)$	170		

上拉杆件与建筑物连接参数:

上拉连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	上拉杆与建筑物连接螺栓个数	1
	栓	n_1 :	
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20



摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(kN)$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1	预埋螺栓埋入深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 $s_1(mm)$	150
预埋螺栓机械锚固或穿墙螺栓垫板边长/直径 $a_1(mm)$	40	梁/楼板混凝土强度等级	C35
混凝土的实测抗压强度 $f_c(N/mm^2)$	16.7	混凝土的实测抗拉强度 $f_t(N/mm^2)$	1.57

上拉杆件与主梁连接参数:

轴销钢材类型	45 号钢	轴销直径(mm)	22
轴销抗剪强度设计值 $f_{vb}(N/mm^2)$	346	轴销连接耳板承压强度设计值 $f_{cb}(N/mm^2)$	320
型钢主梁位置吊耳板连接轴销个数 n_2	1		

1、上拉杆强度验算

上拉杆件角度计算:

$$\alpha_1 = \arctan L_1 / L_2 = \arctan(2900 / 1100) = 69.228^\circ$$

上拉杆件支座力:

$$\text{设计值: } R_{S1} = n_z R_2 = 1 \times 15.024 = 15.024 kN$$

主梁轴向力设计值:

$$N_{SZ1} = R_{S1} / \tan \alpha_1 = 15.024 / \tan 69.228^\circ = 5.699 kN$$

上拉杆件轴向力:

$$\text{设计值: } N_{S1} = \gamma_0 R_{S1} / \sin \alpha_1 = 1.1 \times 15.024 / \sin 69.228^\circ = 17.675 kN$$

$$\text{上拉杆件的最大轴向拉力设计值: } N_S = \max[N_{S1} \dots N_{Si}] = 17.675 kN$$

轴心受拉稳定性计算： $\sigma=N_s/A=17.675\times 10^3/314.2=56.255\text{N/mm}^2\leq f=270\text{N/mm}^2$

符合要求!

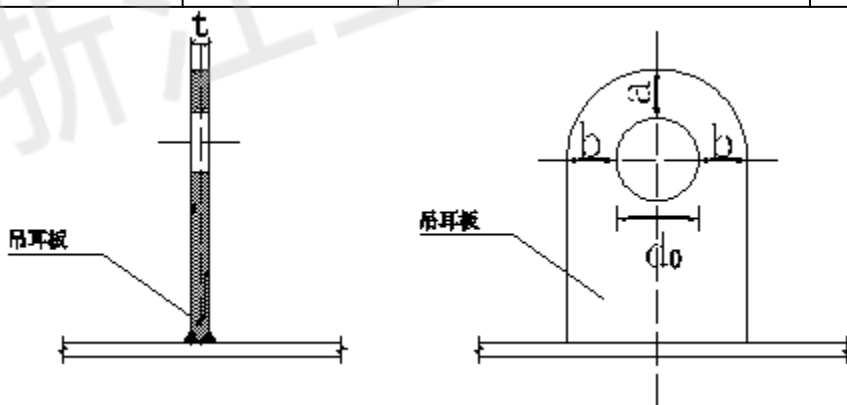
2、花篮螺栓验算

$\sigma=N_s/(\pi\times d_e^2/4)=17.675\times 10^3/(\pi\times 18^2/4)=69.459\text{N/mm}^2\leq [f_t]=170\text{N/mm}^2$

符合要求!

3、吊耳板计算

型钢主梁上吊耳板排数	1	吊耳板厚 t(mm)	10
吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50	顺受力方向,吊孔边距板边缘最小 距离 a(mm)	65
吊孔直径 d ₀ (mm)	25	吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60
吊耳板抗拉强度设计值 f(N/mm ²)	205	吊耳板抗剪强度设计值 f _v (N/mm ²)	120



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为

$$N_d=17.675/1=17.675\text{kN}$$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$$B_e=2t+16=2\times 10+16=36\text{mm}\leq b=50\text{mm}$$

满足要求!

$$4B_e/3 = 4 \times 36/3 = 48\text{mm} \leq a = 65\text{mm}$$

满足要求!

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

$$\text{计算宽度: } b_1 = \min(2t+16, b-d_0/3) = \min(2 \times 10+16, 50-25/3) = 36\text{mm}$$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 17.675 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 36) = 24.549\text{N/mm}^2 \leq f = 205\text{N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求!

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a-2d_0/3)] = 17.675 \times 10^3 / [2 \times 10 \times (65-2 \times 25/3)] = 18.285\text{N/mm}^2 \leq$$

$$f = 205\text{N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求!

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z = [(a+d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65+25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485\text{mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 17.675 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 76.485) = 11.555\text{N/mm}^2 \leq f_v = 120\text{N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求!

4、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

角焊缝焊脚尺寸 hf(mm)	8	角焊缝强度设计值 f_f^w (N/mm ²)	160
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝 总长度 lw1(mm)	120		

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载 F、平行焊缝方向荷载 V 分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：



单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 $F_1 = \gamma_0 R_{S1} / 1 = 1.1 \times 15.024 / 1 = 16.526 \text{ kN}$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载 $V_1 = \gamma_0 R_{SZ1} / 1 = 1.1 \times 5.699 / 1 = 6.269 \text{ kN}$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7 h_f l_{w1}) = 16.526 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 120) = 24.593 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7 h_f l_{w1}) = 6.269 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 120) = 9.328 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M / W = V_1 L / (0.7 h_f l_{w1}^2 / 6) = (6.269 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 8 \times 120^2 / 6) = 27.985 \text{ N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[(\sigma_N + \sigma_M) / \beta_f]^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [(24.593 + 27.985) / 1.22]^2 + 9.328^2]^{0.5} = 44.094 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

5、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	8	角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160
钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总长度 $l_{w2}(\text{mm})$	120		

钢拉杆与吊耳板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 h_f \times l_{w2}) = 17.675 \times 10^3 / (0.7 \times 8 \times 120) = 26.302 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算符合要求！

6、上拉与主梁连接吊耳板轴销验算

单个轴销抗剪承载力设计值：

$$N_v^b = n_v \pi d^2 f_v^b / 4 = 1 \times 3.142 \times 22^2 \times 346 / (4 \times 1000) = 131.526 \text{ kN}$$

$$\text{轴销所受剪力： } N_v = N_s / n_2 = 17.675 / 1 = 17.675 \text{ kN} \leq N_v^b = 131.526 \text{ kN}$$

上拉与主梁连接吊耳板轴销抗剪符合要求！

单个轴销承压验算：

$$\sigma_c = N_s / (dt) = 17.675 \times 10^3 / (22 \times 10) = 80.342 \text{ N/mm}^2 \leq f_c^b = 320 \text{ N/mm}^2$$

上拉与主梁连接吊耳板轴销承压符合要求！

7、上拉杆件与建筑物连接锚固螺栓验算

上拉杆 1:

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 17.675 \times \sin(90^\circ - 69.228^\circ) = 6.269 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 17.675 \times \cos(90^\circ - 69.228^\circ) = 16.526 \text{ kN}$$

$$\text{单个螺栓所受的拉力值: } N_t = N_{t1} / n_1 = 6.269 / 1 = 6.269 \text{ kN}$$

$$\text{单个螺栓所受的剪力值: } N_v = N_{v1} / n_1 = 16.526 / 1 = 16.526 \text{ kN}$$

$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9k_n \mu P = 0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125 = 56.25 \text{ kN}$$

$$\text{每个高强螺栓受拉承载力设计值 } N_t^b = 0.8P = 0.8 \times 125 = 100 \text{ kN}$$

$$N_v / N_v^b + N_t / N_t^b = 16.526 / 56.25 + 6.269 / 100 = 0.356 \leq 1$$

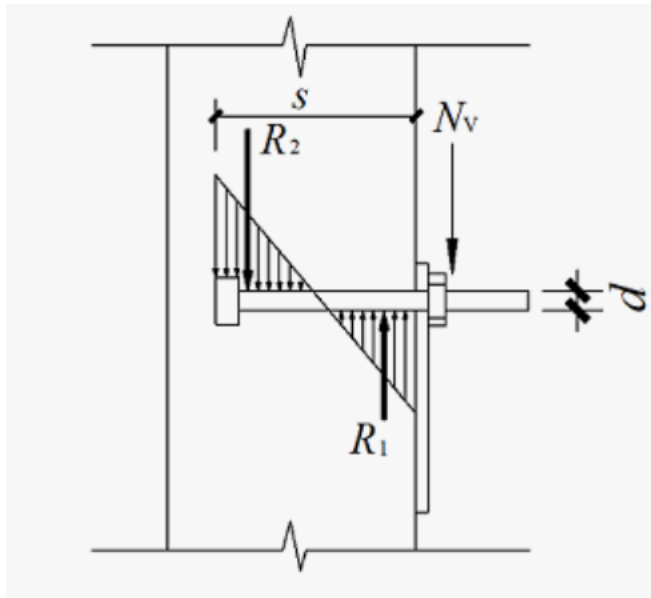
螺栓承载力满足要求。

8、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v = \max\{N_{v1}\} / n_1 = \max\{16.526\} / 1 = 16.526 / 1 = 16.526 \text{ kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35\beta_b\beta_l f_{cs} d$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数, 取 0.39;

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数, 按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010 (2015 版) 第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$;

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值;

$$1.35\beta_b\beta_l f_{cs} d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 16.526 \text{ kN}$$

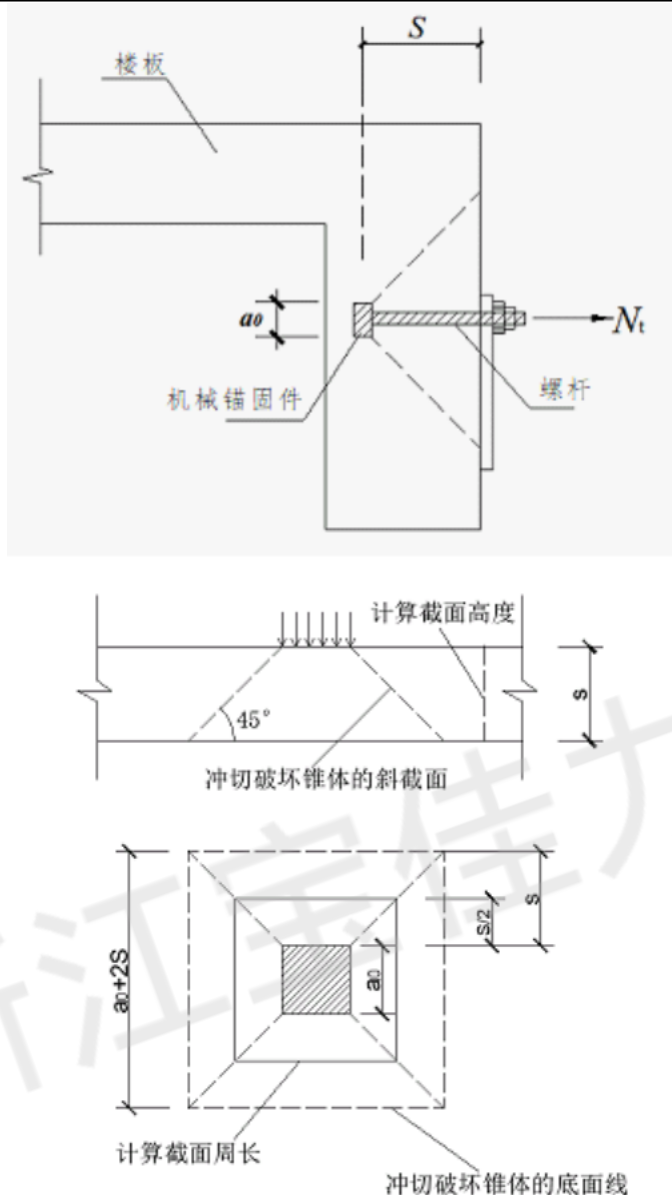
局部承压满足要求!

9、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置, 单个螺栓水平分力合力最大值为:

$$N_t = \max\{N_{t1}\} / n_1 = \max\{6.269\} / 1 = 6.269 / 1 = 6.269 \text{ kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下:



参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s_1$$

β_h -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s_1=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

f_t -混凝土轴心抗拉强度设计值；

μ_m -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $s_1/2$ 处垂直截面的

最不利周长，此处 $\mu_m=4\times(40+150)=760\text{mm}$

η -应取 $\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s_1/(4\mu_m)\}$

β_s -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， β_s 不宜大于 4；

当 β_s 小于 2 时取 2；对圆形冲切面， β_s 取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

α_s -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

故 $\eta=\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s_1/(4\mu_m)\}=\min\{0.4+1.2/2, 0.5+40\times150/(4\times760)\}=1$

$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s_1=(0.7\times1.0\times1.57\times1\times760\times150)/1000=125.286\text{kN}\geq N_t=6.269\text{kN}$

抗冲切满足要求！

五、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N=[(-(-N_{SZ1}))]/n_z=[(-(-5.699))]/1=5.699\text{kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max}=\gamma_0[M_{\max}/(\gamma W)+N/A]=1.1\times[2.94\times10^6/(1.05\times141\times10^3)+5.699\times10^3/2611]=24.247\text{N/mm}^2\leq[f]/\gamma_R=215/1.1=195.455\text{N/mm}^2$

塑性发展系数 γ

符合要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b=2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附表 C，得到 ϕ_b' 值为 0.93。

$\gamma_0 M_{\max}/(\phi_b' W_x f/\gamma_R)=1.1\times2.94\times10^6/(0.929\times141\times215\times10^3/1.1)=0.126\leq1$

符合要求！

六、主梁与建筑物节点验算

1、计算参数

主梁与建筑物连接螺栓类型	摩擦型高强螺	竖向连接钢板强度等级	Q235
--------------	--------	------------	------

	栓		
竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10	主梁与建筑物连接螺栓个数 n :	2
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20
摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1	梁/楼板混凝土强度等级	C35
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150	混凝土的实测抗压强度 $f_c(\text{N/mm}^2)$	16.7
混凝土的实测抗拉强度 $f_t(\text{N/mm}^2)$	1.57		

2、高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=1.1 \times 0.627=0.69\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.69/2=0.345\text{kN}$$

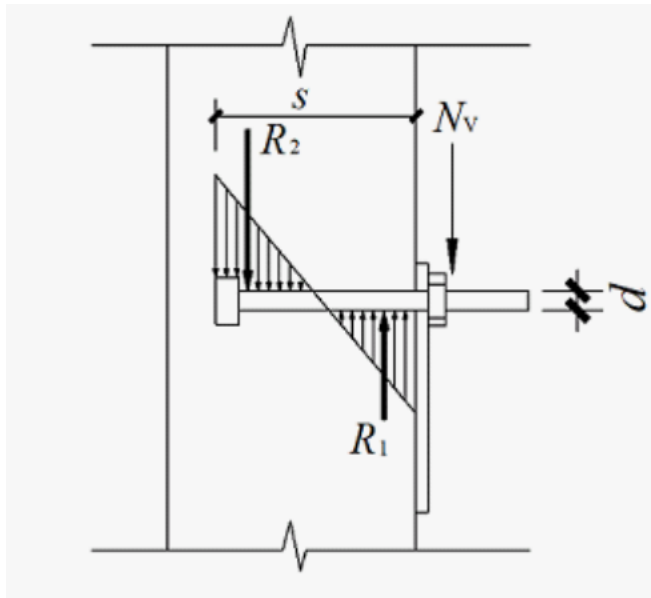
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=0.345/56.25=0.006 \leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3、混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35\beta_b\beta_l f_c s d$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数, 取 0.39;

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数, 按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010 (2015 版) 第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$;

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值;

$$1.35\beta_b\beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 0.345 \text{ kN}$$

局部承压满足要求!

第二段花篮螺栓悬挑架(阳角整体计算)计算书

计算依据:

- 1、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 2、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 3、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 4、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术标准》T/CECS 699-2020
- 5、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018

6、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022

7、《钢结构通用规范》GB 55006-2021

8、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021

9、《工程结构通用规范》GB 55001-2021

一、基本参数

1、基本参数

建筑物阳角处角度 β	90	建筑物 B 向是否有悬挑主梁	有
建筑物 A 向立杆排数 n_1	2	建筑物 A 向是否有联梁	无
建筑物 B 向立杆排数 n_2	2	建筑物 B 向是否有联梁	有
梁/楼板混凝土强度等级	C35	混凝土的实测抗压强度 $f_c(N/mm^2)$	16.7
混凝土的实测抗拉强度 $f_t(N/mm^2)$	1.57		

2、立杆荷载参数

建筑物 A 向各排立杆荷载及离墙距离:

	荷载标准值 $F_k(kN)$	荷载设计值 $F(kN)$	离墙距离(m)
A 向第 1 排立杆	4	5.2	0.5
A 向第 2 排立杆	5	7.5	1.4

建筑物 B 向各排立杆荷载及离墙距离:

	荷载标准值 $F_k(kN)$	荷载设计值 $F(kN)$	离墙距离(m)
B 向第 1 排立杆	4	5.2	0.512
B 向第 2 排立杆	5	7.5	1.412

转角处的立杆荷载根据转角部位的立杆间距与普通部位的立杆间距进行折减, 折减后该根立杆荷载设计值为 $F=2.25\text{kN}$, 标准值为 $F'=1.5\text{kN}$ 。

3、立杆坐标

建筑物 A 向各排立杆最左侧立杆坐标:

	最左侧立杆坐标(m)(X_{Bi} , Y_{Bi})
A 向第 1 排立杆	(-1.42, 0.5)
A 向第 2 排立杆	(-1.42, 1.4)

建筑物 B 向最上部各排立杆坐标:

	最上部立杆坐标(m)(X_{Bi} , Y_{Bi})
B 向第 1 排立杆	(-0.512, 1.4)
B 向第 2 排立杆	(-1.412, 1.4)

4、立杆间距参数

建筑物 A 向各排立杆依次纵距:

依次纵距/排数	A 向第 1 排	A 向第 2 排
$La1(\text{mm})$	900	900
$La2(\text{mm})$	1500	1500

建筑物 B 向各排立杆依次纵距:

依次纵距/排数	B 向第 1 排	B 向第 2 排
$La1(\text{mm})$	900	900
$La2(\text{mm})$	1500	1500

La3(mm)	900	900
---------	-----	-----

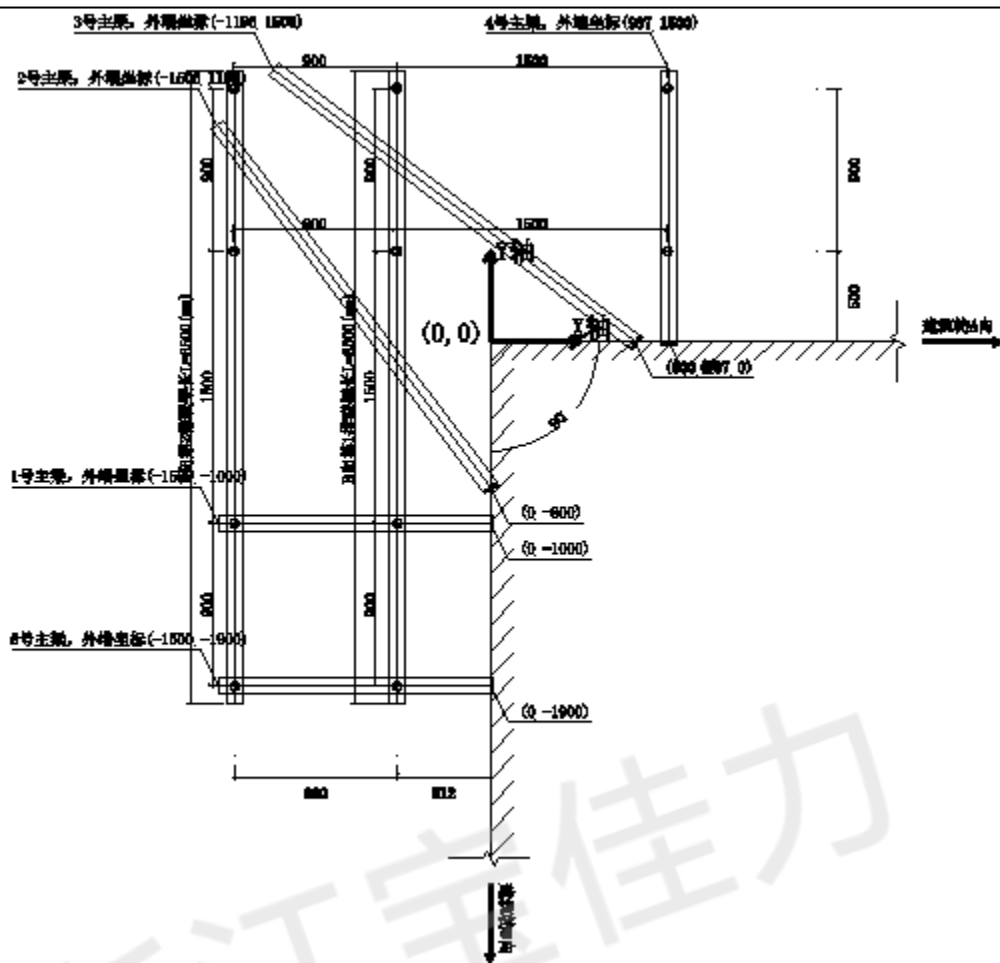
二、联梁布置

B 向联梁:

B 向	是否有联梁	上端坐标(m)(X 上, Y 上)	长度 L(m)
第 1 排	是	(-0.512, 1.5)	3.5
第 2 排	是	(-1.412, 1.5)	3.5

三、主梁布置及锚固参数

序号	主梁外端点坐标(X1,Y1)	主梁外锚固点坐标 (X2,Y2)	主梁锚固方式
1	(-1.5, -1)	(0, -1)	锚固螺栓
2	(-1.506, 1.196)	(0, -0.8)	锚固螺栓
3	(-1.196, 1.506)	(0.8, 0)	锚固螺栓
4	(0.987, 1.5)	(0.987, 0)	锚固螺栓
5	(-1.5, -1.9)	(0, -1.9)	锚固螺栓



平面图

四、联梁验算

联梁材料类型	工字钢	联梁材料规格	16 号工字钢
联梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11	联梁截面惯性矩 $I_y(\text{cm}^4)$	1130
联梁截面抵抗矩 $W_y(\text{cm}^3)$	141	联梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205
联梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215	联梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125
联梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000		

1、B 向第 1 排联梁计算

荷载标准值:

$$q'=g_k=0.205\text{kN/m}$$

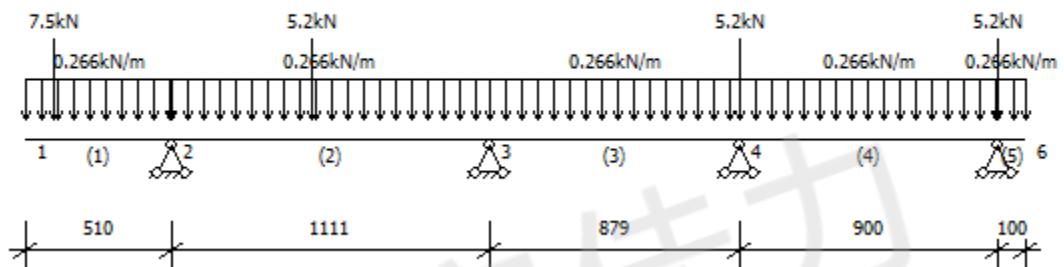
$$F_1'=5\text{kN}, F_2'=4\text{kN}, F_3'=4\text{kN}, F_4'=4\text{kN}$$

荷载设计值:

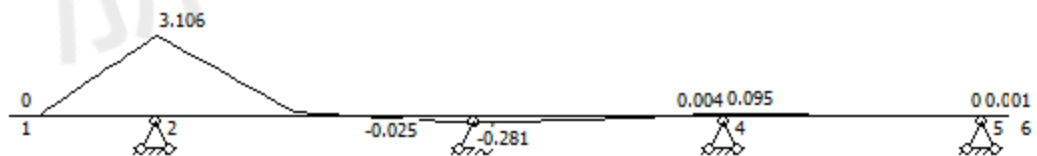
$$q=1.3\times g_k=1.3\times 0.205=0.266\text{kN/m}$$

$$F_1=7.5\text{kN}, F_2=5.2\text{kN}, F_3=5.2\text{kN}, F_4=5.2\text{kN}$$

计算简图如下:



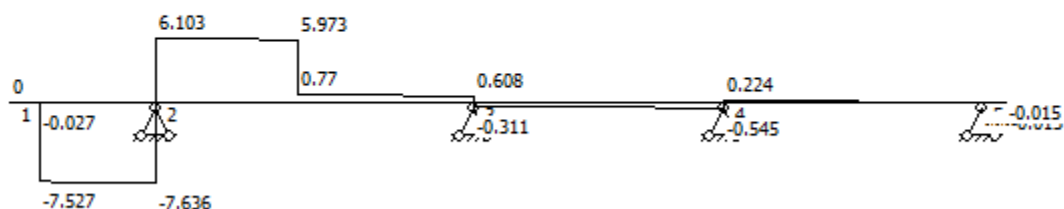
1) 抗弯验算



$$\sigma=M_{\max}/W=3.106\times 10^6/(141\times 10^3)=22.028\text{ N/mm}^2\leq [f]=215\text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

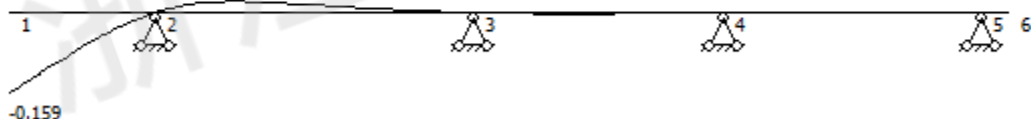


$$V_{\max}=7.636\text{kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max}/(8I_z\delta)[bh_0^2-(b-\delta)h^2]=7.636\times 1000\times[88\times 160^2-(88-6)\times 140.2^2]/(8\times 11300000\times 6)=9.024\text{N/mm}^2\leq[\tau]=125\text{N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$\text{跨中 } v_{\max}=0.022\text{mm}\leq[v]=L/250=1111/250=4.444\text{mm};$$

$$\text{悬臂端 } v_{\max}=0.159\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 510/250=4.08\text{mm};$$

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$$R_1'=9.432\text{kN};$$

$$R_2'=-0.207\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时，该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3'=4.435\text{kN};$$

$$R_4'=4.058\text{kN};$$

承载能力极限状态下:

$$R_1=13.739\text{kN};$$

$$R_2=-0.919\text{kN};$$

当联梁支座反力有负数时，该联梁在该点处对主梁造成荷载为 0。

$$R_3=5.969\text{kN};$$

$$R_4=5.242\text{kN};$$

2、B 向第 2 排联梁计算

荷载标准值:

$$q'=g_k=0.205\text{kN/m}$$

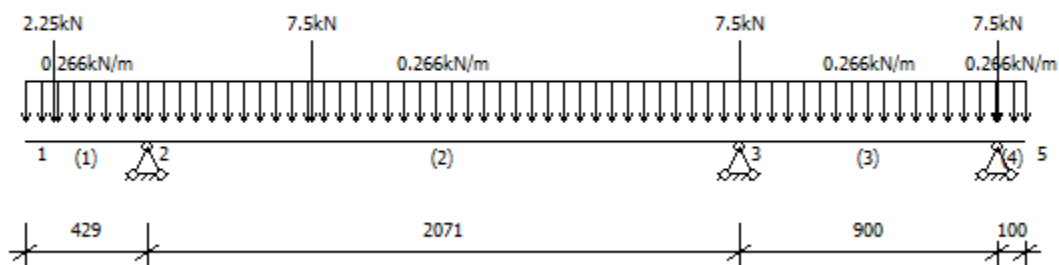
$$F_1'=1.5\text{kN}, F_2'=5\text{kN}, F_3'=5\text{kN}, F_4'=5\text{kN}$$

荷载设计值:

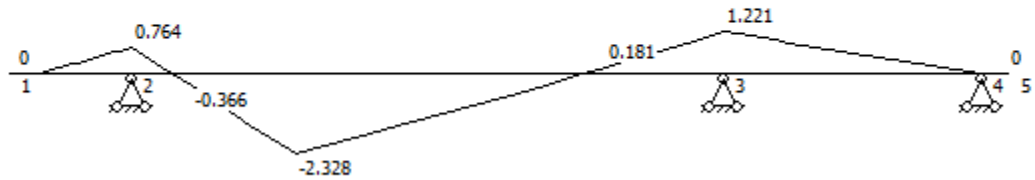
$$q=1.3 \times g_k=1.3 \times 0.205=0.266\text{kN/m}$$

$$F_1=2.25\text{kN}, F_2=7.5\text{kN}, F_3=7.5\text{kN}, F_4=7.5\text{kN}$$

计算简图如下:



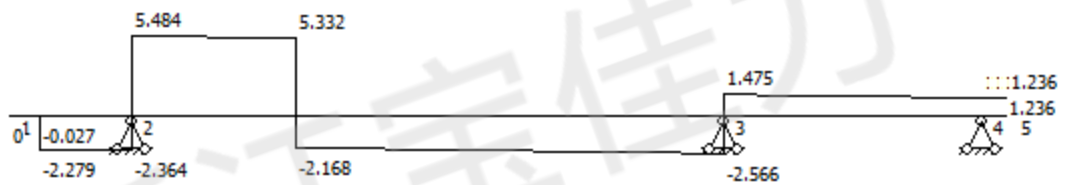
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 2.328 \times 10^6 / (141 \times 10^3) = 16.511 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

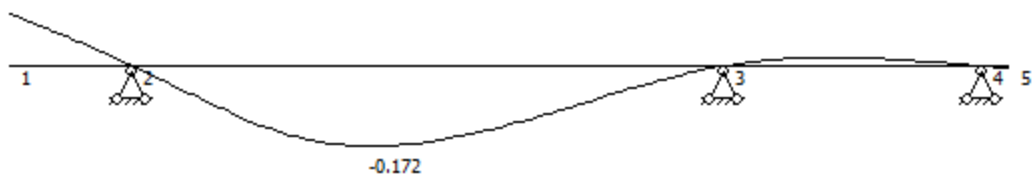


$$V_{\max} = 5.484 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 5.484 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 6.481 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



跨中 $v_{\max}=0.172\text{mm}\leq[v]=L/250=2071/250=8.284\text{mm}$;

悬臂端 $v_{\max}=0.112\text{mm}\leq[v]=2\times l_1/250=2\times 429/250=3.432\text{mm}$;

满足要求!

4) 支座反力计算

正常使用极限状态下:

$R_1'=5.269\text{kN}$;

$R_2'=7.751\text{kN}$;

$R_3'=4.198\text{kN}$;

承载能力极限状态下:

$R_1=7.849\text{kN}$;

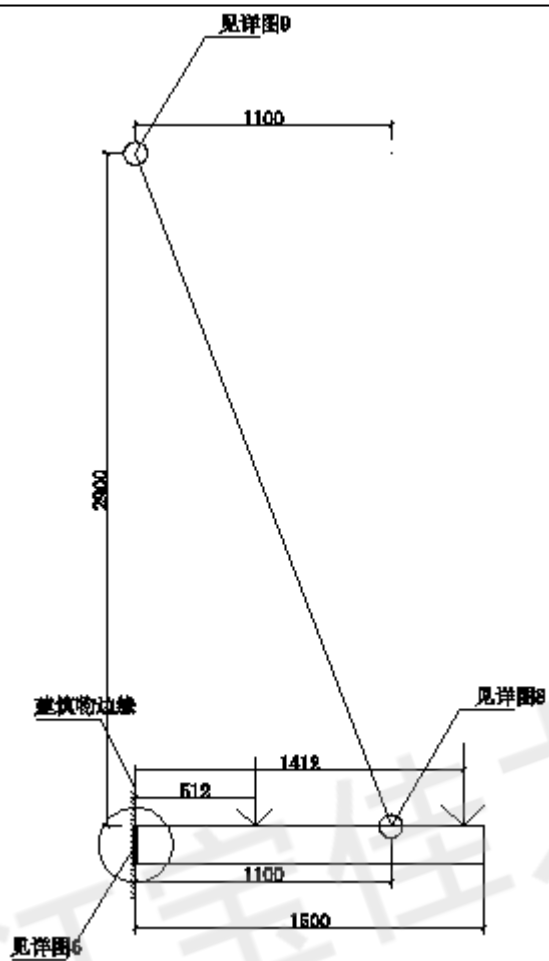
$R_2=11.542\text{kN}$;

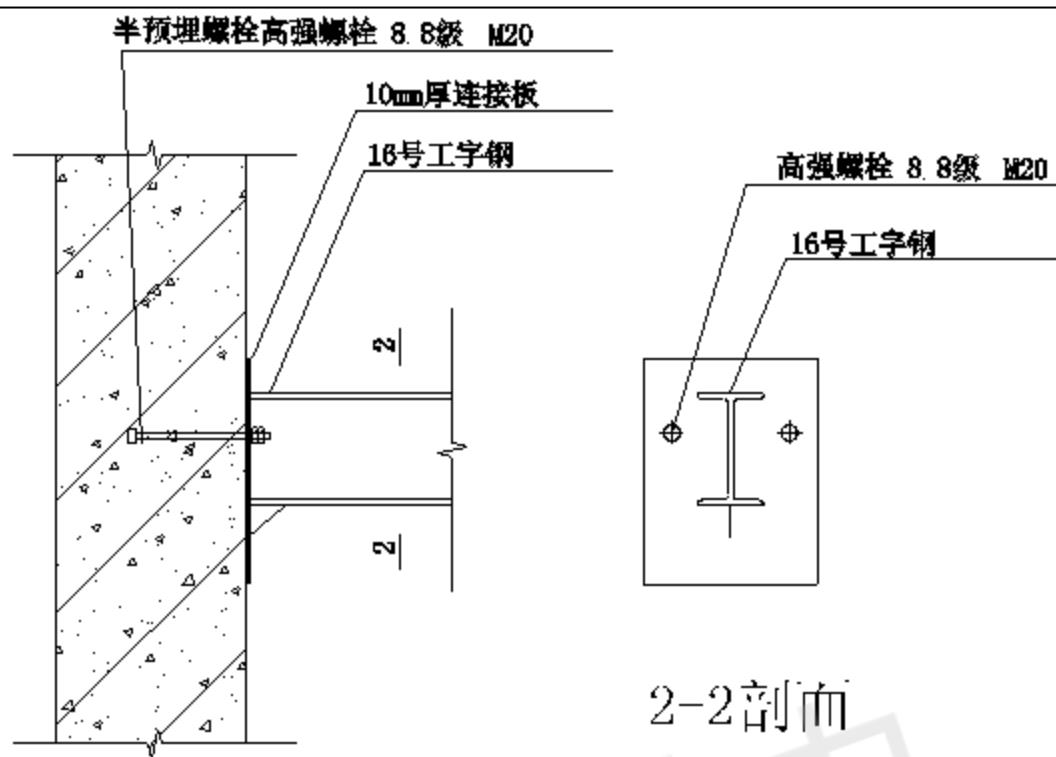
$R_3=6.291\text{kN}$;

五、1 号主梁验算

1、1 号主梁验算

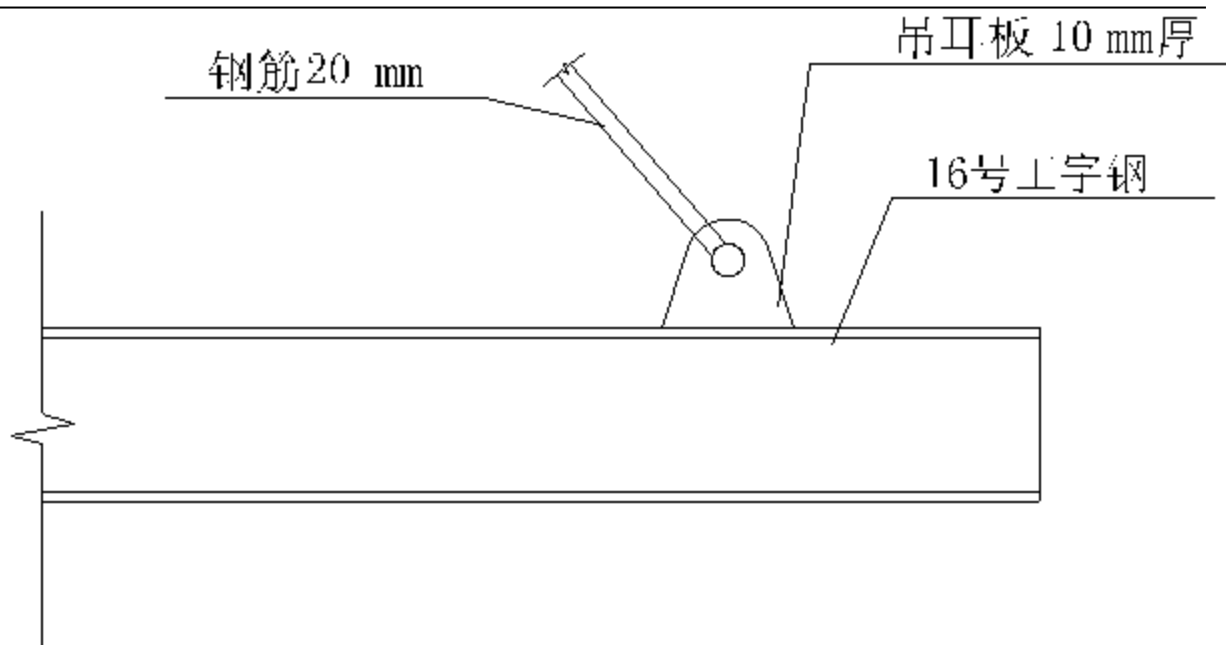
主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	16 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 τ (N/mm^2)	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/250
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150		





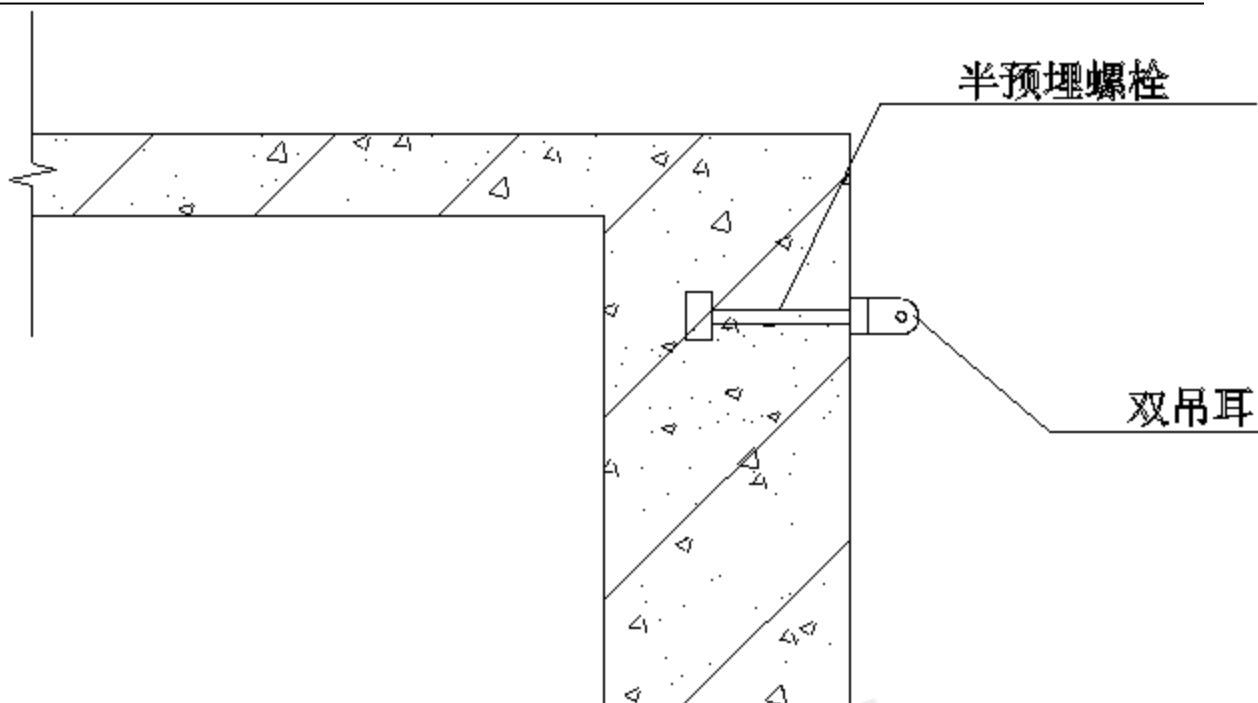
详图6

详图 6



详图⑧

详图 8



详图⑨

详图 9

主梁 1 与 B 向第 1 排联梁、B 向第 2 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.205 \text{ kN/m}$$

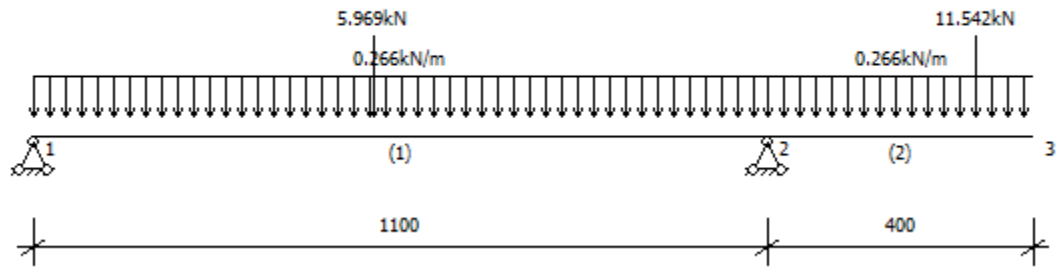
联梁传递的支座反力为： $R_1' = 4.435 \text{ kN}$; $R_2' = 7.751 \text{ kN}$;

荷载设计值：

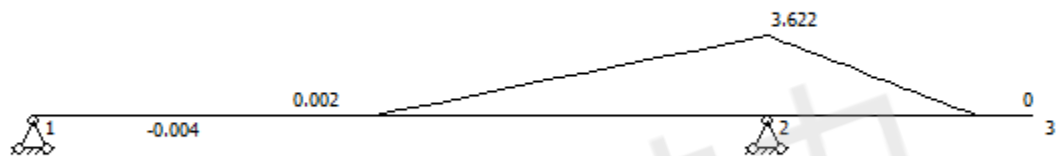
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.266 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为： $R_1 = 5.969 \text{ kN}$; $R_2 = 11.542 \text{ kN}$;

计算简图如下：



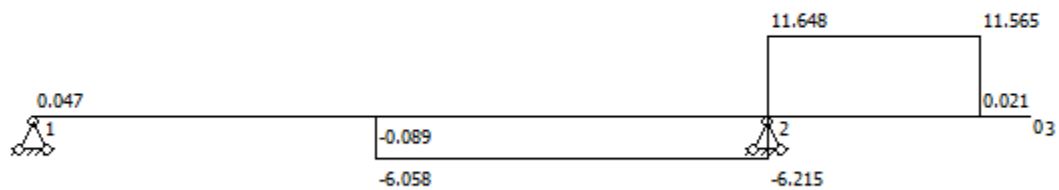
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 3.622 \times 10^6 / (141 \times 10^3) = 25.688 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

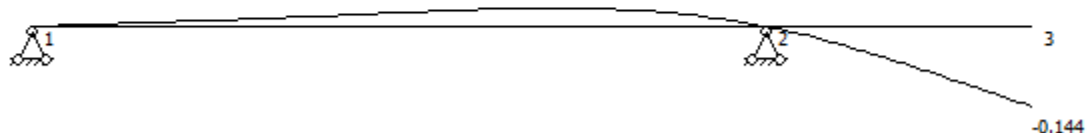


$$V_{\max} = 11.648 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 11.648 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 13.766 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.144\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 400/250=3.2\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=0.047\text{kN};$$

$$R_2=17.863\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固 定点的水平距离 m(mm)	是否参与 计算
1	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1100	2900	1100	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板

上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 t(mm)	10	吊孔直径 d ₀ (mm)	25
吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50
顺受力方向, 吊孔边距板边缘最小 距离 a(mm)	65	吊耳板抗拉强度设计值 f(N/mm ²)	205
吊耳板抗剪强度设计值 f _v (N/mm ²)	120	螺栓抗拉强度设计值 f _t ^b (N/mm ²)	170
螺栓抗剪强度设计值 f _v ^b (N/mm ²)	140	吊耳板螺栓直径 d(mm)	20
吊耳板螺栓个数 n	1	角焊缝焊脚尺寸 h _f (mm)	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝 总长度 l _{w1} (mm)	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总 长度 l _{w2} (mm)	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 d(mm)	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 n	1
角焊缝强度设计值 f _f ^w (N/mm ²)	160	上拉与建筑物连接预埋螺栓埋入 深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 s(mm)	150
上拉与建筑物连接预埋螺栓机械 锚固件或穿墙螺栓垫板边长/直径 a ₁ (mm)	40		

上拉杆件角度计算:

$$\alpha_1 = \arctan(n_1/m_1) = \arctan(2900/1100) = 69.228^\circ$$

上拉杆件支座力：

设计值： $R_{S1}=R_2=17.863\text{kN}$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力：

$N_{SZ1}=R_{S1}/\tan\alpha_1=17.863/\tan(69.228^\circ)=6.776\text{kN}$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力：

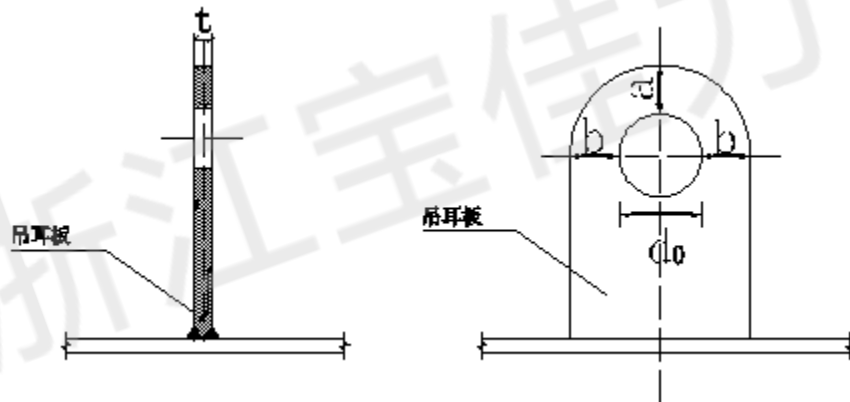
设计值： $N_{S1}=R_{S1}/\sin\alpha_1=17.863/\sin(69.228^\circ)=19.105\text{kN}$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力： $N_s=\max[N_{S1}]=19.105\text{kN}$

$\sigma=N_s/A=19.105\times 10^3/314.2=60.805\text{N/mm}^2\leq f=270\text{N/mm}^2$

满足要求！

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为

$N_d=19.105/1=19.105\text{kN}$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$B_e=2t+16=2\times 10+16=36\text{mm}\leq b=50\text{mm}$

满足要求！

$4B_e/3=4\times 36/3=48\text{mm}\leq a=65\text{mm}$

满足要求！

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

计算宽度: $b_1 = \min(2t+16, b-d_0/3) = \min(2 \times 10 + 16, 50 - 25/3) = 36\text{mm}$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 19.105 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 36) = 26.535 \text{N/mm}^2 \leq f = 205 \text{N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求!

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0/3)] = 19.105 \times 10^3 / [2 \times 10 \times (65 - 2 \times 25/3)] = 19.764 \text{N/mm}^2 \leq$$

$$f = 205 \text{N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求!

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z = [(a + d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65 + 25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 19.105 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 76.485) = 12.489 \text{N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求!

5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载 F 、平行焊缝方向荷载 V 分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

$$\text{单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 } F_1 = R_{S1} / 1 = 17.863 / 1 = 17.863 \text{kN}$$

$$\text{单个吊耳板平行焊缝方向荷载 } V_1 = R_{SZ1} / 1 = 6.776 / 1 = 6.776 \text{kN}$$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7h_{flw1}) = 17.863 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 21.266 \text{N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7h_{flw1}) = 6.776 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 8.067 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M / W = V_1 L / (0.7h_{flw1}^2 / 6) = (6.776 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2 / 6) = 24.2 \text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[\frac{(\sigma_N + \sigma_M)}{\beta_f} + \tau_v]^2 = [((21.266 + 24.2)/1.22)^2 + 8.067^2]^{0.5} = 38.13 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 19.105 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 27.293 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

7、上拉杆与主梁连接点计算

1) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力: } N_v = N_s / n = 19.105 / 1 = 19.105 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力 $N_s = 19.105 \text{ kN}$

上拉杆 1:

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 19.105 \times \sin(90^\circ - 69.228^\circ) = 6.776 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 19.105 \times \cos(90^\circ - 69.228^\circ) = 17.863 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = N_{t1} / n = 6.776 / 1 = 6.776 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = N_{v1} / n = 17.863 / 1 = 17.863 \text{ kN}$$

1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

单个螺栓所受拉力： $N = N_t = 6.776 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$

符合要求！

2) 螺栓抗剪验算

单个螺栓受剪承载力设计值 $N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

螺栓所受剪力： $V = N_v = 17.863 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$

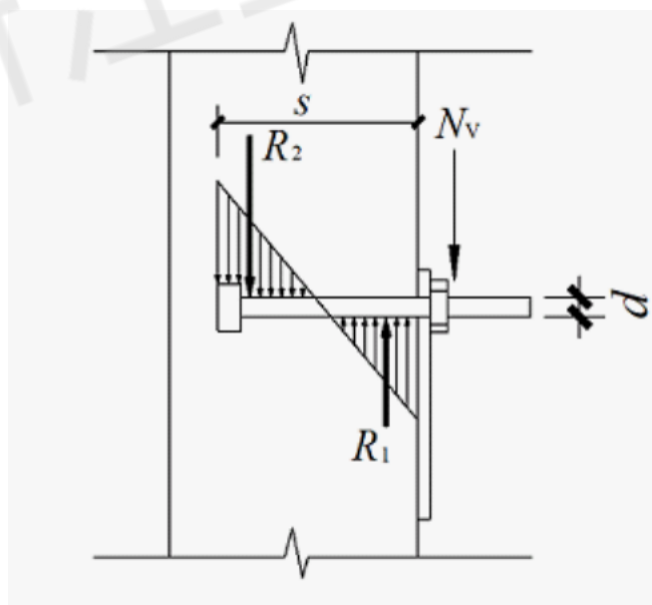
符合要求！

9、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v = 17.863 \text{ kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35 \beta_b \beta_f f_c s d$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 17.863 \text{ kN}$$

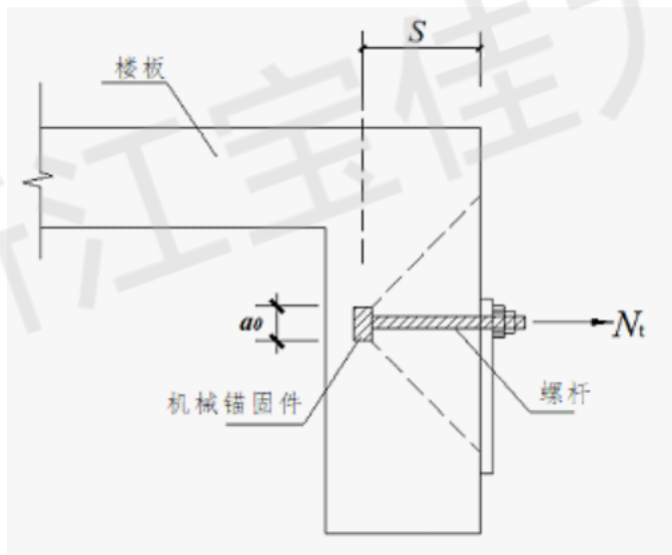
局部承压满足要求！

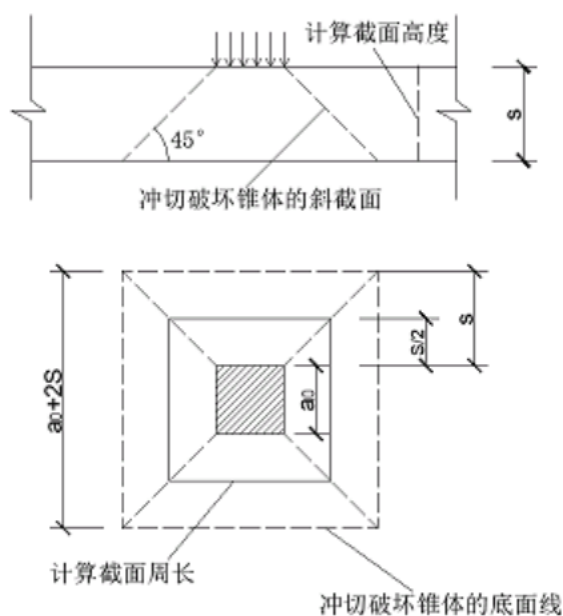
10、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓水平分力合力最大值为：

$$N_t = 6.776 \text{ kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下：





参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s$$

β_h -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

f_t -混凝土轴心抗拉强度设计值；

μ_m -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $s/2$ 处垂直截面的最不利周长，此处 $\mu_m=4 \times (40+150)=760\text{mm}$

η -应取 $\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}$

β_s -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， β_s 不宜大于 4；当 β_s 小于 2 时取 2；对圆形冲切面， β_s 取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

α_s -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

故 $\eta=\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}=\min\{0.4+1.2/2, 0.5+40 \times 150/(4 \times 760)\}=1$

$$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s = (0.7 \times 1.0 \times 1.57 \times 1 \times 760 \times 150) / 1000 = 125.286 \text{ kN} \geq N_t = 6.776 \text{ kN}$$

局部承压满足要求！

11、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = N_{sz1} = 6.776 \text{ kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 3.622 \times 10^6 / (1.05 \times 141000) + 6.776 \times 10^3 / 2611 = 27.06 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附录 C，得到 ϕ_b' 值为 0.929。

$M_{\max} / (\phi_b' W_x f) = 3.622 \times 10^6 / (0.929 \times 141 \times 10^3 \times 215) = 0.129 \leq 1$

符合要求！

12、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	摩擦型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M20	高强螺栓个数 n	2
摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1		

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=0.047\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.047/2=0.024\text{kN}$$

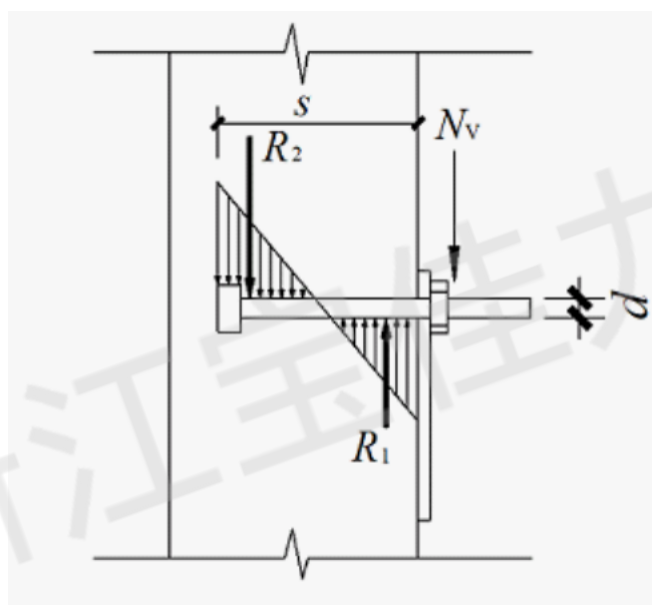
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=0.024/56.25=0\leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3) 混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v\leq 1.35\beta_b\beta_l f_{csd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

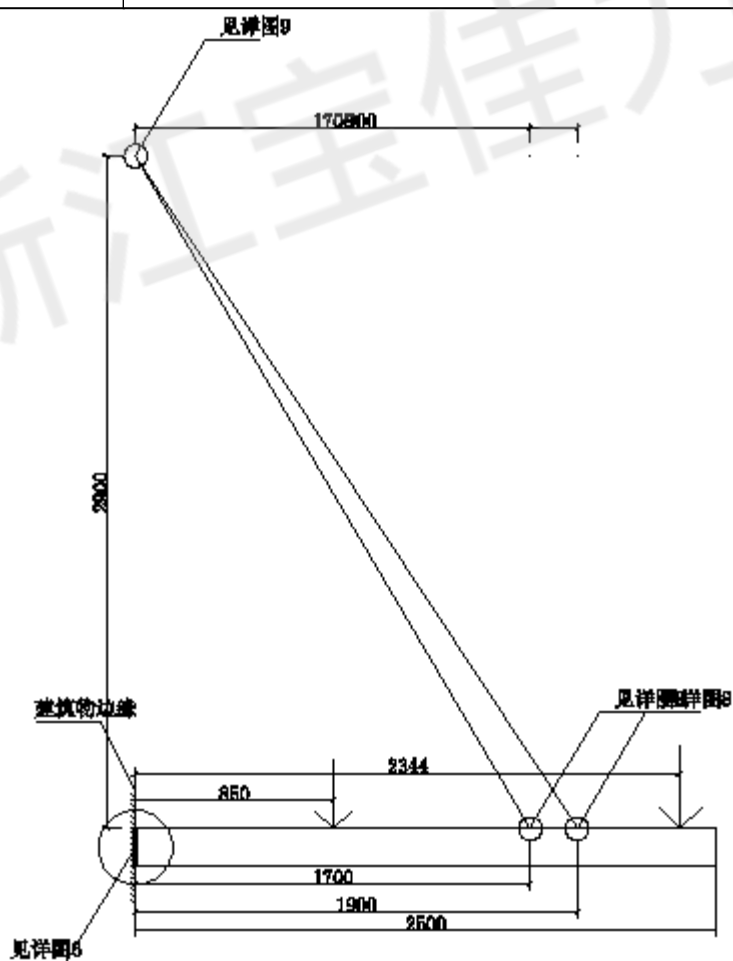
$$1.35\beta_b\beta_l f_{csd}=(1.35\times 0.39\times 1.73\times 16.7\times 150\times 20)/1000=45.633\text{kN}\geq N_v=0.024\text{kN}$$

局部承压满足要求！

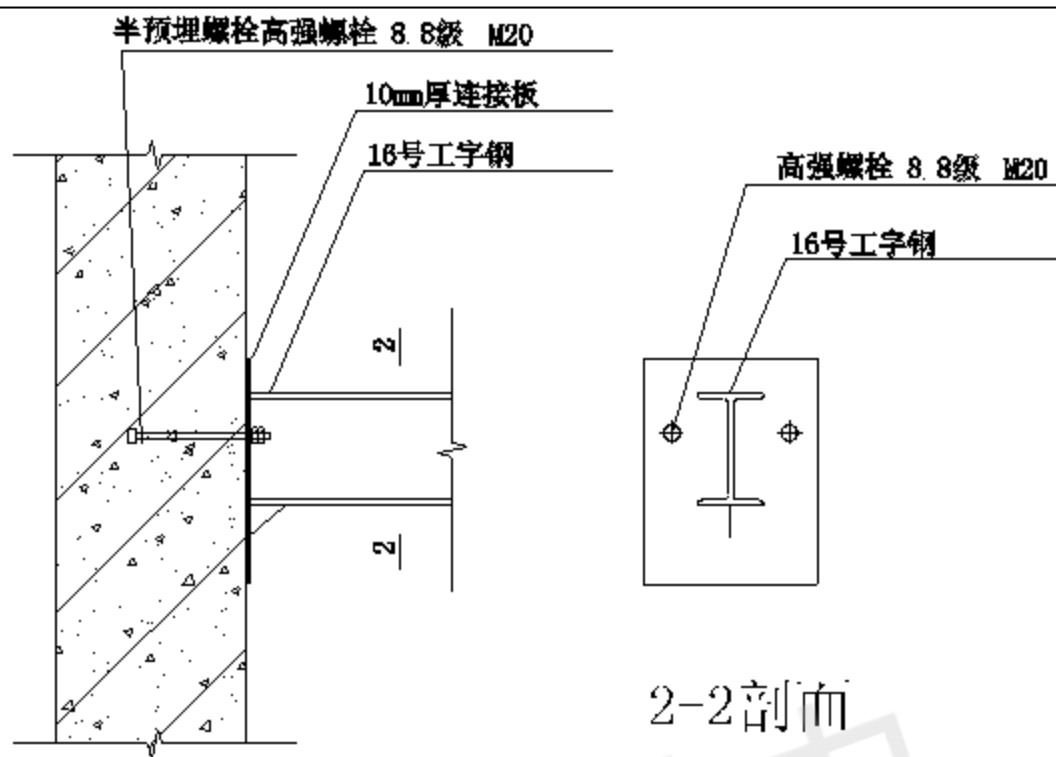
六、2 号主梁验算

1、2 号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	16 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 τ (N/mm^2)	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[u](\text{mm})$	1/250
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150		

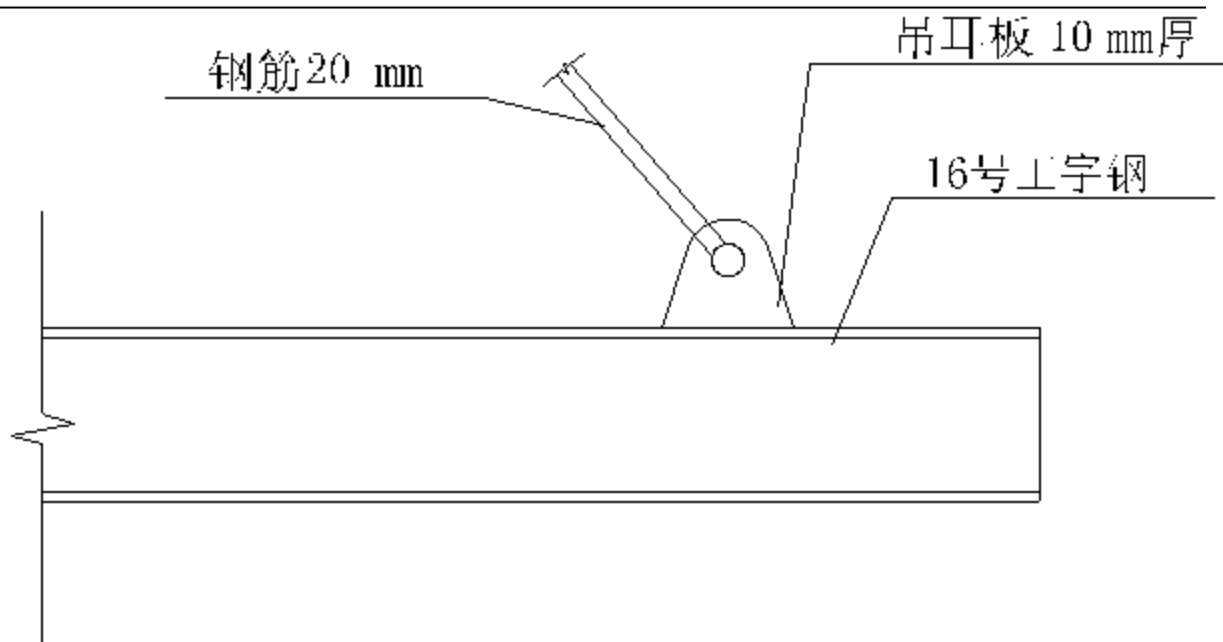


2 号主梁图



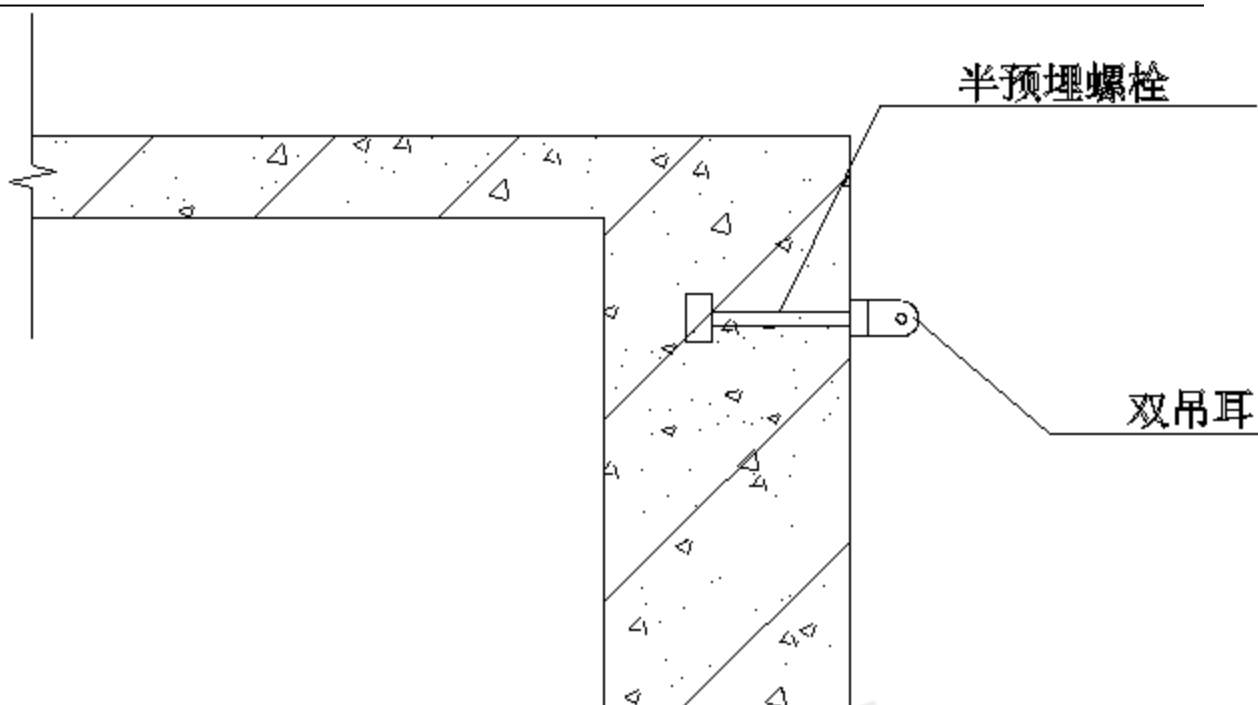
详图6

详图 6



详图⑧

详图 8



详图⑨

详图 9

主梁 2 与 B 向第 1 排联梁、B 向第 2 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.205 \text{ kN/m}$$

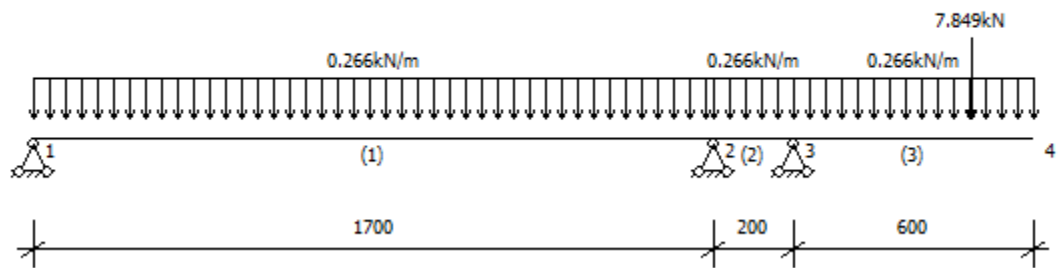
联梁传递的支座反力为： $R_1' = 0 \text{ kN}$; $R_2' = 5.269 \text{ kN}$;

荷载设计值：

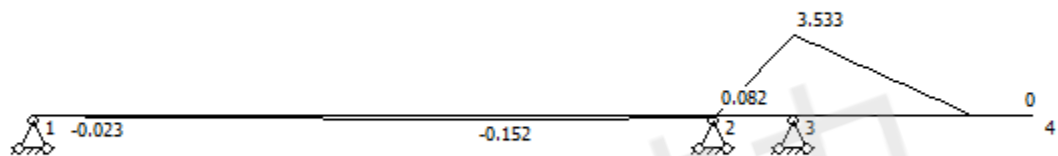
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.266 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为： $R_1 = 0 \text{ kN}$; $R_2 = 7.849 \text{ kN}$;

计算简图如下：



1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 3.533 \times 10^6 / (141 \times 10^3) = 25.057 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 18.19 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 18.19 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 21.497 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.143\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 600/250=4.8\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=0.285\text{kN};$$

$$R_2=-17.969\text{kN};$$

$$R_3=26.198\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固 定点的水平距离 m(mm)	是否参与 计算
1	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1700	2900	1700	是
2	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1900	2900	1900	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
---------	---------	------------	----

上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板
上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 $t(\text{mm})$	10	吊孔直径 $d_0(\text{mm})$	25
吊耳孔中心至连接板高 $L(\text{mm})$	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 $b(\text{mm})$	50
顺受力方向, 吊孔边距板边缘最小 距离 $a(\text{mm})$	65	吊耳板抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
吊耳板抗剪强度设计值 $f_v(\text{N/mm}^2)$	120	螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	170
螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	140	吊耳板螺栓直径 $d(\text{mm})$	20
吊耳板螺栓个数 n	1	角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝 总长度 $l_{w1}(\text{mm})$	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总 长度 $l_{w2}(\text{mm})$	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 $d(\text{mm})$	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 n	1
角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160	上拉与建筑物连接预埋螺栓埋入 深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 $s(\text{mm})$	150
上拉与建筑物连接预埋螺栓机械 锚固件或穿墙螺栓垫板边长/直径	40		

a1(mm)	
--------	--

上拉杆件角度计算：

$$\alpha_1 = \arctan(n_1/m_1) = \arctan(2900/1700) = 59.621^\circ$$

$$\alpha_2 = \arctan(n_2/m_2) = \arctan(2900/1900) = 56.768^\circ$$

上拉杆件支座力：

$$\text{设计值： } R_{S1} = R_2 = -17.969 \text{ kN}$$

$$\text{设计值： } R_{S2} = R_3 = 26.198 \text{ kN}$$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力：

$$N_{SZ1} = R_{S1} / \tan \alpha_1 = -17.969 / \tan(59.621^\circ) = -10.534 \text{ kN}$$

$$N_{SZ2} = R_{S2} / \tan \alpha_2 = 26.198 / \tan(56.768^\circ) = 17.165 \text{ kN}$$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力：

$$\text{设计值： } N_{S1} = R_{S1} / \sin \alpha_1 = -17.969 / \sin(59.621^\circ) = -20.829 \text{ kN}$$

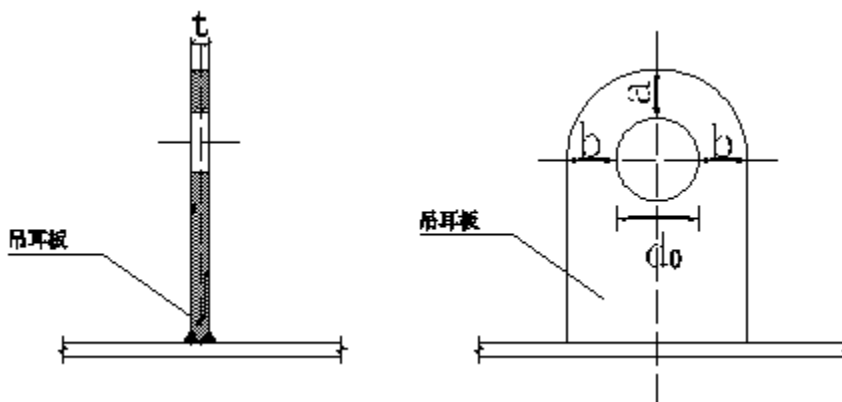
$$\text{设计值： } N_{S2} = R_{S2} / \sin \alpha_2 = 26.198 / \sin(56.768^\circ) = 31.321 \text{ kN}$$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力： $N_s = \max[N_{S1}, N_{S2}] = 31.321 \text{ kN}$

$$\sigma = N_s / A = 31.321 \times 10^3 / 314.2 = 99.685 \text{ N/mm}^2 \leq f = 270 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为

$$N_d = 31.321/1 = 31.321 \text{ kN}$$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$$B_e = 2t + 16 = 2 \times 10 + 16 = 36 \text{ mm} \leq b = 50 \text{ mm}$$

满足要求！

$$4B_e/3 = 4 \times 36/3 = 48 \text{ mm} \leq a = 65 \text{ mm}$$

满足要求！

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

$$\text{计算宽度: } b_1 = \min(2t + 16, b - d_0/3) = \min(2 \times 10 + 16, 50 - 25/3) = 36 \text{ mm}$$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 31.321 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 36) = 43.501 \text{ N/mm}^2 \leq f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求！

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0/3)] = 31.321 \times 10^3 / [2 \times 10 \times (65 - 2 \times 25/3)] = 32.401 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求！

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度：

$$Z = [(a + d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65 + 25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{ mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 31.321 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 76.485) = 20.475 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{ N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求！

5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载 F 、平行焊缝方向荷载

V 分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：



由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 $F_1 = R_{S1}/1 = -17.969/1 = -17.969\text{kN}$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载 $V_1 = R_{SZ1}/1 = -10.534/1 = -10.534\text{kN}$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7h_{flw1}) = -17.969 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = -21.392\text{N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7h_{flw1}) = -10.534 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = -12.54\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M/W = V_1 L / (0.7h_{flw1}^2 / 6) = (-10.534 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2 / 6) = -37.621\text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[\left(\frac{\sigma_N + \sigma_M}{\beta_f}\right)^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [((-21.392 + -37.621)/1.22)^2 + (-12.54)^2]^{0.5} = 49.971\text{N/mm}^2 \leq f_f^w = 160\text{N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

上拉杆 2 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 $F_2 = R_{S1}/1 = 26.198/1 = 26.198\text{kN}$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载 $V_2 = R_{SZ2}/1 = 17.165/1 = 17.165\text{kN}$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_2 / (0.7h_{flw1}) = 26.198 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 31.189\text{N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_2 / (0.7h_{flw1}) = 17.165 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 20.435\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M/W = V_2 L / (0.7h_{flw1}^2 / 6) = (17.165 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2 / 6) = 61.304\text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[\left(\frac{\sigma_N + \sigma_M}{\beta_f}\right)^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [(31.189 + 61.304)/1.22]^2 + 20.435^2]^{0.5} = 78.519\text{N/mm}^2 \leq f_f^w = 160\text{N/mm}^2$$

上拉杆 2 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 31.321 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 44.744 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

7、上拉杆与主梁连接点计算

1) 螺栓抗剪验算

$$\begin{aligned} \text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b &= 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) = \\ &= 0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{螺栓所受剪力： } N_v = N_s / n = 31.321 / 1 = 31.321 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力 $N_s = 31.321 \text{ kN}$

上拉杆 1：

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = -20.829 \times \sin(90^\circ - 59.621^\circ) = -10.534 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = -20.829 \times \cos(90^\circ - 59.621^\circ) = -17.969 \text{ kN}$$

上拉杆 2：

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t2} = N_{s2} \times \sin(90^\circ - \alpha_2) = 31.321 \times \sin(90^\circ - 56.768^\circ) = 17.165 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v2} = N_{s2} \times \cos(90^\circ - \alpha_2) = 31.321 \times \cos(90^\circ - 56.768^\circ) = 26.199 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = \text{Max}(N_{t1}, N_{t2}) / n = 17.165 / 1 = 17.165 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = \text{Max}(N_{v1}, N_{v2}) / n = 26.199 / 1 = 26.199 \text{ kN}$$

1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

单个螺栓所受拉力： $N = N_t = 17.165 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$

符合要求！

2) 螺栓抗剪验算

单个螺栓受剪承载力设计值 $N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

螺栓所受剪力： $V = N_v = 26.199 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$

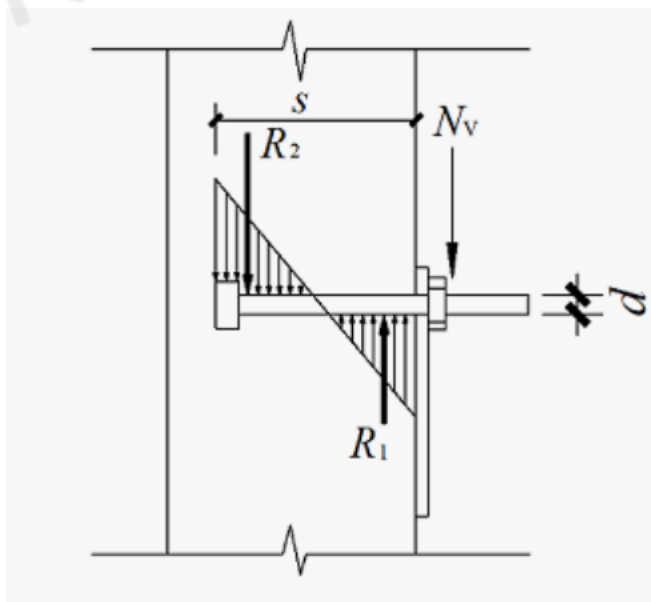
符合要求！

9、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v = 26.199 \text{ kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35\beta_b\beta_{fsd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_{fsd} -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_{fsd}=(1.35\times0.39\times1.73\times16.7\times150\times20)/1000=45.633\text{kN}\geq N_v=26.199\text{kN}$$

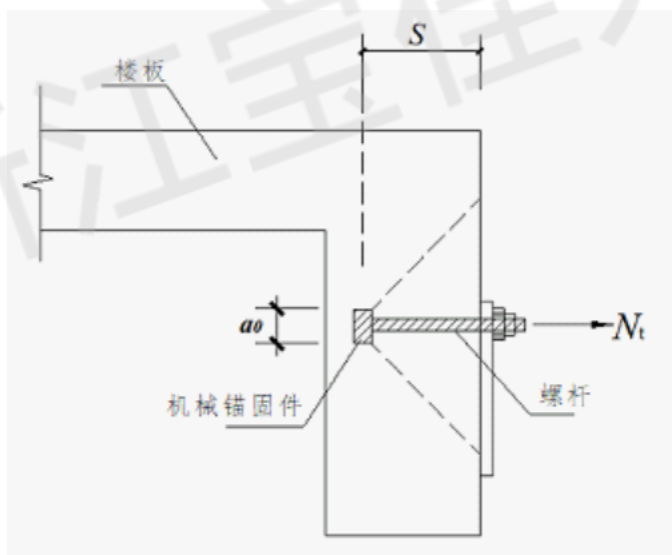
局部承压满足要求！

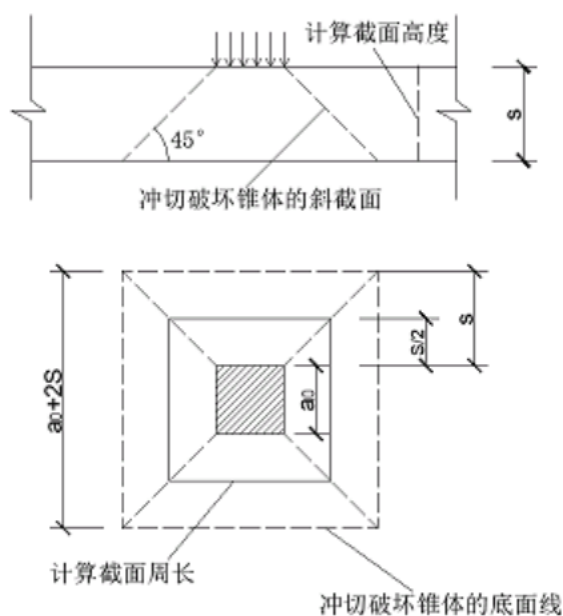
10、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓水平分力合力最大值为：

$$N_t=17.165\text{kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下：





参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s$$

β_h -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

f_t -混凝土轴心抗拉强度设计值；

μ_m -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $s/2$ 处垂直截面的最不利周长，此处 $\mu_m=4 \times (40+150)=760\text{mm}$

η -应取 $\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}$

β_s -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， β_s 不宜大于 4；当 β_s 小于 2 时取 2；对圆形冲切面， β_s 取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

α_s -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

故 $\eta=\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}=\min\{0.4+1.2/2, 0.5+40 \times 150/(4 \times 760)\}=1$

$$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s = (0.7 \times 1.0 \times 1.57 \times 1 \times 760 \times 150) / 1000 = 125.286 \text{ kN} \geq N_t = 17.165 \text{ kN}$$

局部承压满足要求！

11、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = N_{sz1} + N_{sz2} = 6.631 \text{ kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 3.533 \times 10^6 / (1.05 \times 141000) + 6.631 \times 10^3 / 2611 = 26.403 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附录 C，得到 ϕ_b' 值为 0.929。

$M_{\max} / (\phi_b' W_x f) = 3.533 \times 10^6 / (0.929 \times 141 \times 10^3 \times 215) = 0.125 \leq 1$

符合要求！

12、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	摩擦型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M20	高强螺栓个数 n	2
摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1		

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=0.285\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.285/2=0.142\text{kN}$$

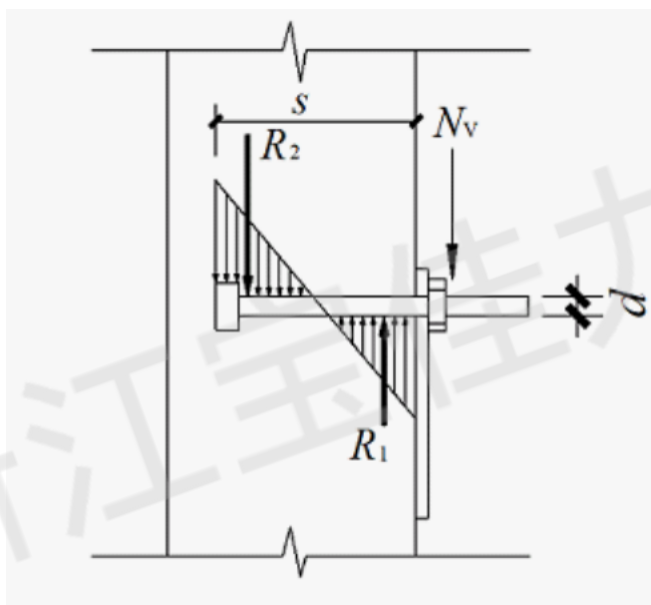
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=0.142/56.25=0.003\leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3) 混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v\leq 1.35\beta_b\beta_l f_{csd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

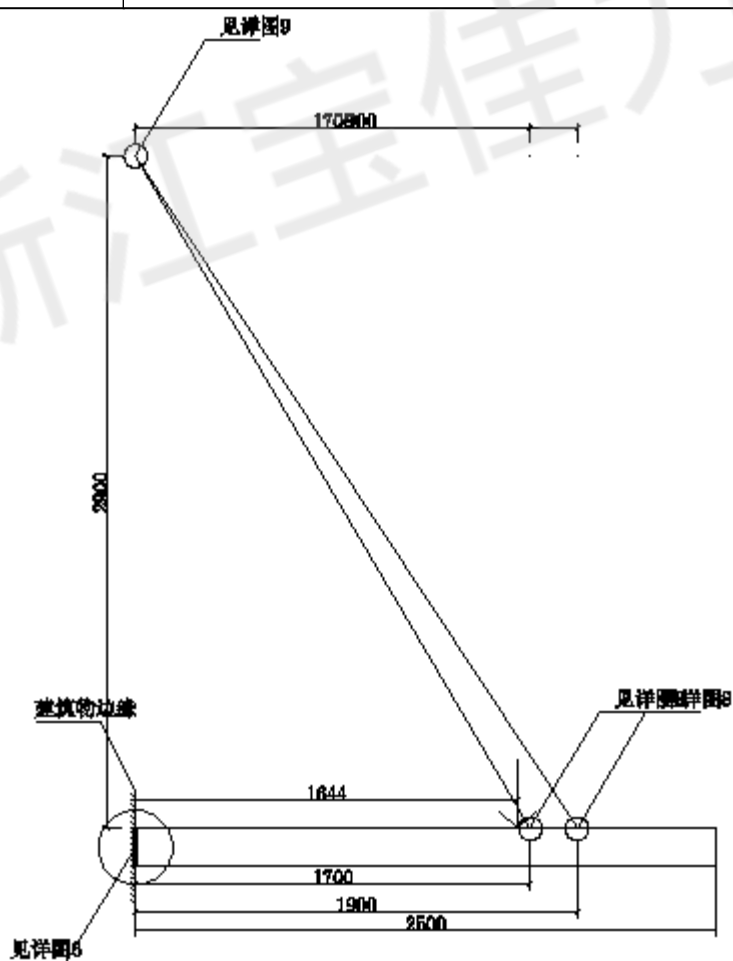
$$1.35\beta_b\beta_l f_{csd}=(1.35\times 0.39\times 1.73\times 16.7\times 150\times 20)/1000=45.633\text{kN}\geq N_v=0.142\text{kN}$$

局部承压满足要求！

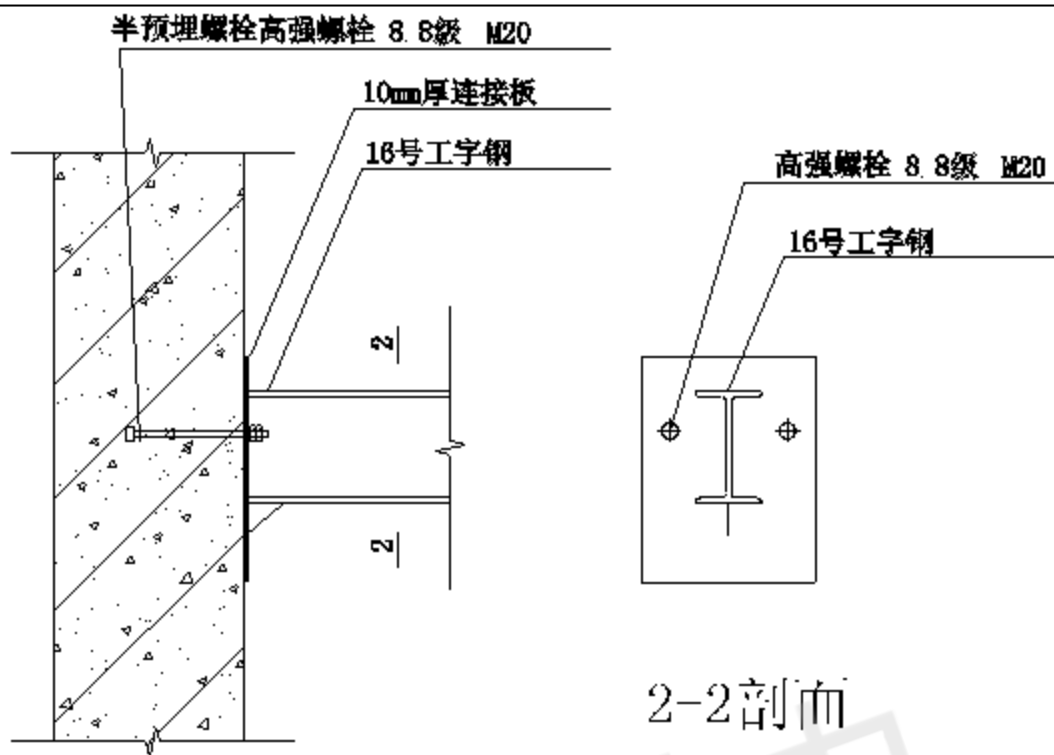
七、3号主梁验算

1、3号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	16号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 τ (N/mm^2)	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[u](\text{mm})$	1/250
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150		

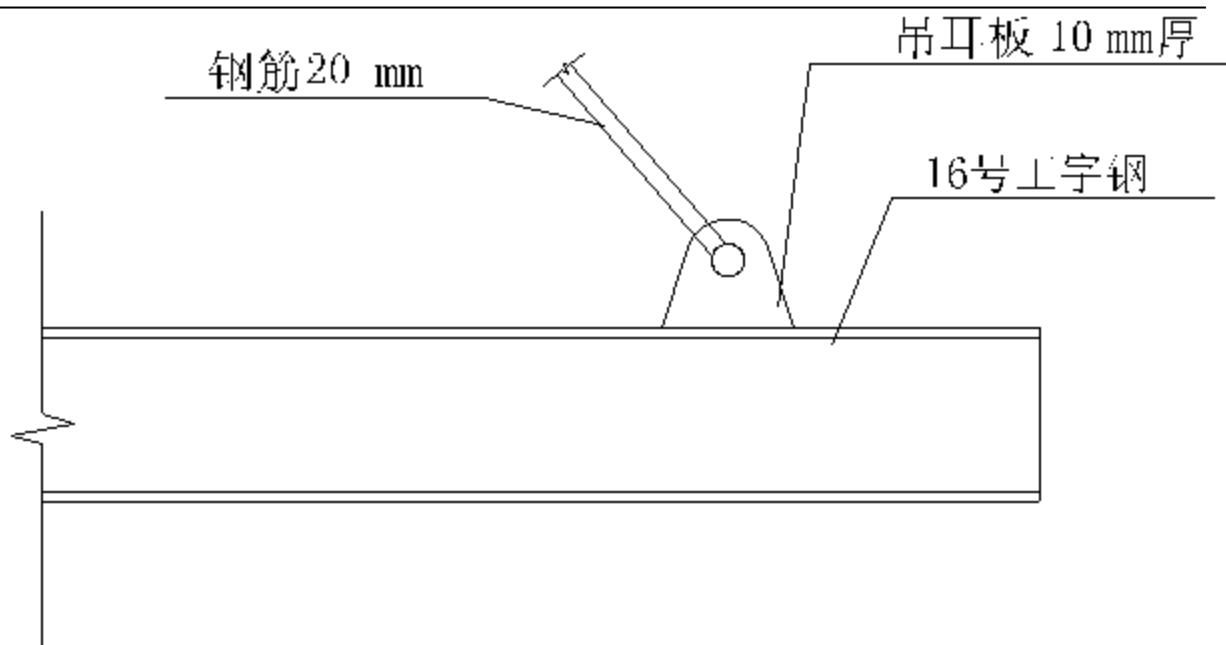


3号主梁图



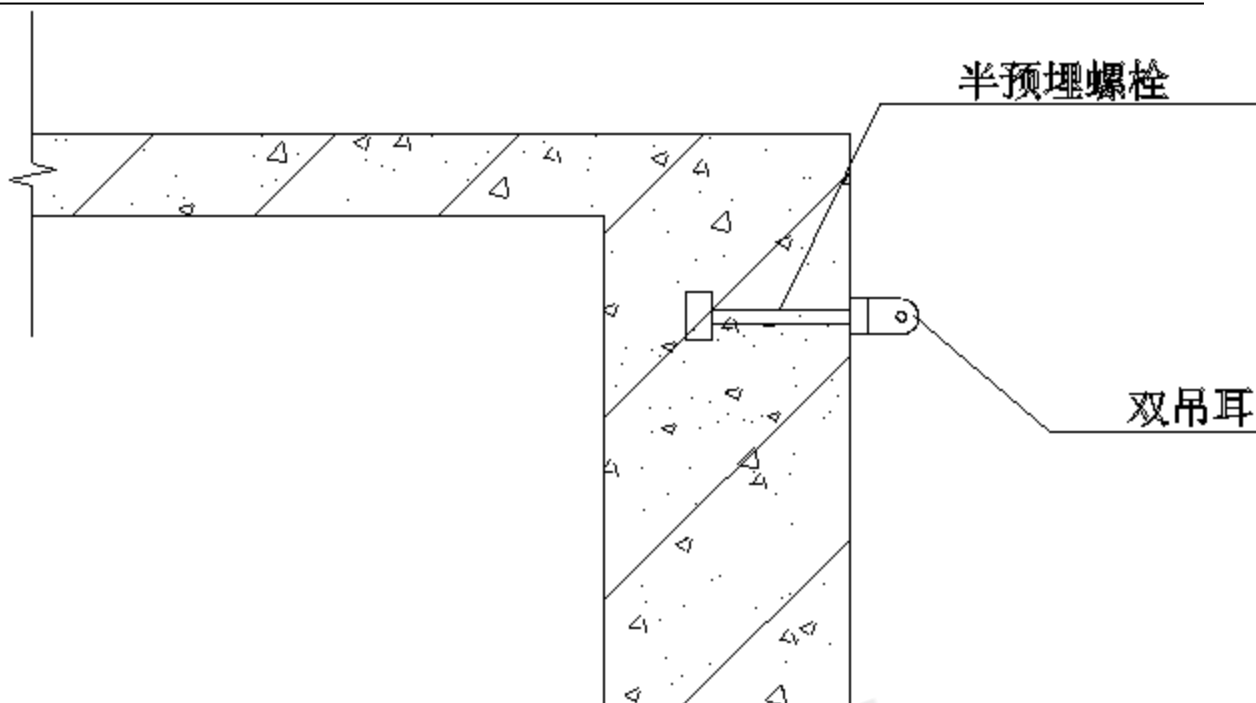
详图6

详图 6



详图⑧

详图 8



详图⑨

详图 9

主梁 3 与 B 向第 1 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.205 \text{ kN/m}$$

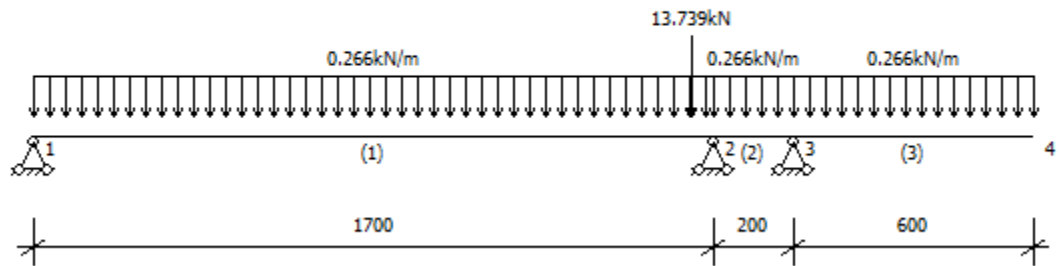
联梁传递的支座反力为： $R_1' = 9.432 \text{ kN}$;

荷载设计值：

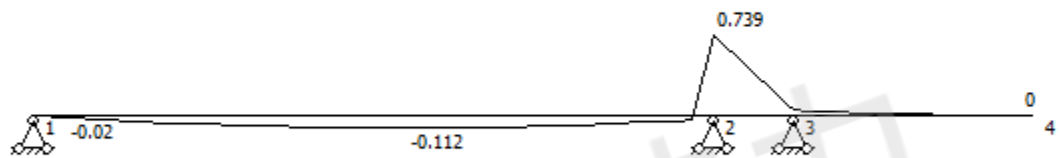
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.266 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为： $R_1 = 13.739 \text{ kN}$;

计算简图如下：



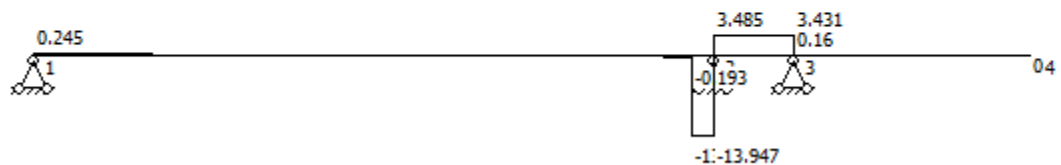
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 0.739 \times 10^6 / (141 \times 10^3) = 5.241 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

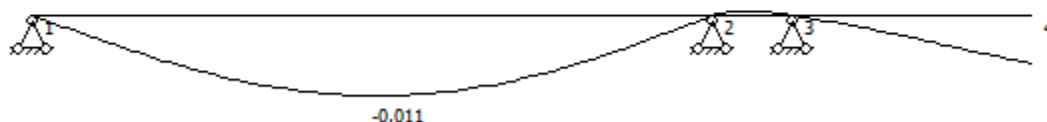


$$V_{\max} = 13.947 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 13.947 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 16.482 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.011 \text{ mm} \leq [v]=l/250=1700/250=6.8\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=0.245\text{kN};$$

$$R_2=17.431\text{kN};$$

$$R_3=-3.272\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固 定点的水平距离 m(mm)	是否参与 计算
1	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1700	2900	1700	是
2	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1900	2900	1900	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
---------	---------	------------	----

上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板
上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 $t(\text{mm})$	10	吊孔直径 $d_0(\text{mm})$	25
吊耳孔中心至连接板高 $L(\text{mm})$	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 $b(\text{mm})$	50
顺受力方向, 吊孔边距板边缘最小 距离 $a(\text{mm})$	65	吊耳板抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
吊耳板抗剪强度设计值 $f_v(\text{N/mm}^2)$	120	螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(\text{N/mm}^2)$	170
螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(\text{N/mm}^2)$	140	吊耳板螺栓直径 $d(\text{mm})$	20
吊耳板螺栓个数 n	1	角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝 总长度 $l_{w1}(\text{mm})$	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总 长度 $l_{w2}(\text{mm})$	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 $d(\text{mm})$	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 n	1
角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160	上拉与建筑物连接预埋螺栓埋入 深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 $s(\text{mm})$	150
上拉与建筑物连接预埋螺栓机械 锚固件或穿墙螺栓垫板边长/直径	40		

a1(mm)	
--------	--

上拉杆件角度计算：

$$\alpha_1 = \arctan(n_1/m_1) = \arctan(2900/1700) = 59.621^\circ$$

$$\alpha_2 = \arctan(n_2/m_2) = \arctan(2900/1900) = 56.768^\circ$$

上拉杆件支座力：

$$\text{设计值： } R_{S1} = R_2 = 17.431 \text{ kN}$$

$$\text{设计值： } R_{S2} = R_3 = -3.272 \text{ kN}$$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力：

$$N_{SZ1} = R_{S1} / \tan \alpha_1 = 17.431 / \tan(59.621^\circ) = 10.218 \text{ kN}$$

$$N_{SZ2} = R_{S2} / \tan \alpha_2 = -3.272 / \tan(56.768^\circ) = -2.144 \text{ kN}$$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力：

$$\text{设计值： } N_{S1} = R_{S1} / \sin \alpha_1 = 17.431 / \sin(59.621^\circ) = 20.205 \text{ kN}$$

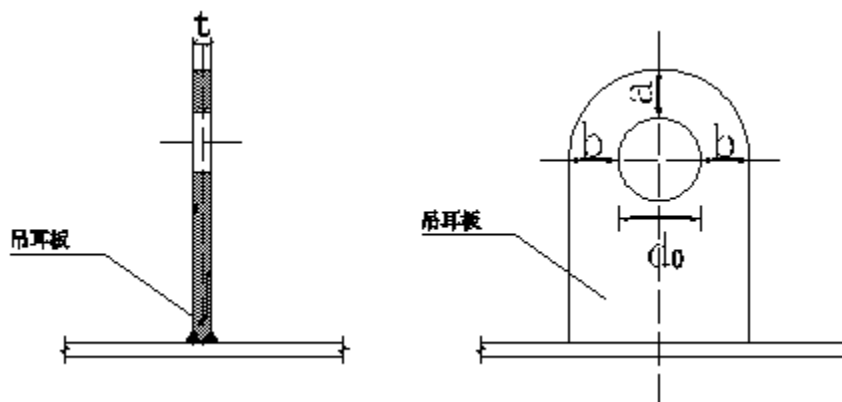
$$\text{设计值： } N_{S2} = R_{S2} / \sin \alpha_2 = -3.272 / \sin(56.768^\circ) = -3.911 \text{ kN}$$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力： $N_s = \max[N_{S1}, N_{S2}] = 20.205 \text{ kN}$

$$\sigma = N_s / A = 20.205 \times 10^3 / 314.2 = 64.306 \text{ N/mm}^2 \leq f = 270 \text{ N/mm}^2$$

满足要求！

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为

$$N_d = 20.205 / 1 = 20.205 \text{ kN}$$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$$B_e = 2t + 16 = 2 \times 10 + 16 = 36 \text{ mm} \leq b = 50 \text{ mm}$$

满足要求！

$$4B_e / 3 = 4 \times 36 / 3 = 48 \text{ mm} \leq a = 65 \text{ mm}$$

满足要求！

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

$$\text{计算宽度: } b_1 = \min(2t + 16, b - d_0 / 3) = \min(2 \times 10 + 16, 50 - 25 / 3) = 36 \text{ mm}$$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 20.205 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 36) = 28.062 \text{ N/mm}^2 \leq f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求！

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0 / 3)] = 20.205 \times 10^3 / [2 \times 10 \times (65 - 2 \times 25 / 3)] = 20.902 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$f = 205 \text{ N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求！

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度：

$$Z = [(a + d_0 / 2)^2 - (d_0 / 2)^2]^{0.5} = [(65 + 25 / 2)^2 - (25 / 2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{ mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 20.205 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 76.485) = 13.208 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{ N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求！

5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载 F 、平行焊缝方向荷载

V 分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：



由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 $F_1=R_{S1}/1=17.431/1=17.431\text{kN}$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载 $V_1=R_{SZ1}/1=10.218/1=10.218\text{kN}$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N=F_1/(0.7h_{flw1})=17.431\times 10^3/(0.7\times 10\times 120)=20.751\text{N/mm}^2$$

$$\tau_V=V_1/(0.7h_{flw1})=10.218\times 10^3/(0.7\times 10\times 120)=12.164\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M=M/W=V_1L/(0.7h_{flw1}^2/6)=(10.218\times 10^3\times 60)/(0.7\times 10\times 120^2/6)=36.493\text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[(\sigma_N+\sigma_M)/\beta_f]^2+\tau_V^2)^{0.5}=[((20.751+36.493)/1.22)^2+12.164^2]^{0.5}=48.473\text{N/mm}^2\leq$$

$$f_f^w=160\text{N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

上拉杆 2 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 $F_2=R_{S1}/1=-3.272/1=-3.272\text{kN}$

单个吊耳板平行焊缝方向荷载 $V_2=R_{SZ2}/1=-2.144/1=-2.144\text{kN}$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N=F_2/(0.7h_{flw1})=-3.272\times 10^3/(0.7\times 10\times 120)=-3.895\text{N/mm}^2$$

$$\tau_V=V_2/(0.7h_{flw1})=-2.144\times 10^3/(0.7\times 10\times 120)=-2.552\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M=M/W=V_2L/(0.7h_{flw1}^2/6)=(-2.144\times 10^3\times 60)/(0.7\times 10\times 120^2/6)=-7.657\text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[(\sigma_N+\sigma_M)/\beta_f]^2+\tau_V^2)^{0.5}=[((-3.895+-7.657)/1.22)^2+2.552^2]^{0.5}=9.807\text{N/mm}^2\leq$$

$$f_f^w=160\text{N/mm}^2$$

上拉杆 2 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 20.205 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 28.864 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

7、上拉杆与主梁连接点计算

1) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力: } N_v = N_s / n = 20.205 / 1 = 20.205 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力 $N_s = 20.205 \text{ kN}$

上拉杆 1:

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 20.205 \times \sin(90^\circ - 59.621^\circ) = 10.218 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 20.205 \times \cos(90^\circ - 59.621^\circ) = 17.431 \text{ kN}$$

上拉杆 2:

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t2} = N_{s2} \times \sin(90^\circ - \alpha_2) = -3.911 \times \sin(90^\circ - 56.768^\circ) = -2.143 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v2} = N_{s2} \times \cos(90^\circ - \alpha_2) = -3.911 \times \cos(90^\circ - 56.768^\circ) = -3.271 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = \text{Max}(N_{t1}, N_{t2}) / n = 10.218 / 1 = 10.218 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = \text{Max}(N_{v1}, N_{v2}) / n = 17.431 / 1 = 17.431 \text{ kN}$$

1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

单个螺栓所受拉力： $N = N_t = 10.218 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$

符合要求！

2) 螺栓抗剪验算

单个螺栓受剪承载力设计值 $N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

螺栓所受剪力： $V = N_v = 17.431 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$

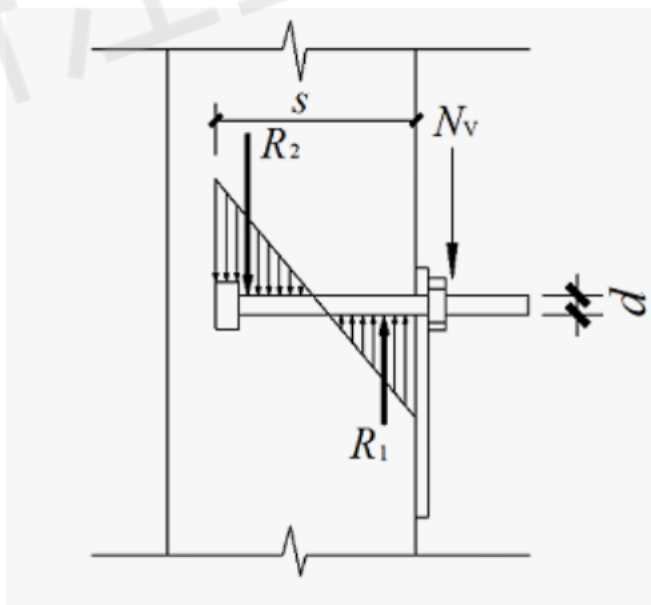
符合要求！

9、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v = 17.431 \text{ kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35 \beta_b \beta_l f_c s d$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 17.431 \text{ kN}$$

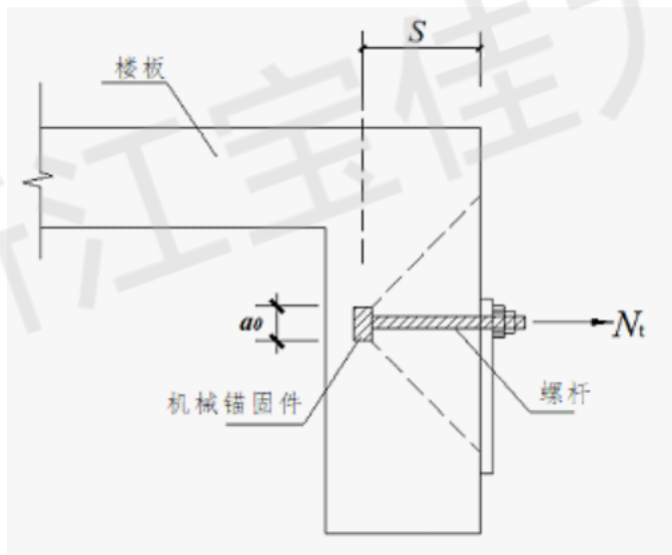
局部承压满足要求！

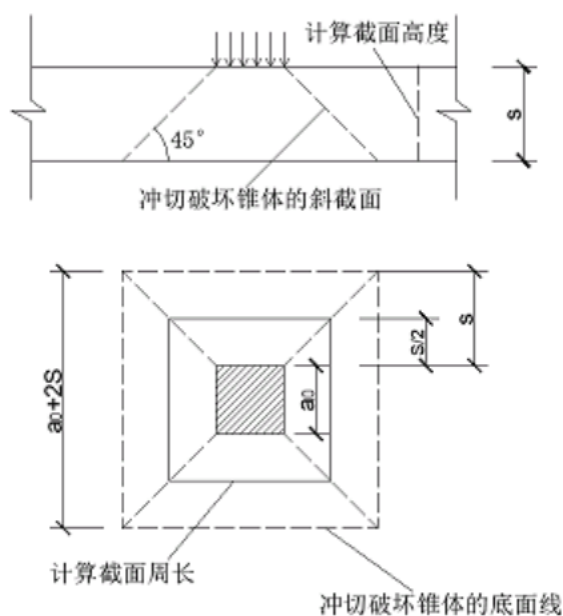
10、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓水平分力合力最大值为：

$$N_t = 10.218 \text{ kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下：





参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s$$

β_h -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

f_t -混凝土轴心抗拉强度设计值；

μ_m -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $s/2$ 处垂直截面的最不利周长，此处 $\mu_m=4 \times (40+150)=760\text{mm}$

$$\eta\text{-应取 } \min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}$$

β_s -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， β_s 不宜大于 4；当 β_s 小于 2 时取 2；对圆形冲切面， β_s 取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

α_s -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

$$\text{故 } \eta = \min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\} = \min\{0.4+1.2/2, 0.5+40 \times 150/(4 \times 760)\} = 1$$

$$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s = (0.7 \times 1.0 \times 1.57 \times 1 \times 760 \times 150)/1000 = 125.286\text{kN} \geq N_t = 10.218\text{kN}$$

局部承压满足要求！

11、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = N_{sz1} + N_{sz2} = 8.074 \text{ kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 0.739 \times 10^6 / (1.05 \times 141000) + 8.074 \times 10^3 / 2611 = 8.084 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附录 C，得到 ϕ_b' 值为 0.929。

$M_{\max} / (\phi_b' W_x f) = 0.739 \times 10^6 / (0.929 \times 141 \times 10^3 \times 215) = 0.026 \leq 1$

符合要求！

12、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	摩擦型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M20	高强螺栓个数 n	2
摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1		

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=0.245\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.245/2=0.122\text{kN}$$

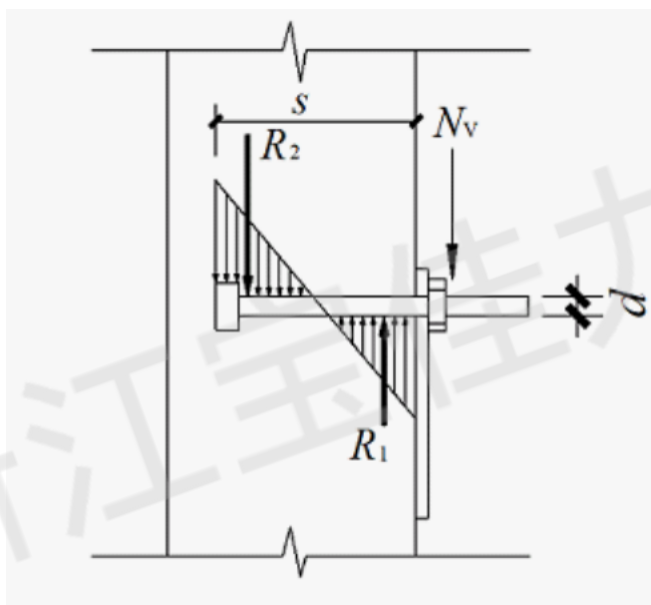
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=0.122/56.25=0.002\leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3) 混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v\leq 1.35\beta_b\beta_l f_{csd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

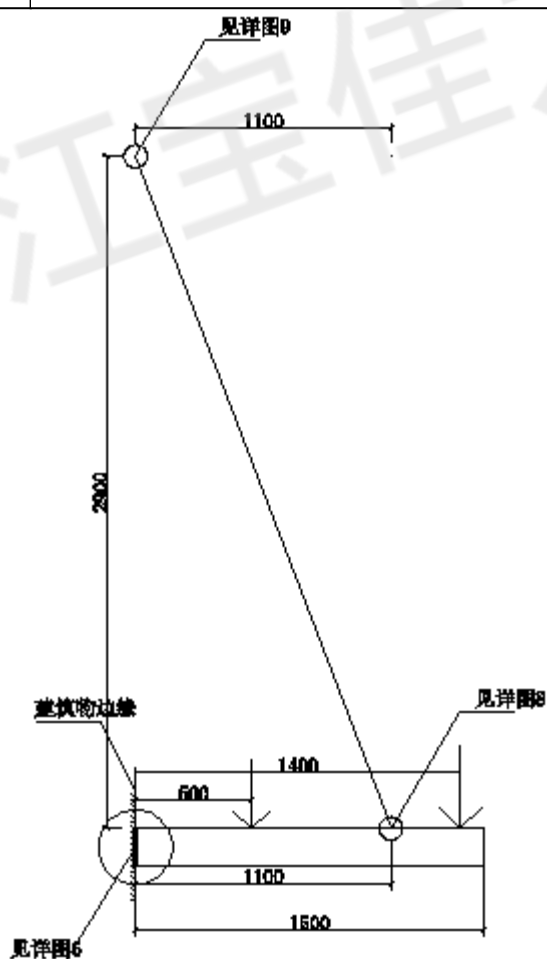
$$1.35\beta_b\beta_l f_{csd}=(1.35\times 0.39\times 1.73\times 16.7\times 150\times 20)/1000=45.633\text{kN}\geq N_v=0.122\text{kN}$$

局部承压满足要求！

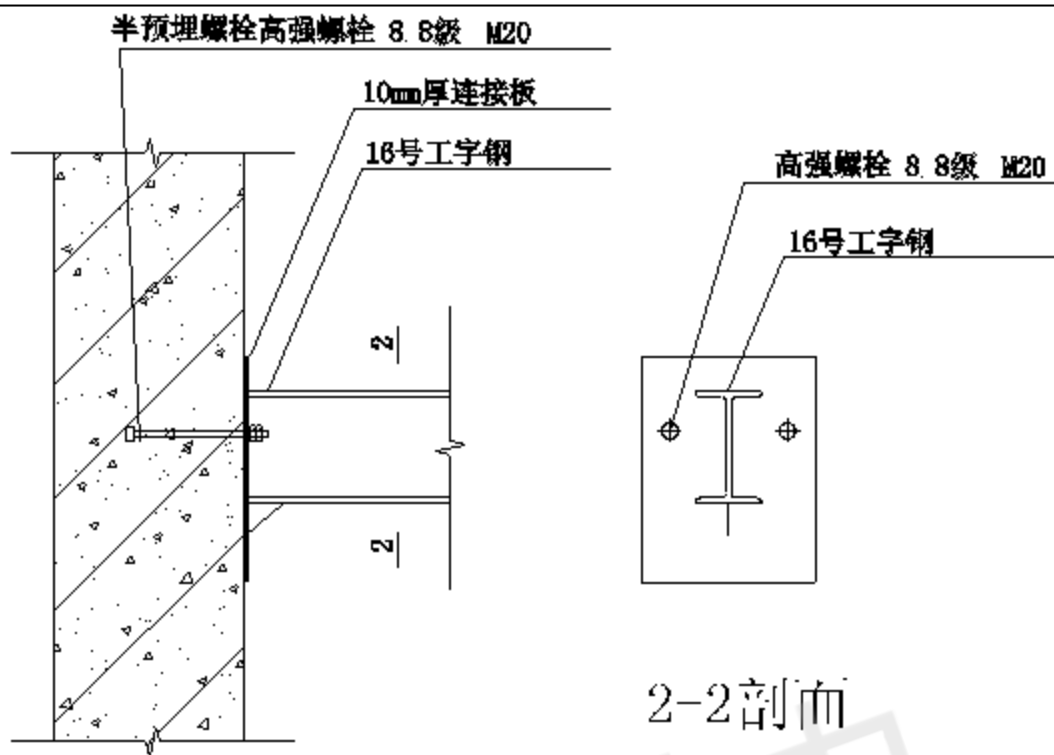
八、4 号主梁验算

1、4 号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	16 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 τ (N/mm^2)	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[u](\text{mm})$	1/250
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150		

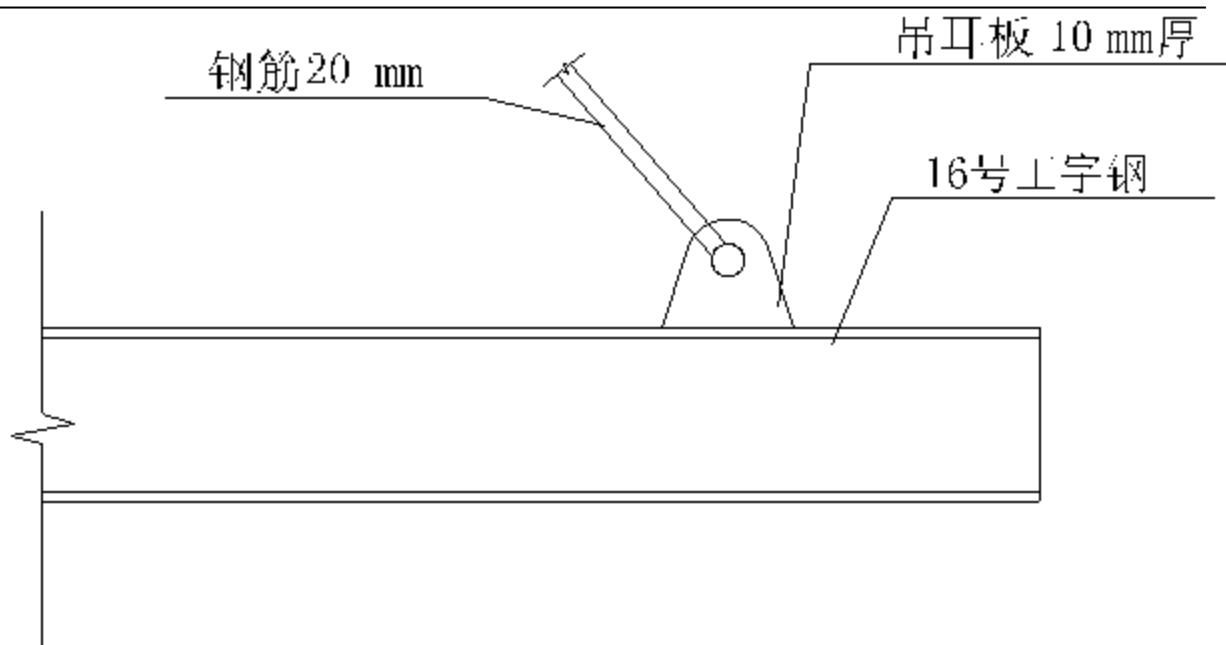


4 号主梁图



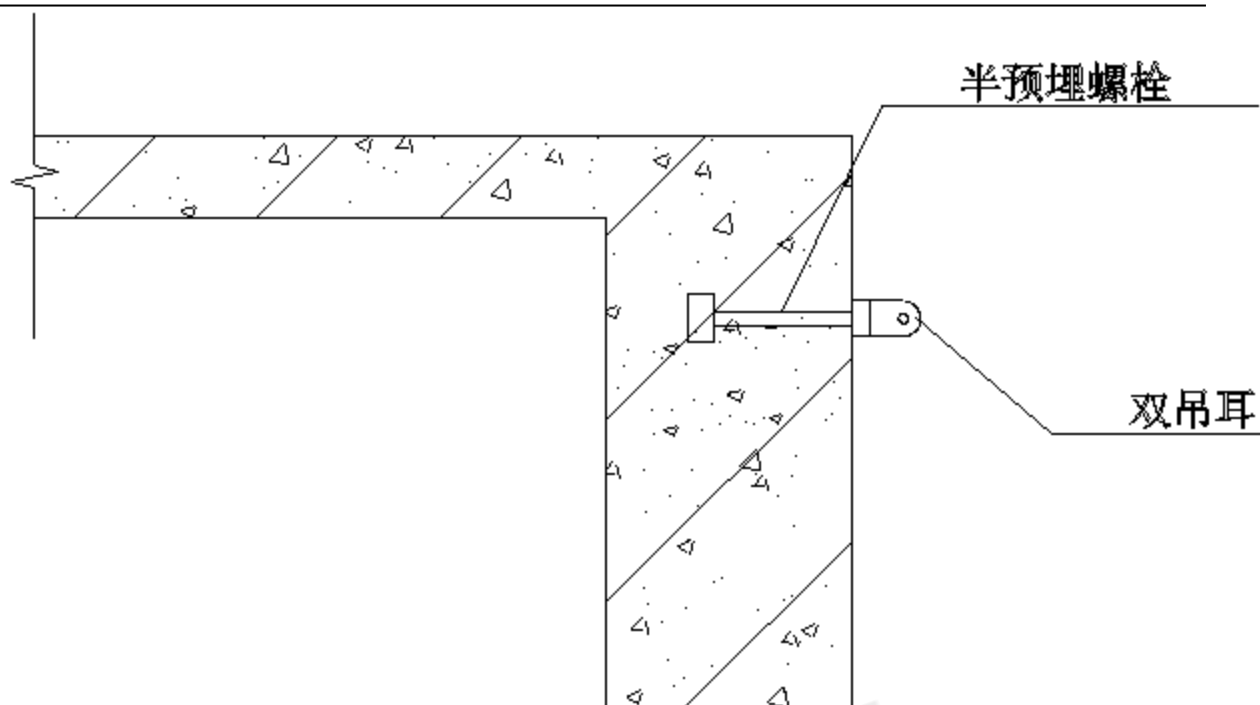
详图6

详图 6



详图⑧

详图 8



详图⑨

详图 9

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.205 \text{ kN/m}$$

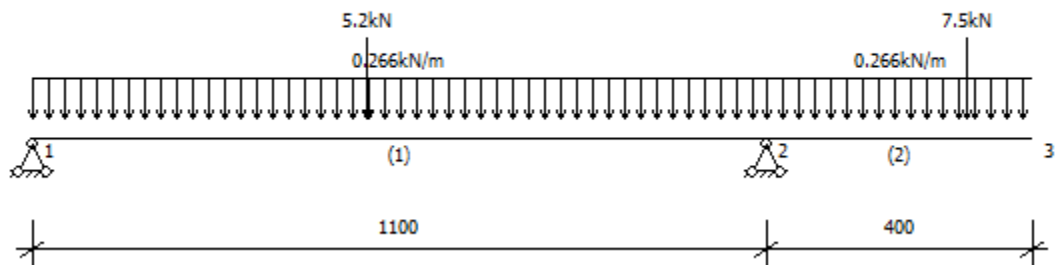
该主梁上的立杆荷载为: $F_1' = 4 \text{ kN}; F_2' = 5 \text{ kN};$

荷载设计值:

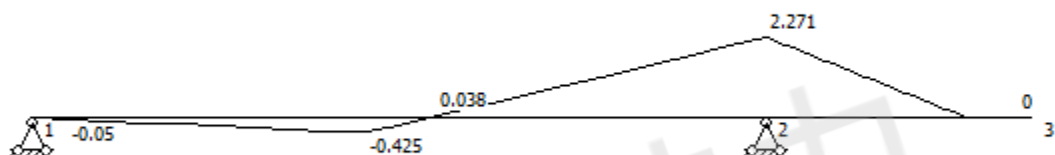
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.266 \text{ kN/m}$$

该主梁上的立杆荷载为: $F_1 = 5.2 \text{ kN}; F_2 = 7.5 \text{ kN};$

计算简图如下:



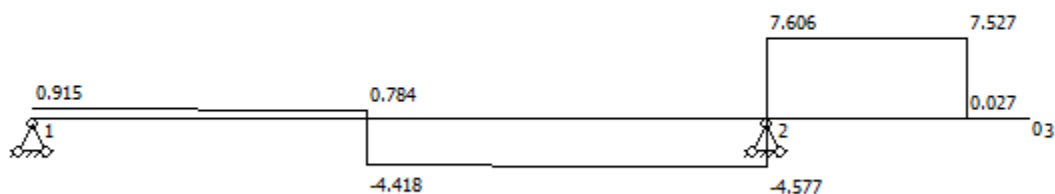
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 2.271 \times 10^6 / (141 \times 10^3) = 16.106 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算

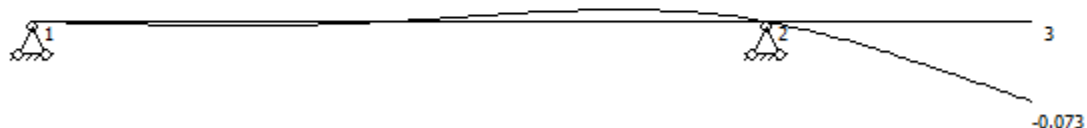


$$V_{\max} = 7.606 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 7.606 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 8.989 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.073\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 400/250=3.2\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=0.915\text{kN};$$

$$R_2=12.183\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固 定点的水平距离 m(mm)	是否参与 计算
1	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1100	2900	1100	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板

上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 t(mm)	10	吊孔直径 d ₀ (mm)	25
吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50
顺受力方向, 吊孔边距板边缘最小 距离 a(mm)	65	吊耳板抗拉强度设计值 $f(N/mm^2)$	205
吊耳板抗剪强度设计值 $f_v(N/mm^2)$	120	螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(N/mm^2)$	170
螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(N/mm^2)$	140	吊耳板螺栓直径 d(mm)	20
吊耳板螺栓个数 n	1	角焊缝焊脚尺寸 hf(mm)	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝 总长度 lw1(mm)	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总 长度 lw2(mm)	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 d(mm)	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 n	1
角焊缝强度设计值 $f_f^w(N/mm^2)$	160	上拉与建筑物连接预埋螺栓埋入 深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 s(mm)	150
上拉与建筑物连接预埋螺栓机械 锚固件或穿墙螺栓垫板边长/直径 a1(mm)	40		

上拉杆件角度计算:

$$\alpha_1 = \arctan(n_1/m_1) = \arctan(2900/1100) = 69.228^\circ$$

上拉杆件支座力：

设计值： $R_{S1}=R_2=12.183\text{kN}$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力：

$N_{SZ1}=R_{S1}/\tan\alpha_1=12.183/\tan(69.228^\circ)=4.621\text{kN}$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力：

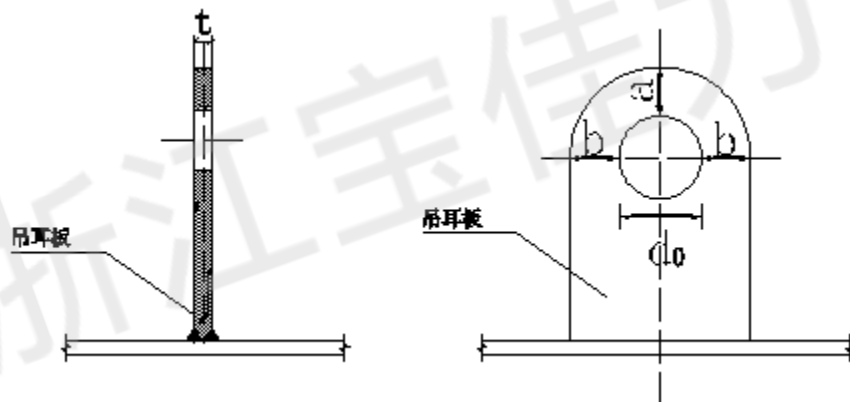
设计值： $N_{S1}=R_{S1}/\sin\alpha_1=12.183/\sin(69.228^\circ)=13.03\text{kN}$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力： $N_s=\max[N_{S1}]=13.03\text{kN}$

$\sigma=N_s/A=13.03\times 10^3/314.2=41.47\text{N/mm}^2\leq f=270\text{N/mm}^2$

满足要求！

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1，则单个吊耳板所受荷载为

$N_d=13.03/1=13.03\text{kN}$

参考 GB50017-2017，对连接耳板进行如下验算：

(1) 耳板构造要求

$B_e=2t+16=2\times 10+16=36\text{mm}\leq b=50\text{mm}$

满足要求！

$4B_e/3=4\times 36/3=48\text{mm}\leq a=65\text{mm}$

满足要求！

(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

计算宽度: $b_1 = \min(2t+16, b-d_0/3) = \min(2 \times 10 + 16, 50 - 25/3) = 36\text{mm}$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 13.03 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 36) = 18.097 \text{N/mm}^2 \leq f = 205 \text{N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求!

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0/3)] = 13.03 \times 10^3 / [2 \times 10 \times (65 - 2 \times 25/3)] = 13.479 \text{N/mm}^2 \leq$$

$$f = 205 \text{N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求!

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z = [(a + d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65 + 25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 13.03 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 76.485) = 8.518 \text{N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求!

5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载 F 、平行焊缝方向荷载 V 分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

$$\text{单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 } F_1 = R_{S1} / 1 = 12.183 / 1 = 12.183 \text{kN}$$

$$\text{单个吊耳板平行焊缝方向荷载 } V_1 = R_{SZ1} / 1 = 4.621 / 1 = 4.621 \text{kN}$$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7h_f l_{w1}) = 12.183 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 14.504 \text{N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7h_f l_{w1}) = 4.621 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 5.501 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M / W = V_1 L / (0.7h_f l_{w1}^2 / 6) = (4.621 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2 / 6) = 16.504 \text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[(\sigma_N + \sigma_M) / \beta_f]^2 + \tau_V^2]^{0.5} = [((14.504 + 16.504) / 1.22)^2 + 5.501^2]^{0.5} = 26.005 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 13.03 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 18.614 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

7、上拉杆与主梁连接点计算

1) 螺栓抗剪验算

$$\begin{aligned} \text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b &= 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) = \\ &= 0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{螺栓所受剪力： } N_v = N_s / n = 13.03 / 1 = 13.03 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力 $N_s = 13.03 \text{ kN}$

上拉杆 1：

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 13.03 \times \sin(90^\circ - 69.228^\circ) = 4.621 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 13.03 \times \cos(90^\circ - 69.228^\circ) = 12.183 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = N_{t1} / n = 4.621 / 1 = 4.621 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = N_{v1} / n = 12.183 / 1 = 12.183 \text{ kN}$$

1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

单个螺栓所受拉力： $N = N_t = 4.621 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$

符合要求！

2) 螺栓抗剪验算

单个螺栓受剪承载力设计值 $N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

螺栓所受剪力： $V = N_v = 12.183 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$

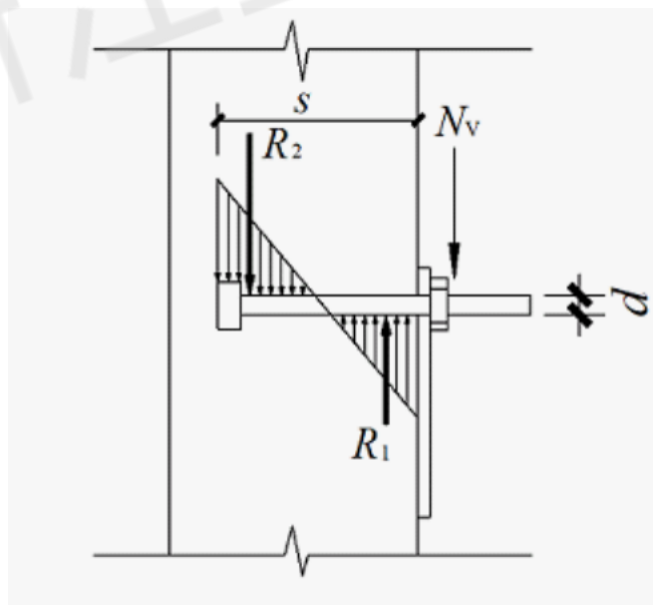
符合要求！

9、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v = 12.183 \text{ kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35 \beta_b \beta_f f_c s d$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 12.183 \text{ kN}$$

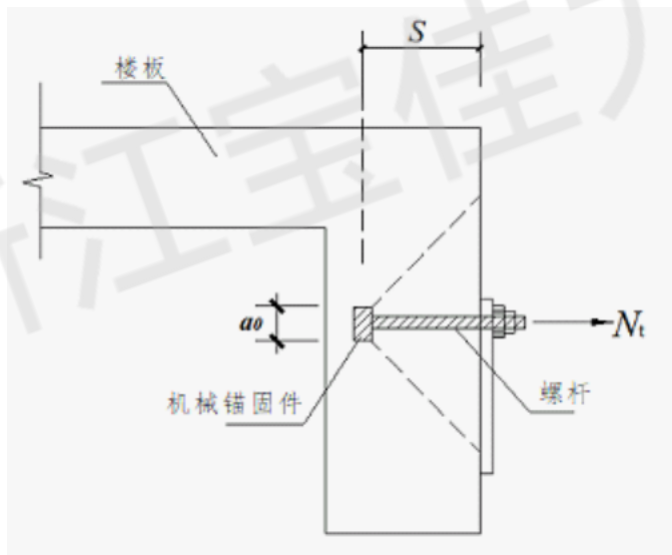
局部承压满足要求！

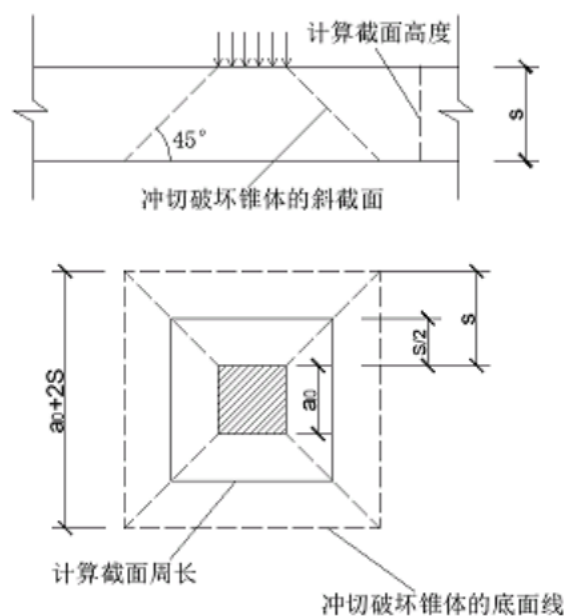
10、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓水平分力合力最大值为：

$$N_t = 4.621 \text{ kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下：





参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s$$

β_h -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

f_t -混凝土轴心抗拉强度设计值；

μ_m -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $s/2$ 处垂直截面的最不利周长，此处 $\mu_m=4 \times (40+150)=760\text{mm}$

η -应取 $\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}$

β_s -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， β_s 不宜大于 4；当 β_s 小于 2 时取 2；对圆形冲切面， β_s 取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

α_s -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

故 $\eta=\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}=\min\{0.4+1.2/2, 0.5+40 \times 150/(4 \times 760)\}=1$

$$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s = (0.7 \times 1.0 \times 1.57 \times 1 \times 760 \times 150) / 1000 = 125.286 \text{ kN} \geq N_t = 4.621 \text{ kN}$$

局部承压满足要求！

11、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = N_{sz1} = 4.621 \text{ kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 2.271 \times 10^6 / (1.05 \times 141000) + 4.621 \times 10^3 / 2611 = 17.109 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附录 C，得到 ϕ_b' 值为 0.929。

$M_{\max} / (\phi_b' W_x f) = 2.271 \times 10^6 / (0.929 \times 141 \times 10^3 \times 215) = 0.081 \leq 1$

符合要求！

12、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	摩擦型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M20	高强螺栓个数 n	2
摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1		

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=0.915\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=0.915/2=0.458\text{kN}$$

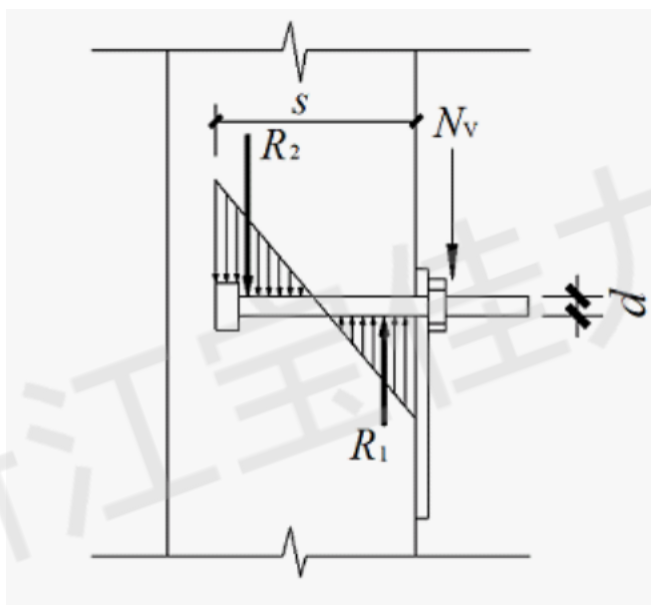
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=0.458/56.25=0.008\leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3) 混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v\leq 1.35\beta_b\beta_l f_{csd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

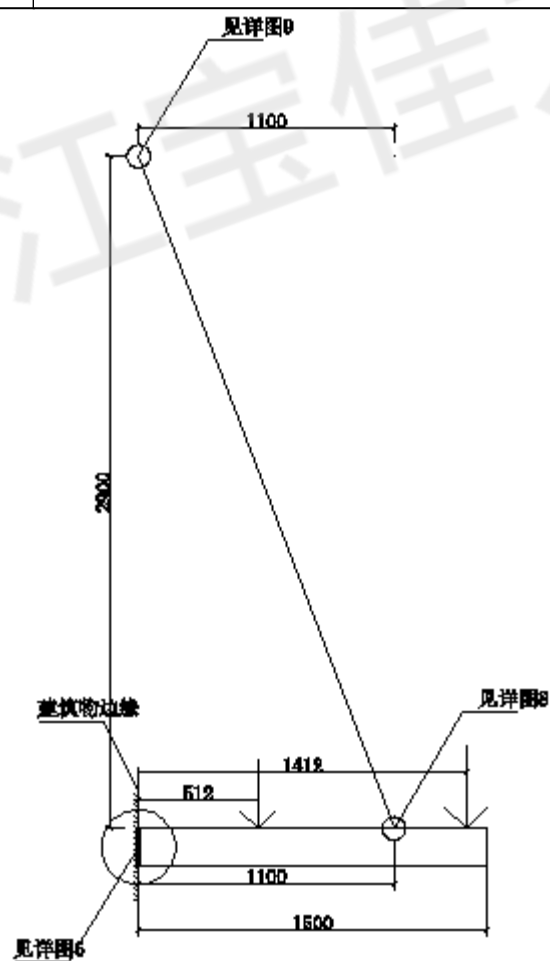
$$1.35\beta_b\beta_l f_{csd}=(1.35\times 0.39\times 1.73\times 16.7\times 150\times 20)/1000=45.633\text{kN}\geq N_v=0.458\text{kN}$$

局部承压满足要求！

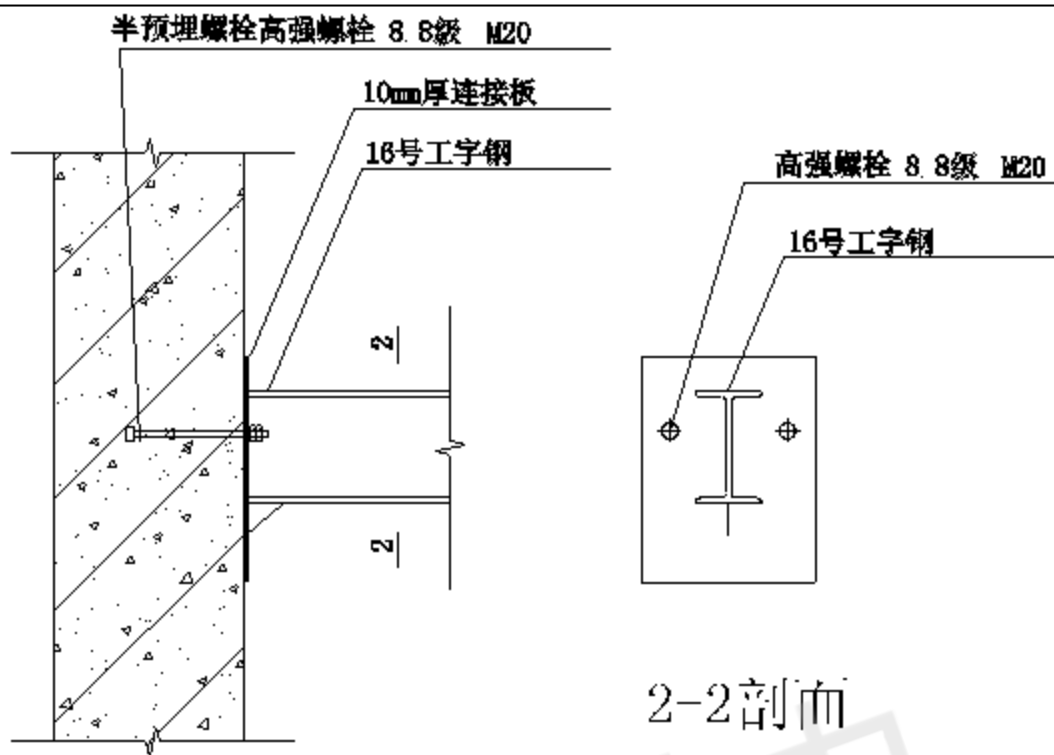
九、5 号主梁验算

1、5 号主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁材料规格	16 号工字钢
主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11	主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130
主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141	主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205
主梁材料抗弯强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	215	主梁材料抗剪强度设计值 τ (N/mm^2)	125
主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	主梁允许挠度 $[u](\text{mm})$	1/250
螺栓埋入深度 $s(\text{mm})$	150		

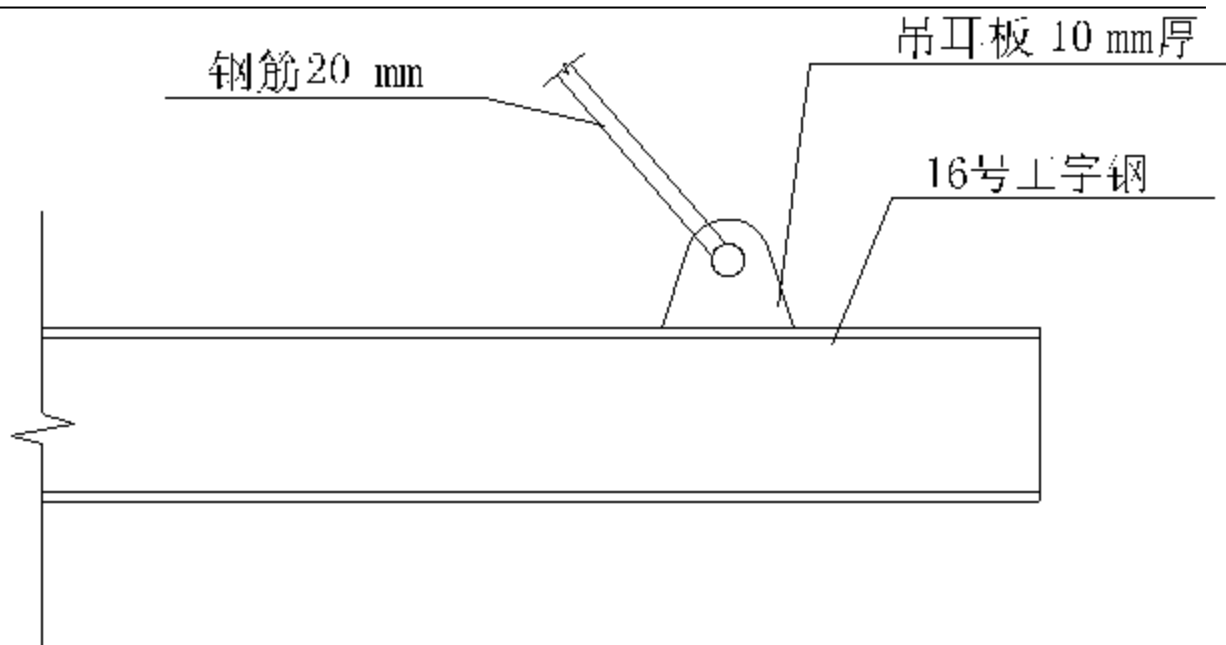


5号主梁图



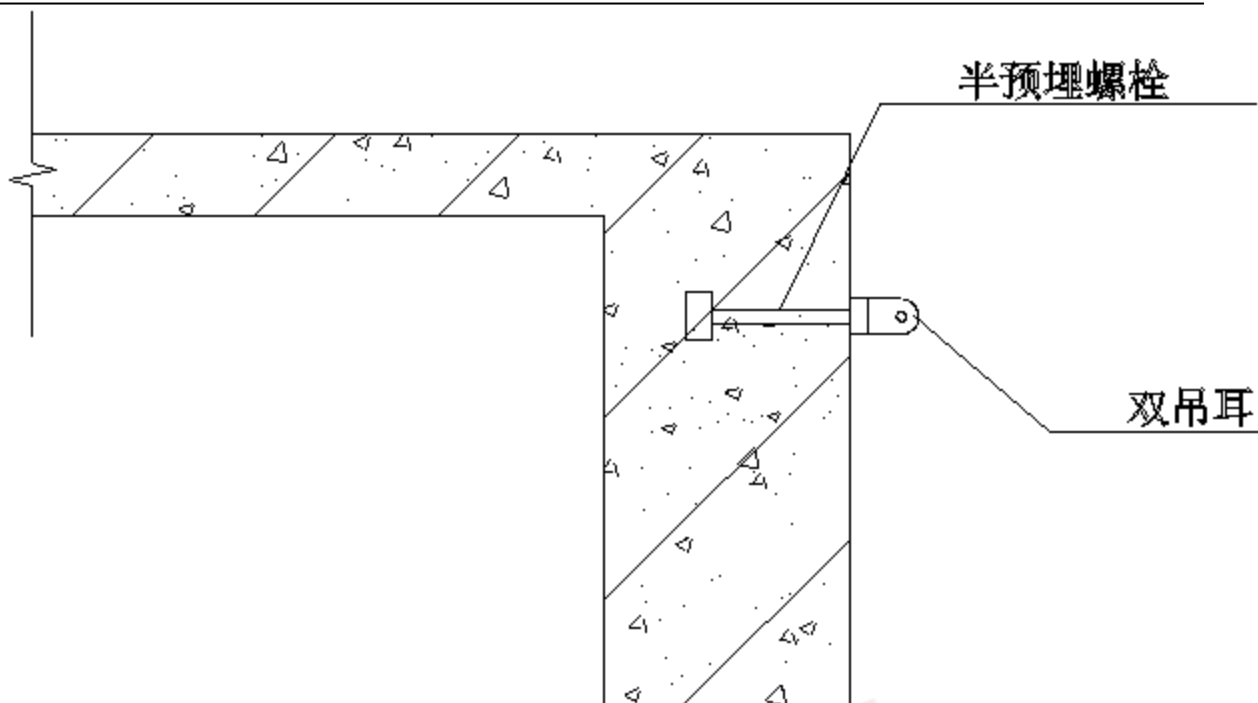
详图6

详图 6



详图⑧

详图 8



详图⑨

详图 9

主梁 5 与 B 向第 1 排联梁、B 向第 2 排联梁相交。

荷载标准值：

$$q' = g_k = 0.205 \text{ kN/m}$$

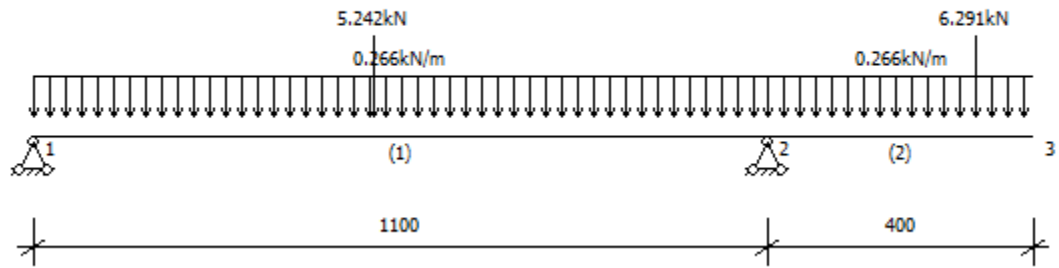
联梁传递的支座反力为： $R_1' = 4.058 \text{ kN}$; $R_2' = 4.198 \text{ kN}$;

荷载设计值：

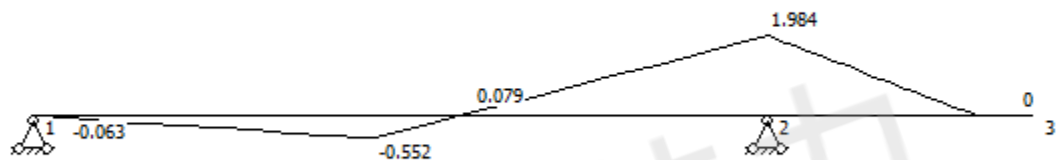
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.266 \text{ kN/m}$$

联梁传递的支座反力为： $R_1 = 5.242 \text{ kN}$; $R_2 = 6.291 \text{ kN}$;

计算简图如下：



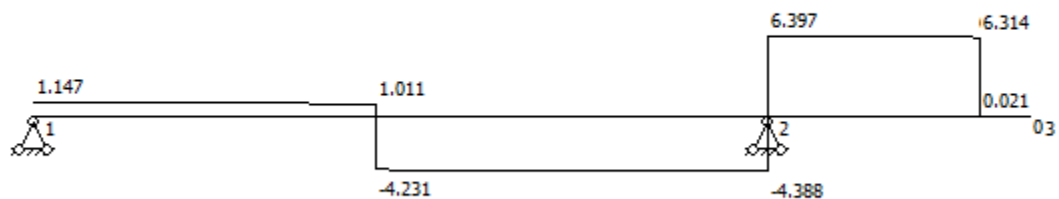
1) 抗弯验算



$$\sigma = M_{\max} / W = 1.984 \times 10^6 / (141 \times 10^3) = 14.071 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

2) 抗剪验算



$$V_{\max} = 6.397 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = V_{\max} / (8I_z \delta) [bh_0^2 - (b - \delta)h^2] = 6.397 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 7.56 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] = 125 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

3) 挠度验算



$$v_{\max}=0.057\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 400/250=3.2\text{mm}$$

满足要求!

4) 支座反力计算

承载能力极限状态下:

$$R_1=1.147\text{kN};$$

$$R_2=10.785\text{kN};$$

2、支撑杆件设置

支撑点号	支撑方式	材料类型	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 n(mm)	支撑件上下固 定点的水平距离 m(mm)	是否参与 计算
1	上拉	钢筋(钢 拉杆)	1100	2900	1100	是

3、上拉杆件验算

上拉杆材料类型	钢筋(钢拉杆)	上拉杆件直径(mm)	20
上拉杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	3.142	上拉杆材料抗拉强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	270
上拉杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	上拉与主梁连接形式	吊耳板

上拉与建筑物连接形式	锚固螺栓	型钢主梁上吊耳板排数	1
吊耳板厚 t(mm)	10	吊孔直径 d ₀ (mm)	25
吊耳孔中心至连接板高 L(mm)	60	吊耳板两侧边缘与吊孔边缘净距 b(mm)	50
顺受力方向, 吊孔边距板边缘最小 距离 a(mm)	65	吊耳板抗拉强度设计值 $f(N/mm^2)$	205
吊耳板抗剪强度设计值 $f_v(N/mm^2)$	120	螺栓抗拉强度设计值 $f_t^b(N/mm^2)$	170
螺栓抗剪强度设计值 $f_v^b(N/mm^2)$	140	吊耳板螺栓直径 d(mm)	20
吊耳板螺栓个数 n	1	角焊缝焊脚尺寸 h _f (mm)	10
单个吊耳板与型钢主梁连接焊缝 总长度 l _{w1} (mm)	120	钢拉杆端部与吊耳板连接焊缝总 长度 l _{w2} (mm)	100
上拉与建筑物连接螺栓直径 d(mm)	20	上拉与建筑物连接螺栓个数 n	1
角焊缝强度设计值 $f_f^w(N/mm^2)$	160	上拉与建筑物连接预埋螺栓埋入 深度或穿墙螺栓混凝土构件的厚度 s(mm)	150
上拉与建筑物连接预埋螺栓机械 锚固件或穿墙螺栓垫板边长/直径 a ₁ (mm)	40		

上拉杆件角度计算:

$$\alpha_1 = \arctan(n_1/m_1) = \arctan(2900/1100) = 69.228^\circ$$

上拉杆件支座力:

设计值: $R_{S1}=R_2=10.785\text{kN}$

由上拉钢筋(钢拉杆)作用造成的主梁轴向力:

$N_{SZ1}=R_{S1}/\tan\alpha_1=10.785/\tan(69.228^\circ)=4.091\text{kN}$

上拉钢筋(钢拉杆)轴向力:

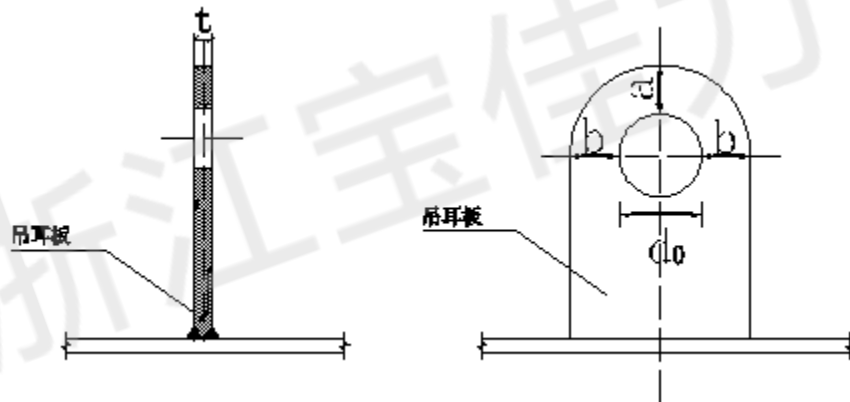
设计值: $N_{S1}=R_{S1}/\sin\alpha_1=10.785/\sin(69.228^\circ)=11.535\text{kN}$

上拉钢筋(钢拉杆)的最大轴向拉力: $N_s=\max[N_{S1}]=11.535\text{kN}$

$\sigma=N_s/A=11.535\times 10^3/314.2=36.712\text{N/mm}^2\leq f=270\text{N/mm}^2$

满足要求!

4、吊耳板计算



吊耳板

由于型钢主梁位置吊耳板排数为 1, 则单个吊耳板所受荷载为

$N_d=11.535/1=11.535\text{kN}$

参考 GB50017-2017, 对连接耳板进行如下验算:

(1) 耳板构造要求

$B_e=2t+16=2\times 10+16=36\text{mm}\leq b=50\text{mm}$

满足要求!

$4B_e/3=4\times 36/3=48\text{mm}\leq a=65\text{mm}$

满足要求!



(2) 耳板孔净截面处的抗拉强度验算

计算宽度: $b_1 = \min(2t+16, b-d_0/3) = \min(2 \times 10 + 16, 50 - 25/3) = 36\text{mm}$

$$\sigma = N_d / (2tb_1) = 11.535 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 36) = 16.021 \text{N/mm}^2 \leq f = 205 \text{N/mm}^2$$

耳板孔净截面处抗拉强度满足要求!

(3) 耳板端部截面抗拉（劈开）强度验算

$$\sigma = N_d / [2t(a - 2d_0/3)] = 11.535 \times 10^3 / [2 \times 10 \times (65 - 2 \times 25/3)] = 11.933 \text{N/mm}^2 \leq$$

$$f = 205 \text{N/mm}^2$$

耳板端部截面抗拉强度满足要求!

(4) 耳板抗剪强度验算

耳板端部抗剪截面宽度:

$$Z = [(a + d_0/2)^2 - (d_0/2)^2]^{0.5} = [(65 + 25/2)^2 - (25/2)^2]^{0.5} = 76.485 \text{mm}$$

$$\tau = N_d / (2tZ) = 11.535 \times 10^3 / (2 \times 10 \times 76.485) = 7.541 \text{N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{N/mm}^2$$

耳板抗剪强度满足要求!

5、吊耳板与型钢主梁连接焊缝验算

各上拉杆位置单个吊耳板焊缝所受荷载，垂直焊缝方向荷载 F 、平行焊缝方向荷载 V 分别为：

上拉杆 1 位置吊耳板：

由于型钢梁上吊耳板排数为 1，则：

$$\text{单个吊耳板垂直焊缝方向荷载 } F_1 = R_{S1} / 1 = 10.785 / 1 = 10.785 \text{kN}$$

$$\text{单个吊耳板平行焊缝方向荷载 } V_1 = R_{SZ1} / 1 = 4.091 / 1 = 4.091 \text{kN}$$

计算连接钢板与吊耳板连接位置焊缝应力为：

$$\sigma_N = F_1 / (0.7h_f l_{w1}) = 10.785 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 12.839 \text{N/mm}^2$$

$$\tau_V = V_1 / (0.7h_f l_{w1}) = 4.091 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 120) = 4.87 \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_M = M / W = V_1 L / (0.7h_f l_{w1}^2 / 6) = (4.091 \times 10^3 \times 60) / (0.7 \times 10 \times 120^2 / 6) = 14.611 \text{N/mm}^2$$

连接钢板与吊耳板连接位置焊缝的应力验算：

$$[\frac{(\sigma_N + \sigma_M)}{\beta_f} + \tau_v]^2 = [((12.839 + 14.611)/1.22)^2 + 4.87^2]^{0.5} = 23.021 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

上拉杆 1 位置吊耳板焊缝强度满足要求！

6、钢拉杆与吊耳板连接焊缝验算

钢拉杆与连接板连接焊缝主要承受剪应力：

$$\tau_f = N_d / (0.7 \times h_f \times l_{w2}) = 11.535 \times 10^3 / (0.7 \times 10 \times 100) = 16.479 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

7、上拉杆与主梁连接点计算

1) 螺栓抗剪验算

$$\text{单个螺栓受剪承载力设计值 } N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受剪力: } N_v = N_s / n = 11.535 / 1 = 11.535 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$$

符合要求！

8、上拉杆与建筑物连接点计算

由上式计算可得上拉杆与建筑物连接点最大轴向拉力 $N_s = 11.535 \text{ kN}$

上拉杆 1:

与建筑物连接螺栓所受拉力

$$N_{t1} = N_{s1} \times \sin(90^\circ - \alpha_1) = 11.535 \times \sin(90^\circ - 69.228^\circ) = 4.091 \text{ kN}$$

与建筑物连接螺栓所受剪力

$$N_{v1} = N_{s1} \times \cos(90^\circ - \alpha_1) = 11.535 \times \cos(90^\circ - 69.228^\circ) = 10.785 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大拉力 } N_t = N_{t1} / n = 4.091 / 1 = 4.091 \text{ kN}$$

$$\text{螺栓所受最大剪力 } N_v = N_{v1} / n = 10.785 / 1 = 10.785 \text{ kN}$$

1) 螺栓抗拉验算

单个螺栓受拉承载力设计值

$$N_t^b = 0.9 \times f_t^b \times A_s = 0.9 \times 170 \times (\pi \times d^2 / 4) = 0.9 \times 170 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 48.042 \text{ kN}$$

单个螺栓所受拉力： $N = N_t = 4.091 \text{ kN} \leq 48.042 \text{ kN}$

符合要求！

2) 螺栓抗剪验算

单个螺栓受剪承载力设计值 $N_v^b = 0.9 \times f_v^b \times A_s = 0.9 \times 140 \times (\pi \times d^2 / 4) =$

$$0.9 \times 140 \times (3.14 \times 20^2 / 4) / 1000 = 39.564 \text{ kN}$$

螺栓所受剪力： $V = N_v = 10.785 \text{ kN} \leq 39.564 \text{ kN}$

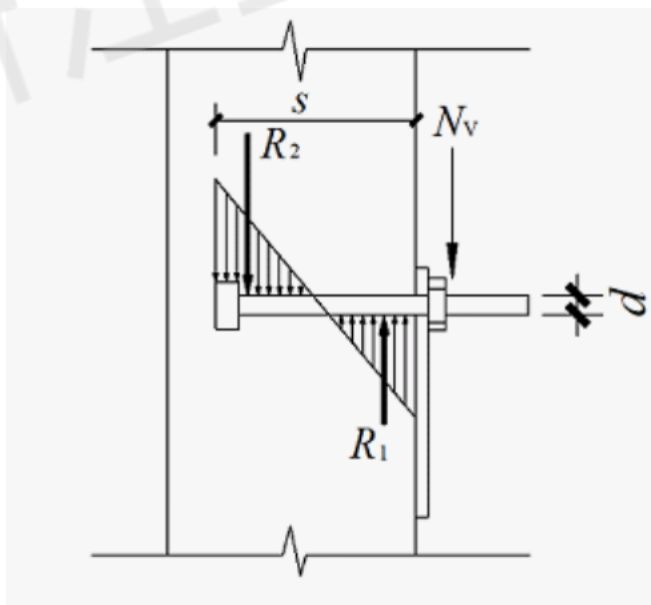
符合要求！

9、混凝土局部受压承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓竖向分力合力最大值为：

$$N_v = 10.785 \text{ kN}$$

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35 \beta_b \beta_l f_c s d$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_l f_c s d = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 10.785 \text{ kN}$$

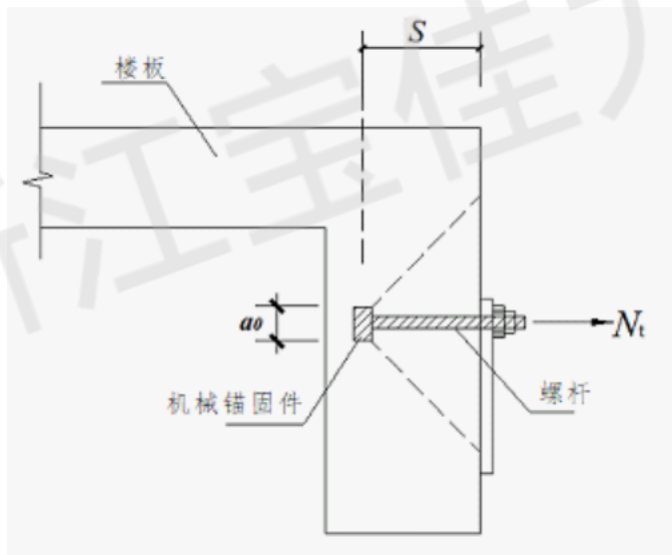
局部承压满足要求！

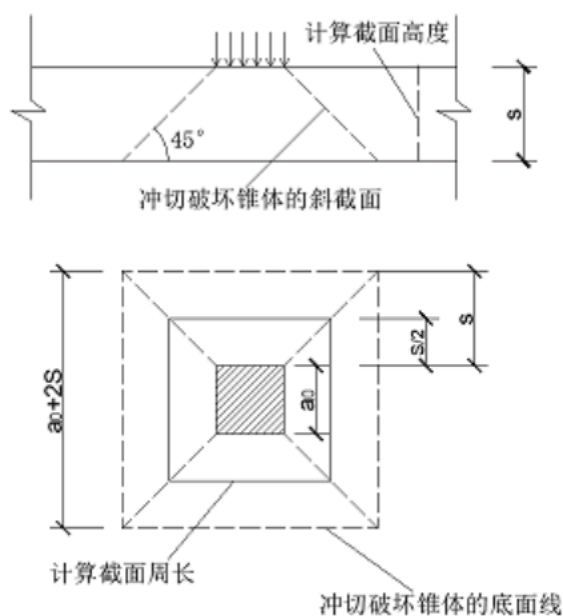
10、混凝土抗冲切承载力

上拉杆件与建筑物连接位置，单个螺栓水平分力合力最大值为：

$$N_t = 4.091 \text{ kN}$$

冲切破坏锥体示意图如下：





参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）第 6.5.1 条计算混凝土抗冲切承载力，应满足

$$N_t \leq 0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s$$

β_h -截面高度影响系数：当截面高度不大于 800mm 时，取 $\beta_h=1.0$ ；当截面高度不小于 2000mm 时，取 $\beta_h=0.9$ ；其间按线性内插法取用。此处抗冲切计算截面高度为 $s=150\text{mm} \leq 800\text{mm}$ ， $\beta_h=1.0$ ；

f_t -混凝土轴心抗拉强度设计值；

μ_m -计算截面的周长，取距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $s/2$ 处垂直截面的最不利周长，此处 $\mu_m=4 \times (40+150)=760\text{mm}$

η -应取 $\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}$

β_s -局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边的比值， β_s 不宜大于 4；当 β_s 小于 2 时取 2；对圆形冲切面， β_s 取 2。此处 $\beta_s=2$ ；

α_s -冲切锥体位置影响系数：此处 $\alpha_s=40$ ；

故 $\eta=\min\{0.4+1.2/\beta_s, 0.5+\alpha_s s/(4\mu_m)\}=\min\{0.4+1.2/2, 0.5+40 \times 150/(4 \times 760)\}=1$

$$0.7\beta_h f_t \eta \mu_m s = (0.7 \times 1.0 \times 1.57 \times 1 \times 760 \times 150) / 1000 = 125.286 \text{ kN} \geq N_t = 4.091 \text{ kN}$$

局部承压满足要求！

11、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = N_{sz1} = 4.091 \text{ kN}$

压弯构件强度： $\sigma_{\max} = M_{\max} / (\gamma W) + N / A = 1.984 \times 10^6 / (1.05 \times 141000) + 4.091 \times 10^3 / 2611 = 14.968 \text{ N/mm}^2 \leq [f] = 215 \text{ N/mm}^2$

满足要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附录 C，得到 ϕ_b' 值为 0.929。

$M_{\max} / (\phi_b' W_x f) = 1.984 \times 10^6 / (0.929 \times 141 \times 10^3 \times 215) = 0.07 \leq 1$

符合要求！

12、悬挑主梁与结构连接节点验算

1) 计算参数

螺栓类型	摩擦型高强螺栓	高强螺栓的性能等级	8.8 级
竖向连接钢板强度等级	Q235	竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10
高强螺栓公称直径	M20	高强螺栓个数 n	2
摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(\text{kN})$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1		

2) 高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=1.147\text{kN}$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=1.147/2=0.574\text{kN}$$

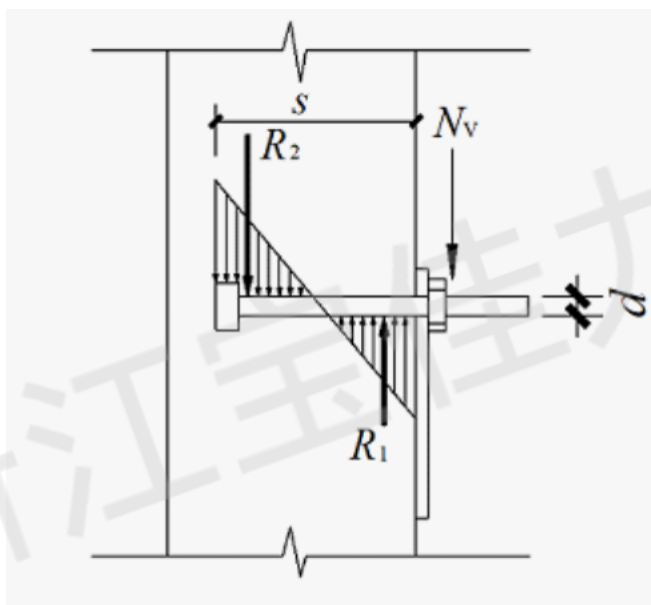
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9\times 1\times 1\times 0.5\times 125=56.25\text{kN}$$

$$N_v/N_v^b=0.574/56.25=0.01\leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3) 混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v\leq 1.35\beta_b\beta_l f_{csd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数，取 0.39；

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数，按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010（2015 版）第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$ ；

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值；

$$1.35\beta_b\beta_l f_{csd}=(1.35\times 0.39\times 1.73\times 16.7\times 150\times 20)/1000=45.633\text{kN}\geq N_v=0.574\text{kN}$$

局部承压满足要求！

第三段型钢悬挑脚手架(盘扣式)计算书

计算依据

- 1、《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231-2021
- 2、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 3、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 4、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 5、《混凝土结构设计规范》GB50010-2010
- 6、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 7、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 8、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
- 9、《工程结构通用规范》GB 55001-2021

架体验算

一、脚手架参数

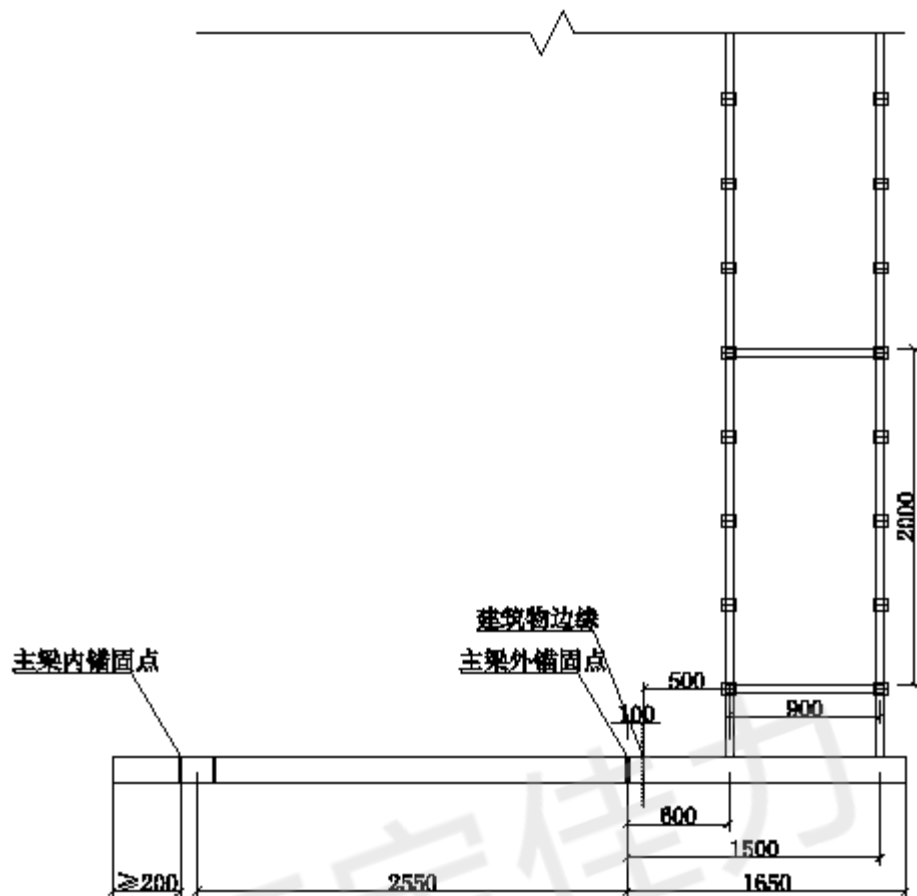
脚手架安全等级	I 级	结构重要性系数 γ_0	1.1
立杆纵向间距 $l_a(m)$	1.5	立杆步距 $h(m)$	2
顶部防护栏杆高 $h_1(m)$	1.5	纵横向扫地杆距立杆底距离 $h_2(mm)$	350
脚手架搭设排数	2	承载力设计值调整系数 γ_R	1

立杆排号	立杆依次横距 $l_b(m)$	立杆搭设高度 $H_s(m)$
1	0.5	9
2	0.9	9

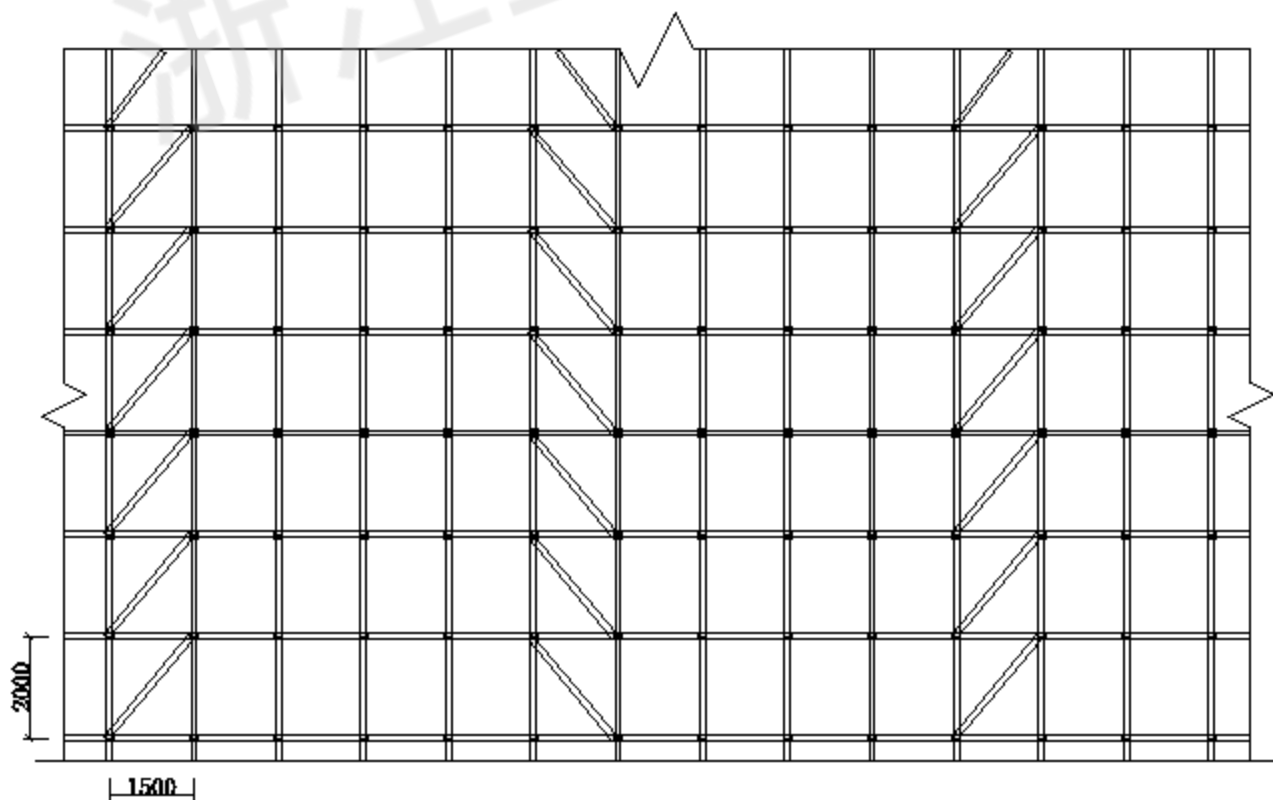
二、荷载设计

脚手板类型	定型钢脚手板	脚手板自重标准值 $G_{kjb}(\text{kN/m}^2)$	0.35
脚手板铺设方式	1 步 1 设	安全网自重标准值 $G_{kmw}(\text{kN/m}^2)$	0.01
挡脚板类型	冲压钢脚手板 挡板	栏杆与挡脚板自重标准值 $G_{kdb}(\text{kN/m})$	0.17
挡脚板铺设方式	2 步 1 设		
单块脚手板宽度 $b(\text{mm})$	250	单块脚手板一侧爪钩数量 j	2
爪钩间距 $s(\text{mm})$	200		
结构脚手架作业层数 n_{zj}	1	结构脚手架荷载标准值 $Q_{kzj}(\text{kN/m}^2)$	3
风荷载标准值 $\omega_k(\text{kN/m}^2)$ (连墙件、立杆稳定性)	基本风压 $\omega_0(\text{kN/m}^2)$	0.45	0.569, 0.495
	风荷载高度变化系数 μ_z (连墙件、立杆稳定性)	1.264, 1.1	
	风荷载体型系数 μ_s	1	

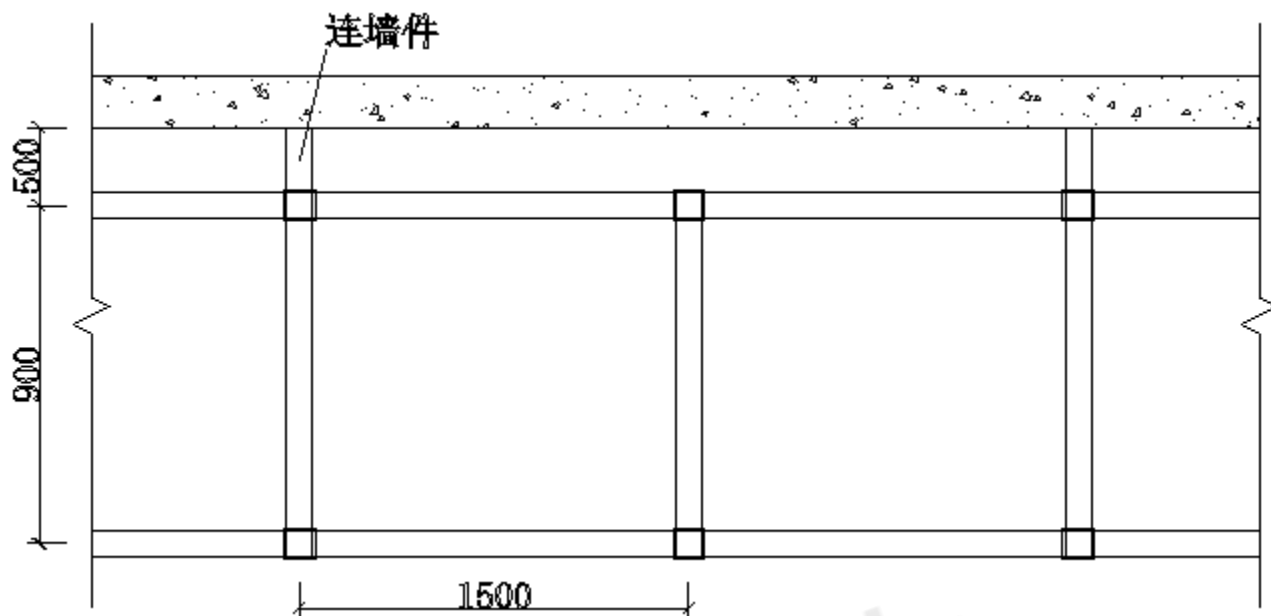
搭设示意图



盘扣式脚手架剖面图



盘扣式脚手架立面图



盘扣式脚手架平面图

三、横向横杆验算

纵横向水平杆型号	B-SG(标准型 支架)	纵横向水平杆钢管类型	Φ48.3×2.5
横向横杆抗弯强度设计值 (f)(N/mm ²)	205	横向横杆截面惯性矩 I(mm ⁴)	94600
横向横杆弹性模量 E(N/mm ²)	206000	横向横杆截面抵抗矩 W(mm ³)	3920
脚手板类型	定型钢脚手板	单块脚手板宽度 b(mm)	250
单块脚手板一侧爪钩数量 j(只)	2	爪钩间距 s(mm)	200

承载能力极限状态:

$$q=b(1.3\times G_{kjb}+1.5\times Q_{kzj})=0.25\times(1.3\times 0.35+1.5\times 3)=1.239\text{kN/m}$$

$l_a=1.5\text{m}$, 脚手板通过爪钩传递给横杆的支座反力为:

$$R=ql_a/j=1.239\times 1.5/2=0.929\text{kN}$$

横杆自重设计值： $q_1=1.3m_2=1.3\times0.028=0.037\text{kN/m}$

正常使用极限状态：

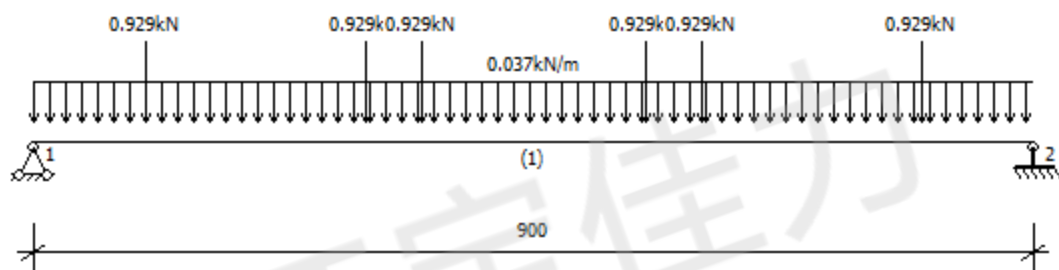
$q'=b(G_{kjb}+Q_{kzj})=0.25\times(0.35+3)=0.838\text{kN/m}$

$l_a=1.5\text{m}$ ，脚手板通过爪钩传递给横杆的支座反力为：

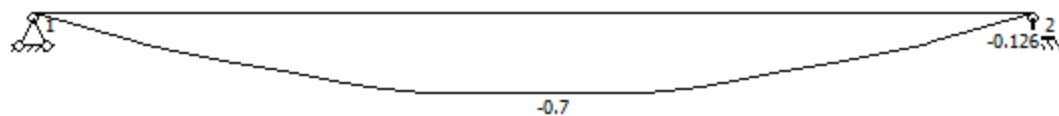
$R'=q'l_a/2=0.838\times1.5/2=0.628\text{kN}$

横杆自重标准值： $q_1'=m_2=0.028\text{kN/m}$

$l=l_b=0.9\text{m}$ ，计算简图如下



1、抗弯验算



弯矩图($\text{kN}\cdot\text{m}$)

$M_{\max}=0.7\text{kN}\cdot\text{m}$

$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times0.7\times10^6/3920=196.49\text{N/mm}^2\leq[f]/\gamma_R=205/1=205\text{N/mm}^2$

满足要求。

2、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=2.078\text{mm}\leq[v]=\min[l_b/150, 10]=\min[900/150, 10]=6\text{mm}$$

满足要求。

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$$R_1=2.804\text{kN}$$

4、盘扣节点连接盘的抗剪承载力验算

$$F_R=\gamma_0 R_1=1.1\times 2.804=3.084\text{kN}\leq[Q_b]/\gamma_R=40/1=40\text{kN}$$

满足要求。

四、荷载计算

立杆型号	B-LG-300	立杆钢管类型	Φ48.3×3.2
纵横向水平杆型号	B-SG(标准型 支架)	纵横向水平杆钢管类型	Φ48.3×2.5
外斜杆型号	B-XG(标准型 支架)	外斜杆材料形式	专用斜杆
外斜杆布置	每隔 4 跨一设	外斜杆钢管截面类型	Φ33×2.3

单立杆静荷载计算

1、结构自重标准值 NG_{1k}

(1)、立杆的自重标准值 NG_{1k1}

立杆型号为 B-LG-300，单根立杆自重为 $m_1=0.147kN$

立杆 1: $NG_{1k1}=m_1 \times H_{s1}/3=0.147 \times 9/3=0.441kN$

立杆 2: $NG_{1k1}=m_1 \times H_{s2}/3=0.147 \times 9/3=0.441kN$

(2)、纵向横杆的自重标准值 NG_{1k2}

纵向横杆型号为 B-SG-150，单根纵向横杆自重为 $m_2=0.05kN$

立杆 1: 步数 $n_1=[(H_{s1}-h_1-h_2)/h]_{取整}=[(9-1.5-0.35)/2]_{取整}=3$

$NG_{1k2}=m_2 \times (n_1+1)=0.050 \times (3+1)=0.200kN$

立杆 2: 步数 $n_2=[(H_{s2}-h_1-h_2)/h]_{取整}=[(9-1.5-0.35)/2]_{取整}=3$

$NG_{1k2}=m_2 \times (n_2+1)=0.050 \times (3+1)=0.200kN$

(3)、横向横杆的自重标准值 NG_{1k3}

根据横向横杆型号及依次横距计算出单根横杆自重代入计算:

立杆 1: $NG_{1k3}=(3+1) \times 0.033/2=0.066kN$

立杆 2: $NG_{1k3}=(3+1) \times 0.033/2=0.066kN$

(4)、外斜杆的自重标准值 NG_{1k4}

外斜杆型号为 B-XG-150×200，单根外斜杆自重为 $m_4=0.055kN$

立杆 2: $NG_{1k4}=m_4 \times n_2/2=0.055 \times 3/2=0.083kN$

结构自重标准值 NG_{1k} 总计

立杆 1: $NG_{1k}=NG_{1k1}+NG_{1k2}+NG_{1k3}=0.441+0.2+0.066=0.707kN$

立杆 2: $NG_{1k}=NG_{1k1}+NG_{1k2}+NG_{1k3}+NG_{1k4}=0.441+0.2+0.066+0.083=0.789kN$

2、构配件自重标准值 NG_{2k}

(1)、脚手板的自重标准值 NG_{2k1}

立杆 1: $NG_{2k1}=(n_1+1) \times l_a \times 0.9 \times G_{kjb} \times 1/1/2=(3+1) \times 1.500 \times 0.9 \times 0.350 \times$

$1/1/2=0.945kN$



$$\text{立杆 2: } NG_{2k1} = (n_2 + 1) \times l_a \times 0.9 \times G_{kjb} \times 1/1/2 = (3 + 1) \times 1.500 \times 0.9 \times 0.350 \times$$

$$1/1/2 = 0.945 \text{ kN}$$

1/1 表示脚手板 1 步 1 设

(2)、栏杆挡脚板的自重标准值 NG_{2k2}

$$\text{立杆 2: } NG_{2k2} = (n_2 + 1) \times l_a \times G_{kdb} \times 1/2 = (3 + 1) \times 1.500 \times 0.17 \times 1/2 = 0.510 \text{ kN}$$

1/2 表示挡脚板 2 步 1 设

(3)、围护材料的自重标准值 NG_{2k3}

$$\text{立杆 2: } NG_{2k3} = G_{kmw} \times l_a \times H = 0.01 \times 1.500 \times 9.0 = 0.135 \text{ kN}$$

构配件自重标准值 NG_{2k} 总计

$$\text{立杆 1: } NG_{2k} = NG_{2k1} = 0.945 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{2k} = NG_{2k1} + NG_{2k2} + NG_{2k3} = 0.945 + 0.510 + 0.135 = 1.590 \text{ kN}$$

单立杆施工活荷载计算

$$\text{立杆 1: } NQ_{1k} = l_a \times 0.9 \times (n_{zj} \times Q_{kzj}) / 2 = 1.500 \times 0.9 \times (1 \times 3) / 2 = 2.025 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NQ_{1k} = l_a \times 0.9 \times (n_{zj} \times Q_{kzj}) / 2 = 1.500 \times 0.9 \times (1 \times 3) / 2 = 2.025 \text{ kN}$$

组合风荷载作用下单立杆轴向力:

$$\text{立杆 1: } N_1 = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 NQ_{1k} = 1.3 \times (0.707 + 0.945) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 4.881 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } N_2 = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 NQ_{1k} = 1.3 \times (0.789 + 1.590) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 5.827 \text{ kN}$$

$$\text{立杆最大轴力设计值 } N = \max(N_1, N_2) = \max(4.881, 5.827) = 5.827 \text{ kN}$$

五、立杆稳定性验算

立杆钢管类型	$\Phi 48.3 \times 3.2$	立杆每米自重 m_l (kN)	0.036
立杆截面抵抗矩 W (mm ³)	4800	立杆截面回转半径 i (mm)	16
立杆抗压强度设计值 $[f]$ (N/mm ²)	300	立杆截面面积 A (mm ²)	453



连墙件布置方式	一步两跨	立杆计算长度系数 μ	1.45
---------	------	----------------	------

1、立杆长细比验算

$$l_0 = \mu \times h = 1.45 \times 2 = 2.9\text{m}$$

$$\text{长细比} \lambda = l_0 / i = 2.9 \times 1000 / 16 = 181.25 \leq 210$$

查表得， $\phi = 0.16$

满足要求

2、立杆稳定性验算

$$M_w = 0.9 \times 1.5 \omega_k l_a h^2 / 10 = 0.9 \times 1.5 \times 0.495 \times 1.50 \times 2.00^2 / 10 = 0.401 \text{kN} \cdot \text{m}$$

外立杆的轴心压力标准值 N'

$$= (NG_{1k} + NG_{2k}) + NQ_{1k} = (0.789 + 1.590) + 2.025 = 4.404 \text{kN}$$

$$\text{外立杆的轴心压力设计值 } N = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 NQ_{1k} = 1.3 \times (0.789 + 1.590) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 5.827 \text{kN}$$

$$\sigma = \gamma_0 [N / (\phi A) + M_w / W] = 1.1 \times [5827.10 / (0.160 \times 453.00) + 0.401 \times 10^6 / 4800] = 180.320 \text{N/mm}^2 \leq [f] / \gamma_R = 300 / 1 = 300 \text{N/mm}^2$$

满足要求！

六、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	一步两跨	连墙件连接方式	扣件连接
连墙件计算长度 $l_0(\text{mm})$	600	连墙件截面类型	钢管
连墙件型号	$\Phi 48 \times 3$	扣件抗滑移折减系数	0.85
连墙件截面面积 $A_c(\text{mm}^2)$	424	连墙件截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9
连墙件抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205	扣件连接方式	双扣件

$$N_{lw} = 1.5 \times \omega_k \times L_l \times H_l = 1.5 \omega_k 1h 2l_a = 1.5 \times 0.569 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1.5 = 5.12 \text{kN}$$

$$\text{长细比} \lambda = l_0 / i = 600 / 15.9 = 37.736, \text{查《规范》JGJ/T 231-2021 表 C 得, } \phi = 0.896$$

连墙件约束脚手架平面外变形所产生的轴向力 N_0 ，取 3kN。

$$(N_{lw}+N_0)/(\phi A_c)=(5.121+3)\times 10^3/(0.896\times 424)=21.376\text{N/mm}^2\leq [f]/\gamma$$

$$R=205/1=205\text{N/mm}^2$$

满足要求!

扣件抗滑承载力验算:

$$N_{lw}+N_0=5.121+3=8.121\text{kN}\leq 0.85\times 12=10.2\text{kN}$$

满足要求!

型钢主梁验算

一、基本参数

主梁离地高度(m)	9	悬挑方式	普通主梁悬挑
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	平铺在楼板上
锚固点设置方式	U 型锚固螺栓	锚固螺栓直径 d(mm)	16
主梁建筑物外悬挑长度 L_x (mm)	1650	主梁外锚固点到建筑物边缘的距 离 a(mm)	100
主梁建筑物内锚固长度 L_m (mm)	2550	梁/楼板混凝土强度等级	C35
混凝土与螺栓表面的容许粘结强度 $[\tau_b]$ (N/mm ²)	2.5	锚固螺栓抗拉强度设计值 $[f_t]$ (N/mm ²)	50

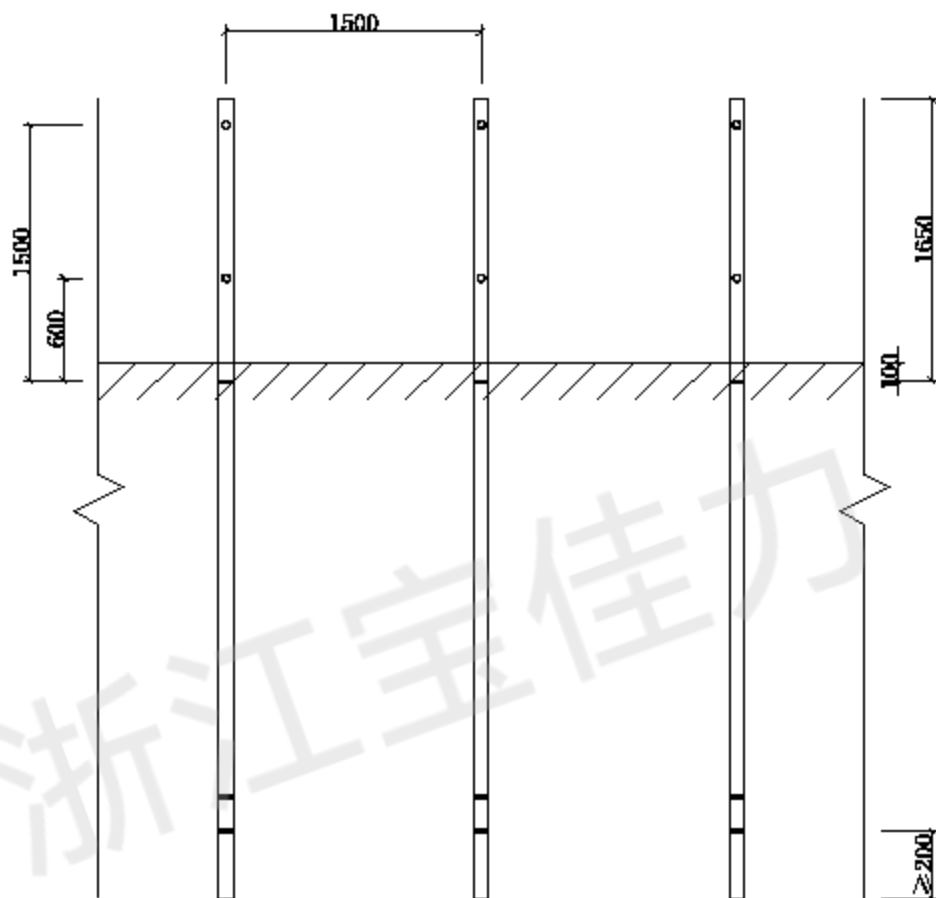
二、荷载布置参数

参考上方外立杆的轴心压力设计值计算方法，计算出内立杆轴心压力设计值及标准值如下:

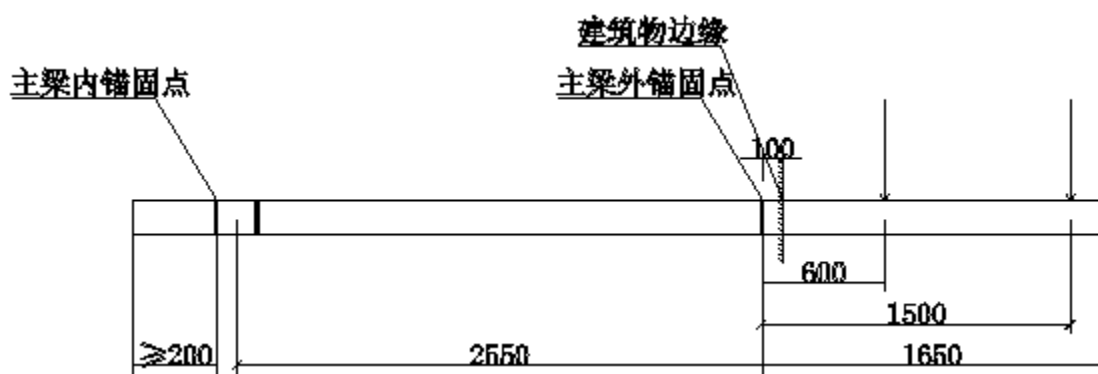
作用点号	各排立杆传至梁上荷载 标准值 F' (kN)	各排立杆传至梁上荷载 设计值 F (kN)	各排立杆距主梁外锚固 点水平距离(mm)	主梁间距 l_a (mm)
------	-----------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------

1	3.677	4.881	600	1500
2	4.404	5.827	1500	1500

附图如下:



平面图



立面图

三、主梁验算



主梁材料类型	工字钢	主梁合并根数 n_z	1
主梁材料规格	16 号工字钢	主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11
主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130	主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141
主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205	主梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215
主梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125	主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000
主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/250		

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.205 = 0.205 \text{ kN/m}$$

$$\text{第 1 排: } F'_1 = F'_1 / n_z = 3.677 / 1 = 3.677 \text{ kN}$$

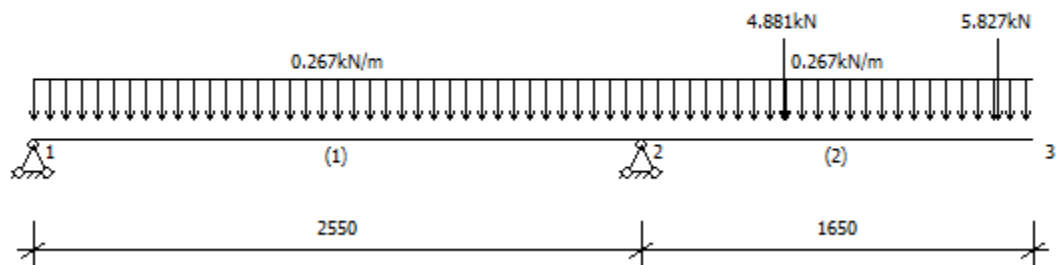
$$\text{第 2 排: } F'_2 = F'_2 / n_z = 4.404 / 1 = 4.404 \text{ kN}$$

荷载设计值:

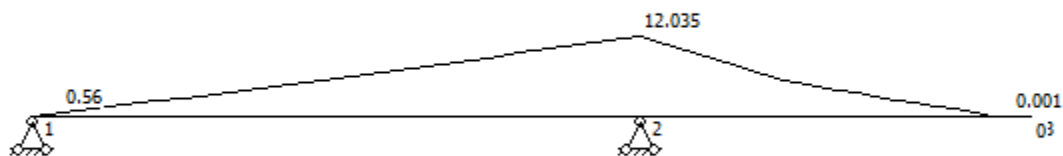
$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.267 \text{ kN/m}$$

$$\text{第 1 排: } F_1 = F_1 / n_z = 4.881 / 1 = 4.881 \text{ kN}$$

$$\text{第 2 排: } F_2 = F_2 / n_z = 5.827 / 1 = 5.827 \text{ kN}$$



1、强度验算



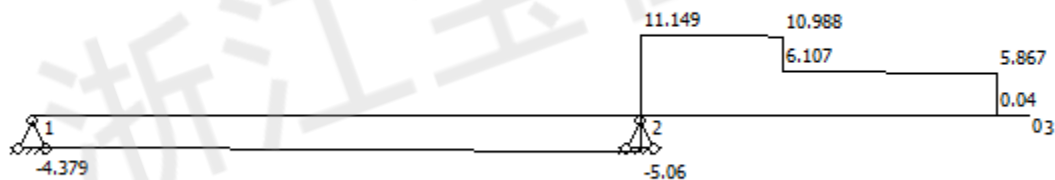
弯矩图(kN·m)

$$\sigma_{\max} = \gamma_0 M_{\max} / W = 1.1 \times 12.035 \times 10^6 / 141000 = 93.887 \text{ N/mm}^2 \leq [f] / \gamma$$

$$R = 215 / 1 = 215 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

2、抗剪验算



剪力图(kN)

$$\tau_{\max} = \gamma_0 Q_{\max} / (8 I_z \delta) [b h_0^2 - (b - \delta) h^2] = 1.1 \times 11.149 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 14.493 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\max} = 14.493 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] / \gamma_R = 125 / 1 = 125 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

3、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=8.32\text{mm}\leq[v]=2\times l/250=2\times 1650/250=13.2\text{mm}$$

符合要求!

4、支座反力计算

设计值: $R_1=-4.379\text{kN}$, $R_2=16.208\text{kN}$

四、悬挑主梁整体稳定性验算

受弯构件整体稳定性分析:

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数:

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得, $\phi_b=1.3$

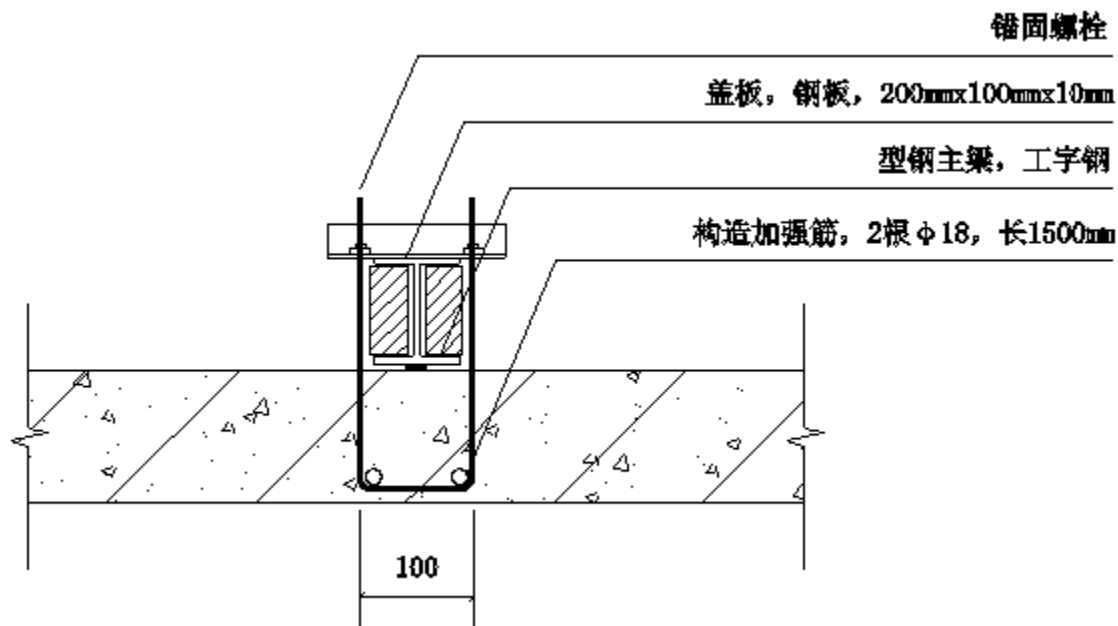
由于 ϕ_b 大于 0.6, 根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附表 C, 得到 ϕ_b' 值为 0.85。

$$\gamma_0 M_{\max}/(\phi_b' W_x f/\gamma_R)=1.1\times 12.035\times 10^6/(0.853\times 141\times 215\times 10^3/1)=0.512\leq 1$$

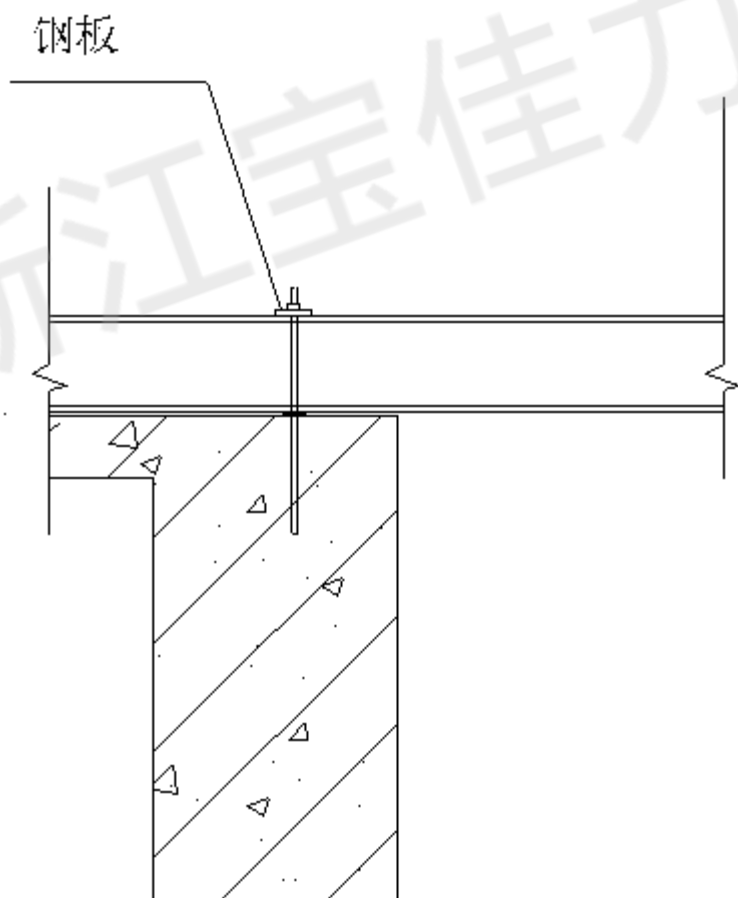
符合要求!

五、锚固段与楼板连接的计算

主梁与建筑物连接方式	平铺在楼板上	锚固点设置方式	U 型锚固螺栓
U 型锚固螺栓直径 d(mm)	16	梁/楼板混凝土强度等级	C35
混凝土与螺栓表面的容许粘结强度 $[\tau_b](\text{N}/\text{mm}^2)$	2.5	锚固螺栓抗拉强度设计值 $[f_t](\text{N}/\text{mm}^2)$	50



锚固螺栓 1



锚固螺栓 2

1、螺栓粘结力锚固强度计算



锚固点锚固螺栓受力： $N/2 = 4.379/2 = 2.19\text{kN}$

螺栓锚固深度： $h \geq N/(4 \times \pi \times d \times [\tau_b]) = 4.379 \times 10^3 / (4 \times 3.14 \times 16 \times 2.5) = 8.712\text{mm}$

螺栓验算：

$\sigma = \gamma_0 N / (4 \times \pi \times d^2 / 4) = 1.1 \times 4.379 \times 10^3 / (4 \times \pi \times 16^2 / 4) = 5.989\text{N/mm}^2 \leq 0.85 \times$

$[f_t] = 42.5\text{N/mm}^2$

符合要求！

2、混凝土局部承压计算如下

混凝土的局部挤压强度设计值：

$f_{cc} = 0.95 \times f_c = 0.95 \times 16.7 = 15.865\text{N/mm}^2$

$\gamma_0 N/2 = 2.408\text{kN} \leq 2 \times (b^2 - \pi d^2 / 4) \times f_{cc} = 2 \times (80^2 - 3.14 \times 16^2 / 4) \times$

$15.865/1000 = 196.692\text{kN}$

注：锚板边长 b 一般按经验确定，不作计算，此处 $b = 5d = 5 \times 16 = 80\text{mm}$

符合要求！

第四段花篮螺栓悬挑架(盘扣式)下撑计算书

计算依据

- 1、《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231-2021
- 2、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- 3、《建筑结构荷载规范》GB50009-2012
- 4、《钢结构设计标准》GB50017-2017
- 5、《混凝土结构设计规范》GB50010-2010
- 6、《施工脚手架通用规范》GB 55023-2022
- 7、《钢结构通用规范》GB 55006-2021
- 8、《混凝土结构通用规范》GB 55008-2021
- 9、《工程结构通用规范》GB 55001-2021

架体验算

一、脚手架参数

脚手架安全等级	I 级	结构重要性系数 γ_0	1.1
立杆纵向间距 $l_a(m)$	1.5	立杆步距 $h(m)$	2
顶部防护栏杆高 $h_1(m)$	1.5	纵横向扫地杆距立杆底距离 $h_2(mm)$	550
脚手架搭设排数	2	设置拉杆前, 型钢主梁是否设置临时支撑	是
未设拉杆时的架体最大高度 $H_0(m)$	4.5	本挑脚手架搭设高度 $H_1(m)$	13.5
承载力设计值调整系数 γ_R	1.1		

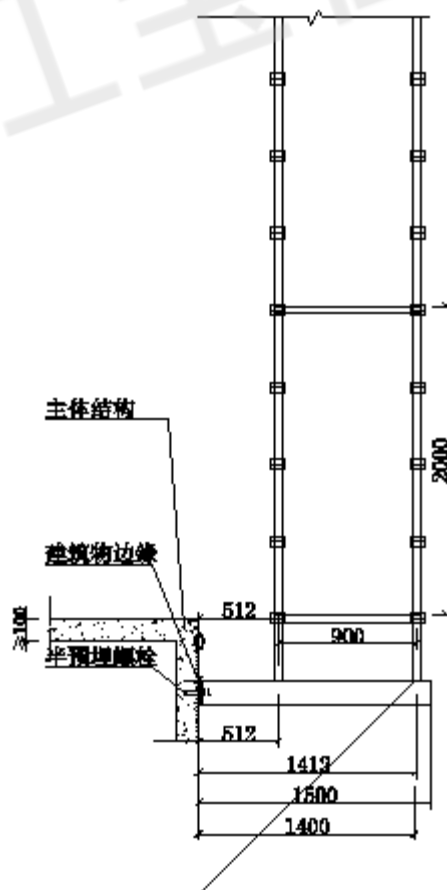
立杆排号	立杆依次横距 $l_b(m)$	立杆搭设高度 $H_s(m)$
1	0.512	18
2	0.9	18

二、荷载设计

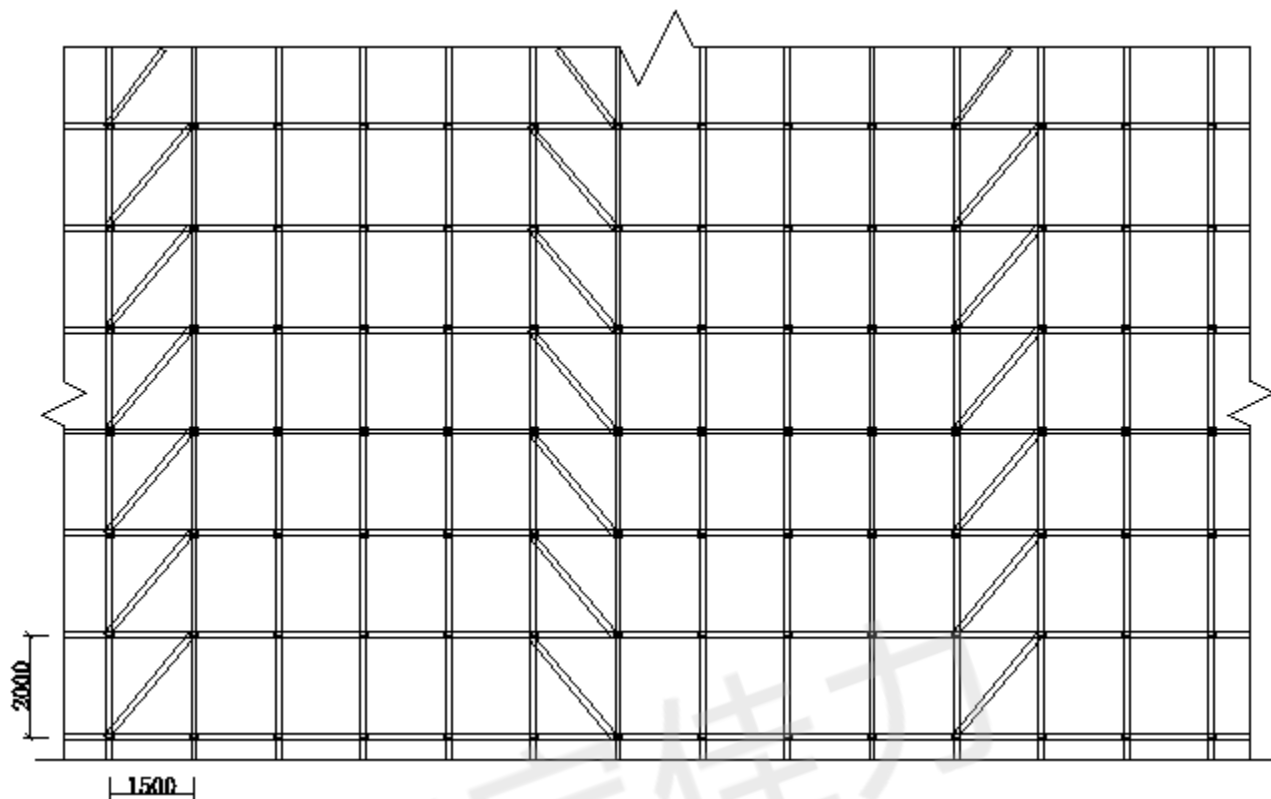
脚手板类型	定型钢脚手板	脚手板自重标准值 $G_{kjb}(kN/m^2)$	0.35
脚手板铺设方式	2 步 1 设	安全网自重标准值 $G_{kmw}(kN/m^2)$	0.05
挡脚板类型	木脚手板挡板	栏杆与挡脚板自重标准值 $G_{kdb}(kN/m)$	0.17
挡脚板铺设方式	2 步 1 设		
单块脚手板宽度 $b(mm)$	250	单块脚手板一侧爪钩数量 j	2

爪钩间距 s(mm)	200		
结构脚手架作业层数 n_{zj}	1	结构脚手架荷载标准值 $Q_{kzj}(kN/m^2)$	3
风荷载标准值 $\omega_k(kN/m^2)$ (连墙件、立杆稳定性)	基本风压 $\omega_0(kN/m^2)$	0.45	0.626, 0.626
	风荷载高度变化系数 μ_z (连墙件、立杆稳定性)	1.264, 1.264	
	风荷载体型系数 μ_s	1.1	

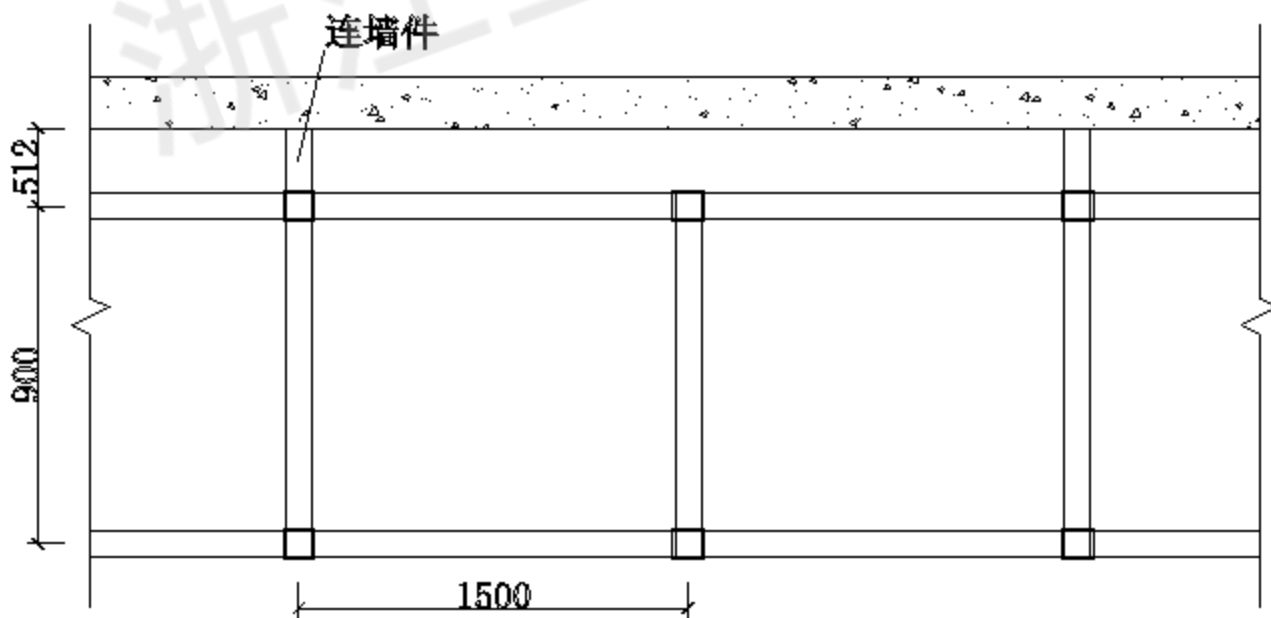
搭设示意图



盘扣式脚手架剖面图



盘扣式脚手架立面图



盘扣式脚手架平面图

三、横向横杆验算

纵横向水平杆型号	B-SG(标准型)	纵横向水平杆钢管类型	Φ48.3×2.75
----------	-----------	------------	------------

	支架)		
横向横杆抗弯强度设计值 (f)(N/mm ²)	205	横向横杆截面惯性矩 I(mm ⁴)	102400
横向横杆弹性模量 E(N/mm ²)	206000	横向横杆截面抵抗矩 W(mm ³)	4240
脚手板类型	定型钢脚手板	单块脚手板宽度 b(mm)	250
单块脚手板一侧爪钩数量 j(只)	2	爪钩间距 s(mm)	200

承载能力极限状态:

$$q=b(1.3\times G_{kjb}+1.5\times Q_{kzj})=0.25\times(1.3\times 0.35+1.5\times 3)=1.239\text{kN/m}$$

$l_a=1.5\text{m}$, 脚手板通过爪钩传递给横杆的支座反力为:

$$R=q l_a / j=1.239 \times 1.5 / 2=0.929 \text{ kN}$$

横杆自重设计值: $q_1=1.3 m_2=1.3 \times 0.031=0.04 \text{ kN/m}$

正常使用极限状态:

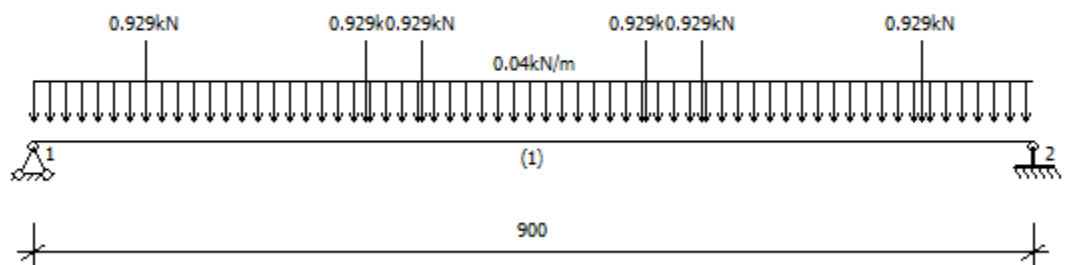
$$q'=b(G_{kjb}+Q_{kzj})=0.25\times(0.35+3)=0.838\text{kN/m}$$

$l_a=1.5\text{m}$, 脚手板通过爪钩传递给横杆的支座反力为:

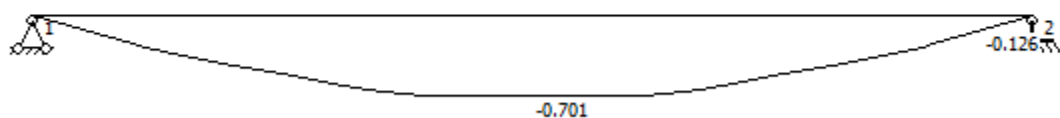
$$R'=q' l_a / j=0.838 \times 1.5 / 2=0.628 \text{ kN}$$

横杆自重标准值: $q_1'=m_2=0.031 \text{ kN/m}$

$l=l_b=0.9\text{m}$, 计算简图如下



1、抗弯验算



弯矩图(kN·m)

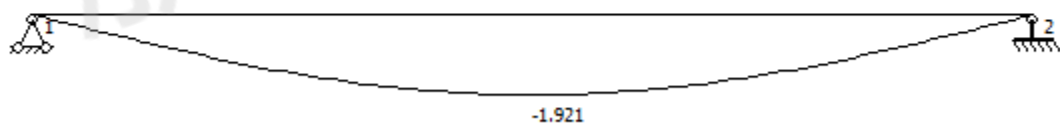
$$M_{\max}=0.701\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma=\gamma_0 M_{\max}/W=1.1\times 0.701\times 10^6/4240=181.739\text{N}/\text{mm}^2\leq [f]/\gamma$$

$$R=205/1.1=186.364\text{N}/\text{mm}^2$$

满足要求。

2、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max}=1.921\text{mm}\leq [v]=\min[l_b/150, 10]=\min[900/150, 10]=6\text{mm}$$

满足要求。

3、支座反力计算

承载力使用极限状态

$$R_1=2.805\text{kN}$$

4、盘扣节点连接盘的抗剪承载力验算

$$F_R = \gamma_0 R_1 = 1.1 \times 2.805 = 3.086 \text{ kN} \leq [Q_b] / \gamma_R = 40 / 1.1 = 36.364 \text{ kN}$$

满足要求。

四、荷载计算

立杆型号	B-LG-300	立杆钢管类型	Φ48.3×3.25
纵横向水平杆型号	B-SG(标准型 支架)	纵横向水平杆钢管类型	Φ48.3×2.75
外斜杆型号	B-XG(标准型 支架)	外斜杆材料形式	专用斜杆
外斜杆布置	每隔 4 跨一设	外斜杆钢管截面类型	Φ42.3×2.75

单立杆静荷载计算

1、结构自重标准值 NG_{1k}

(1)、立杆的自重标准值 NG_{1k1}

立杆型号为 B-LG-300，单根立杆自重为 $m_1=0.15\text{kN}$

立杆 1: $NG_{1k1}=m_1 \times H_{s1} / 3 = 0.15 \times 18 / 3 = 0.9 \text{ kN}$

立杆 2: $NG_{1k1}=m_1 \times H_{s2} / 3 = 0.15 \times 18 / 3 = 0.9 \text{ kN}$

(2)、纵向横杆的自重标准值 NG_{1k2}

纵向横杆型号为 B-SG-150，单根纵向横杆自重为 $m_2=0.055\text{kN}$

立杆 1: 步数 $n_1 = [(H_{s1} - h_1 - h_2) / h]_{\text{取整}} = [(18 - 1.5 - 0.55) / 2]_{\text{取整}} = 7$

$NG_{1k2} = m_2 \times (n_1 + 1) = 0.055 \times (7 + 1) = 0.440 \text{ kN}$

立杆 2: 步数 $n_2 = [(H_{s2} - h_1 - h_2) / h]_{\text{取整}} = [(18 - 1.5 - 0.55) / 2]_{\text{取整}} = 7$

$NG_{1k2} = m_2 \times (n_2 + 1) = 0.055 \times (7 + 1) = 0.440 \text{ kN}$

(3)、横向横杆的自重标准值 NG_{1k3}

根据横向横杆型号及依次横距计算出单根横杆自重代入计算:

$$\text{立杆 1: } NG_{1k3} = (7+1) \times 0.036 / 2 = 0.144 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{1k3} = (7+1) \times 0.036 / 2 = 0.144 \text{ kN}$$

(4)、外斜杆的自重标准值 NG_{1k4}

外斜杆型号为 B-XG-150×200, 单根外斜杆自重为 $m_4=0.084 \text{ kN}$

$$\text{立杆 2: } NG_{1k4} = m_4 \times n_2 / 2 = 0.084 \times 7 / 2 = 0.294 \text{ kN}$$

结构自重标准值 NG_{1k} 总计

$$\text{立杆 1: } NG_{1k} = NG_{1k1} + NG_{1k2} + NG_{1k3} = 0.9 + 0.44 + 0.144 = 1.484 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{1k} = NG_{1k1} + NG_{1k2} + NG_{1k3} + NG_{1k4} = 0.9 + 0.44 + 0.144 + 0.294 = 1.778 \text{ kN}$$

2、构配件自重标准值 NG_{2k}

(1)、脚手板的自重标准值 NG_{2k1}

$$\text{立杆 1: } NG_{2k1} = (n_1+1) \times l_a \times 0.9 \times G_{kjb} \times 1/2 / 2 = (7+1) \times 1.500 \times 0.9 \times 0.350 \times 1/2 / 2 = 0.945 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{2k1} = (n_2+1) \times l_a \times 0.9 \times G_{kjb} \times 1/2 / 2 = (7+1) \times 1.500 \times 0.9 \times 0.350 \times 1/2 / 2 = 0.945 \text{ kN}$$

1/2 表示脚手板 2 步 1 设

(2)、栏杆挡脚板的自重标准值 NG_{2k2}

$$\text{立杆 2: } NG_{2k2} = (n_2+1) \times l_a \times G_{kdb} \times 1/2 = (7+1) \times 1.500 \times 0.17 \times 1/2 = 1.020 \text{ kN}$$

1/2 表示挡脚板 2 步 1 设

(3)、围护材料的自重标准值 NG_{2k3}

$$\text{立杆 2: } NG_{2k3} = G_{kmw} \times l_a \times H = 0.05 \times 1.500 \times 18.0 = 1.350 \text{ kN}$$

构配件自重标准值 NG_{2k} 总计

$$\text{立杆 1: } NG_{2k} = NG_{2k1} = 0.945 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NG_{2k} = NG_{2k1} + NG_{2k2} + NG_{2k3} = 0.945 + 1.020 + 1.350 = 3.315 \text{ kN}$$

单立杆施工活荷载计算



$$\text{立杆 1: } NQ_{1k} = l_a \times 0.9 \times (n_{zj} \times Q_{kzj}) / 2 = 1.500 \times 0.9 \times (1 \times 3) / 2 = 2.025 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } NQ_{1k} = l_a \times 0.9 \times (n_{zj} \times Q_{kzj}) / 2 = 1.500 \times 0.9 \times (1 \times 3) / 2 = 2.025 \text{ kN}$$

组合风荷载作用下单立杆轴向力:

$$\text{立杆 1: } N_1 = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 NQ_{1k} = 1.3 \times (1.484 + 0.945) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 5.891 \text{ kN}$$

$$\text{立杆 2: } N_2 = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 NQ_{1k} = 1.3 \times (1.778 + 3.315) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 9.355 \text{ kN}$$

$$\text{立杆最大轴力设计值 } N = \max(N_1, N_2) = \max(5.891, 9.355) = 9.355 \text{ kN}$$

五、立杆稳定性验算

立杆钢管类型	Φ48.3×3.25	立杆每米自重 m_l (kN)	0.035
立杆截面抵抗矩 W (mm ³)	4860	立杆截面回转半径 i (mm)	16
立杆抗压强度设计值 $[f]$ (N/mm ²)	300	立杆截面面积 A (mm ²)	460
连墙件布置方式	一步两跨	立杆计算长度系数 μ	1.45

1、立杆长细比验算

$$l_0 = \mu \times h = 1.45 \times 2 = 2.9 \text{ m}$$

$$\text{长细比 } \lambda = l_0 / i = 2.9 \times 1000 / 16 = 181.25 \leq 210$$

查表得, $\phi = 0.16$

满足要求

2、立杆稳定性验算

$$M_w = 0.9 \times 1.5 \omega_k l_a h^2 / 10 = 0.9 \times 1.5 \times 0.626 \times 1.50 \times 2.00^2 / 10 = 0.507 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

外立杆的轴心压力标准值 N'

$$= (NG_{1k} + NG_{2k}) + NQ_{1k} = (1.778 + 3.315) + 2.025 = 7.118 \text{ kN}$$

$$\text{外立杆的轴心压力设计值 } N = 1.3 \times (NG_{1k} + NG_{2k}) + 0.9 \times 1.5 NQ_{1k} = 1.3 \times (1.778 + 3.315) + 0.9 \times 1.5 \times 2.025 = 9.355 \text{ kN}$$



$$\sigma = \gamma_0 [N/(\phi A) + M_w/W] = 1.1 \times [9354.65/(0.160 \times 460.00) + 0.507 \times 10^6/4860] = 254.578 \text{ N/mm}^2 \leq [f]/\gamma_R = 300/1.1 = 272.727 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

六、连墙件承载力验算

连墙件布置方式	一步两跨	连墙件连接方式	扣件连接
连墙件计算长度 $l_0(\text{mm})$	600	连墙件截面类型	钢管
连墙件型号	$\Phi 48 \times 3$	扣件抗滑移折减系数	0.85
连墙件截面面积 $A_c(\text{mm}^2)$	424	连墙件截面回转半径 $i(\text{mm})$	15.9
连墙件抗压强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	205	扣件连接方式	双扣件

$$N_{lw} = 1.5 \times \omega_k \times L_l \times H_l = 1.5 \omega_k 1h2l_a = 1.5 \times 0.626 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1.5 = 5.63 \text{ kN}$$

长细比 $\lambda = l_0/i = 600/15.9 = 37.736$, 查《规范》JGJ/T 231-2021 表 C 得, $\phi = 0.896$

连墙件约束脚手架平面外变形所产生的轴向力 N_0 , 取 3kN。

$$(N_{lw} + N_0)/(\phi A_c) = (5.634 + 3) \times 10^3 / (0.896 \times 424) = 22.727 \text{ N/mm}^2 \leq [f]/\gamma$$

$$R = 205/1.1 = 186.364 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

扣件抗滑承载力验算:

$$N_{lw} + N_0 = 5.634 + 3 = 8.634 \text{ kN} \leq 0.85 \times 12 = 10.2 \text{ kN}$$

满足要求!

型钢主梁验算

一、基本参数

主梁离地高度(m)	80	悬挑方式	普通主梁悬挑
主梁间距(mm)	1500	主梁与建筑物连接方式	锚固螺栓连接

主梁建筑物外悬挑长度 $L_x(\text{mm})$	1500
-----------------------------	------

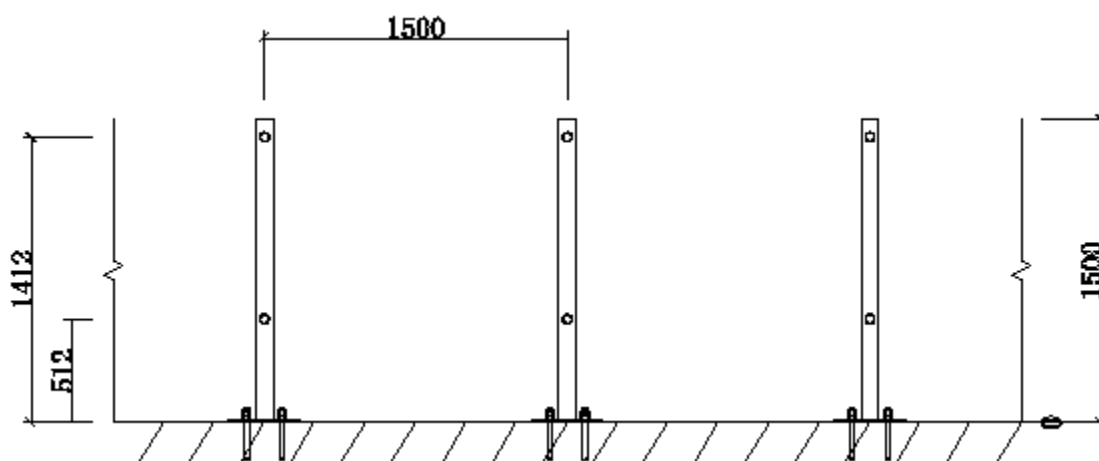
二、荷载布置参数

支撑点号	支撑方式	距主梁外锚固 点水平距离(mm)	支撑件上下固 定点的垂直距离 $L_1(\text{mm})$	支撑件上下固 定点的水平距离 $L_2(\text{mm})$	是否参与计算
1	下撑	1400	1400	1400	是

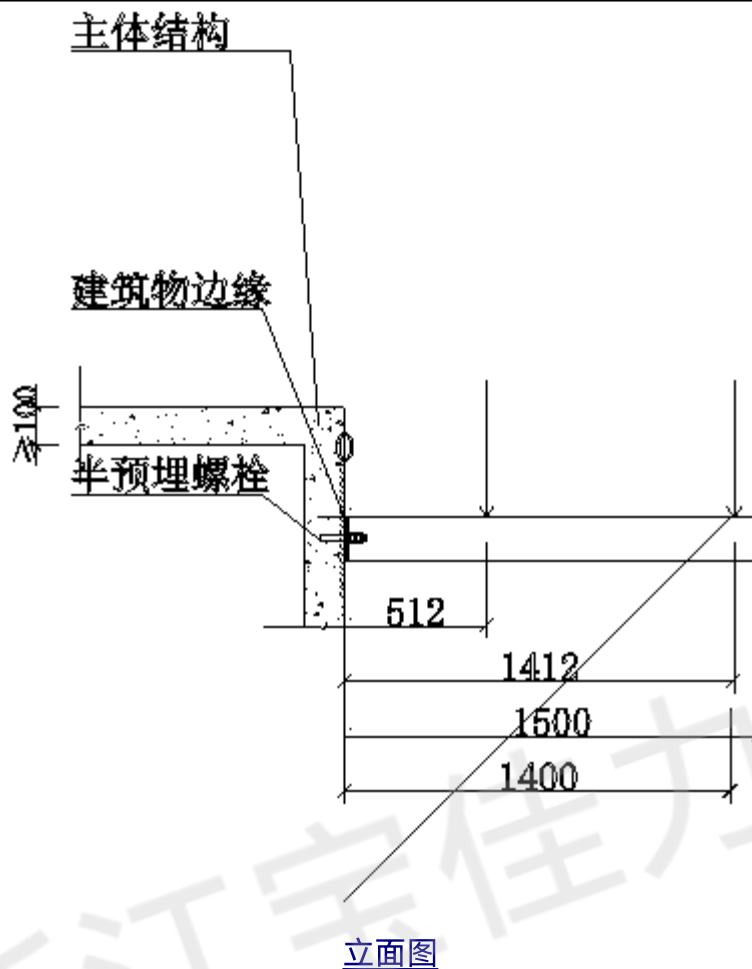
参考上方外立杆的轴心压力设计值计算方法，计算出内立杆轴心压力设计值及标准值如下：

作用 点号	各排立杆传至梁上荷载 标准值 $F'(\text{kN})$	各排立杆传至梁上荷载 设计值 $F(\text{kN})$	各排立杆距主梁外锚固 点水平距离(mm)	主梁间距 $l_a(\text{mm})$
1	4.454	5.891	512	1500
2	7.118	9.355	1412	1500

附图如下：



平面图



三、主梁验算

主梁材料类型	工字钢	主梁合并根数 n_z	1
主梁材料规格	16 号工字钢	主梁截面积 $A(\text{cm}^2)$	26.11
主梁截面惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	1130	主梁截面抵抗矩 $W_x(\text{cm}^3)$	141
主梁自重标准值 $g_k(\text{kN/m})$	0.205	主梁材料抗弯强度设计值 $[f](\text{N/mm}^2)$	215
主梁材料抗剪强度设计值 $[\tau](\text{N/mm}^2)$	125	主梁弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000
主梁允许挠度 $[v](\text{mm})$	1/250		

荷载标准值:

$$q' = g_k = 0.205 = 0.205 \text{ kN/m}$$

$$\text{第 1 排: } F'_1 = F'_1 / n_z = 4.454 / 1 = 4.454 \text{ kN}$$

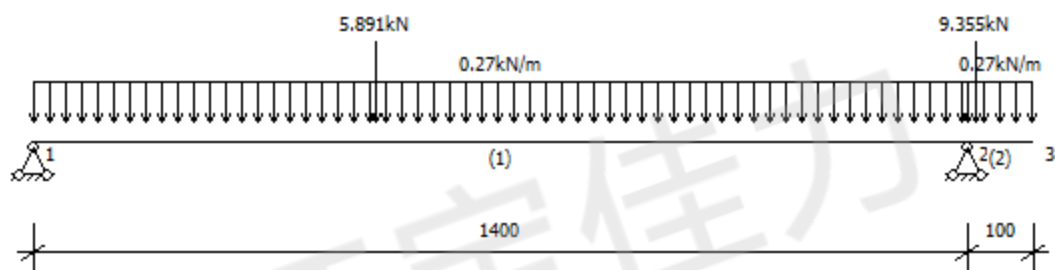
$$\text{第 2 排: } F'_2 = F'_2 / n_z = 7.118 / 1 = 7.118 \text{ kN}$$

荷载设计值:

$$q = 1.3 \times g_k = 1.3 \times 0.205 = 0.267 \text{ kN/m}$$

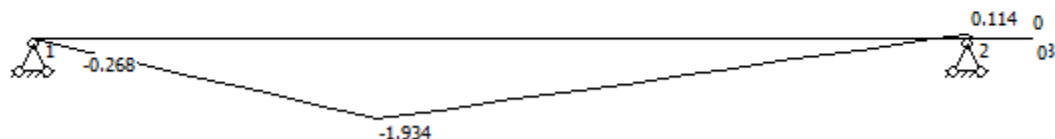
$$\text{第 1 排: } F_1 = F_1 / n_z = 5.891 / 1 = 5.891 \text{ kN}$$

$$\text{第 2 排: } F_2 = F_2 / n_z = 9.355 / 1 = 9.355 \text{ kN}$$



计算简图

1、强度验算



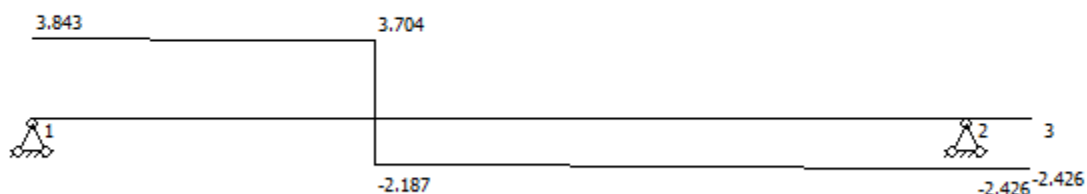
弯矩图(kN·m)

$$\sigma_{\max} = \gamma_0 M_{\max} / W = 1.1 \times 1.934 \times 10^6 / 141000 = 15.085 \text{ N/mm}^2 \leq [f] / \gamma$$

$$R = 215 / 1.1 = 195.455 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

2、抗剪验算



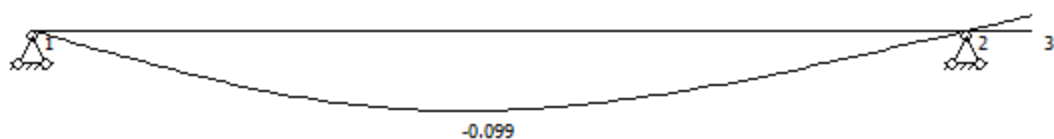
剪力图(kN)

$$\tau_{\max} = \gamma_0 Q_{\max} / (8 I_z \delta) [b h_0^2 - (b - \delta) h^2] = 1.1 \times 3.843 \times 1000 \times [88 \times 160^2 - (88 - 6) \times 140.2^2] / (8 \times 11300000 \times 6) = 4.995 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\max} = 4.995 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] / \gamma_R = 125 / 1.1 = 113.636 \text{ N/mm}^2$$

符合要求!

3、挠度验算



变形图(mm)

$$v_{\max} = 0.099 \text{ mm} \leq [v] = l / 250 = 1400 / 250 = 5.6 \text{ mm}$$

符合要求!

4、支座反力计算

$$\text{设计值: } R_1 = 3.843 \text{ kN}, R_2 = 11.808 \text{ kN}$$

四、下撑杆件验算

下撑杆材料类型	工字钢	下撑杆截面类型	10 号工字钢
下撑杆截面积 $A(\text{cm}^2)$	14.3	下撑杆截面惯性矩 $I(\text{cm}^4)$	245
下撑杆截面抵抗矩 $W(\text{cm}^3)$	49	下撑杆材料抗压强度设计值 $f(\text{N/mm}^2)$	205
下撑杆弹性模量 $E(\text{N/mm}^2)$	206000	下撑杆件截面回转半径 $i(\text{cm})$	1.52
下撑杆件角焊缝焊脚尺寸 $h_f(\text{mm})$	6	下撑杆件角焊缝强度设计值 $f_f^w(\text{N/mm}^2)$	160

下撑杆件角度计算:

$$\beta_1 = \arctan L_1 / L_2 = \arctan(1400 / 1400) = 45^\circ$$

下撑杆件支座力:

$$R_{X1} = n_z R_2 = 1 \times 11.808 = 11.808 \text{ kN}$$

主梁轴向力:

$$N_{XZ1} = R_{X1} / \tan \beta_1 = 11.808 / \tan 45^\circ = 11.808 \text{ kN}$$

下撑杆件轴向力:

$$N_{X1} = R_{X1} / \sin \beta_1 = 11.808 / \sin 45^\circ = 16.699 \text{ kN}$$

下撑杆件的最大轴向拉力 $N_X = \max[N_{X1} \dots N_{Xi}] = 16.699 \text{ kN}$, 此时对应角度 $\beta = 45^\circ$

下撑杆长度:

$$L_{01} = (L_1^2 + L_2^2)^{0.5} = (1400^2 + 1400^2)^{0.5} = 1979.899 \text{ mm}$$

下撑杆长细比:

$$\lambda_1 = L_{01} / i = 1979.899 / 15.2 = 130.257$$

查《钢结构设计标准》GB50017-2017 表 D 得, $\phi_1 = 0.387$

轴心受压稳定性计算:

$$\gamma_0 N_{X1} / (\phi_1 A f / \gamma_R) = 1.1 \times 16699.396 / (0.387 \times 1430 \times 205 / 1.1) = 0.178 \leq 1$$

符合要求!

下撑杆件与建筑物连接节点角焊缝计算:

下撑杆件 1 与建筑物连接处水平力: $N_1 = N_{x1} \cos \beta_1 = 16.699 \times \cos 45^\circ = 11.808 \text{ kN}$

下撑杆件 1 与建筑物连接处竖向力: $V_1 = N_{x1} \sin \beta_1 = 16.699 \times \sin 45^\circ = 11.808 \text{ kN}$

(1) 水平和竖向角焊缝长度计算

计算水平角焊缝总长度:

$$L_1 = 2b + 2(b - t_w - 2 \times 0.7h_f) = 2 \times 68 + 2 \times (68 - 4.5 - 2 \times 0.7 \times 6) = 246.2 \text{ mm}$$

计算竖向角焊缝总长度:

$$L_2 = [2(h - 2t)] / \cos \beta_1 = 2 \times (100 - 2 \times 7.6) / \cos 45^\circ = 239.851 \text{ mm}$$

(2) 计算角焊缝总长度:

$$L = L_1 + L_2 = 246.2 + 239.851 = 486.051 \text{ mm}$$

(3) 竖向力作用平面内焊缝应力计算:

在竖向力作用平面内, 假定竖向力按照水平焊缝和竖向焊缝各自的长度进行分配, 所有水平焊缝 (正面角焊缝) 的正应力相同, 所有竖向焊缝 (侧面角焊缝) 的剪应力相同, 则有 $N_{\text{正}} + N_{\text{侧}} = V_1$, $N_{\text{正}} : N_{\text{侧}} = L_1 \beta_f : L_2$

得出水平焊缝总受力为 $N_{\text{正}} = 6.565 \text{ kN}$, 竖向焊缝总受力为 $N_{\text{侧}} = 5.243 \text{ kN}$

在竖向力作用下, 水平角焊缝应力为:

$$\sigma_1 = \gamma_0 N_{\text{正}} / (0.7h_f L_1) = 1.1 \times 6.565 \times 10^3 / (0.7 \times 6 \times 246.2) = 6.984 \text{ N/mm}^2$$

在竖向力作用下, 竖向角焊缝应力为:

$$\tau_1 = \gamma_0 N_{\text{侧}} / (0.7h_f L_2) = 1.1 \times 5.243 \times 10^3 / (0.7 \times 6 \times 239.851) = 5.725 \text{ N/mm}^2$$

(4) 水平力作用平面内焊缝应力计算:

在水平力作用平面内, 假定水平力由所有焊缝共同承担, 则水平力对所有焊缝产生的压应力为:

$$\sigma_2 = \gamma_0 N_1 / (0.7h_f L) = 1.1 \times 11.808 \times 10^3 / (0.7 \times 6 \times 486.051) = 6.363 \text{ N/mm}^2$$

(5) 水平角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下：

$$[\frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{\beta_f}]^{0.5} = [\frac{((6.984 + 6.363)/1.22)^2}{1.22}]^{0.5} = 10.94 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

竖向角焊缝同时承受竖向力和水平力时验算如下：

$$[(\sigma_2/\beta_f)^2 + \tau_1^2]^{0.5} = [(6.363/1.22)^2 + 5.725^2]^{0.5} = 7.744 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

符合要求！

五、悬挑主梁整体稳定性验算

主梁轴向力： $N = [(-N_{XZ1})]/n_z = [(-11.808)]/1 = 11.808 \text{ kN}$

$$\text{压弯构件强度： } \sigma_{\max} = \gamma_0 [M_{\max}/(\gamma W) + N/A] = 1.1 \times [1.934 \times 10^6 / (1.05 \times 141 \times 10^3) + 11.808 \times 10^3 / 2611] = 19.341 \text{ N/mm}^2 \leq [f]/\gamma_R = 215 / 1.1 = 195.455 \text{ N/mm}^2$$

塑性发展系数 γ

符合要求！

受弯构件整体稳定性分析：

其中 ϕ_b -- 均匀弯曲的受弯构件整体稳定系数：

查表《钢结构设计标准》(GB50017-2017)得， $\phi_b = 2$

由于 ϕ_b 大于 0.6，根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)附表 C，得到 ϕ_b' 值为 0.93。

$$\gamma_0 M_{\max} / (\phi_b' W_x f / \gamma_R) = 1.1 \times 1.934 \times 10^6 / (0.929 \times 141 \times 215 \times 10^3 / 1.1) = 0.083 \leq 1$$

符合要求！

六、主梁与建筑物节点验算

1、计算参数

主梁与建筑物连接螺栓类型	摩擦型高强螺栓	竖向连接钢板强度等级	Q235
	栓		
竖向连接钢板厚度 $d_t(\text{mm})$	10	主梁与建筑物连接螺栓个数 n :	2
高强螺栓的性能等级	8.8 级	高强螺栓公称直径	M20

摩擦面抗滑移系数 μ	0.5	一个高强螺栓的预拉力 $P(kN)$	125
高强螺栓传力摩擦面数目 n_f	1	梁/楼板混凝土强度等级	C35
螺栓埋入深度 $s(mm)$	150	混凝土的实测抗压强度 $f_c(N/mm^2)$	16.7
混凝土的实测抗拉强度 $f_t(N/mm^2)$	1.57		

2、高强螺栓承载力计算

假设每个螺栓承受主梁传来的剪力均相等。

$$V=1.1 \times 3.843=4.227kN$$

$$\text{单个高强螺栓所受的剪力值 } N_v=V/n=4.227/2=2.114kN$$

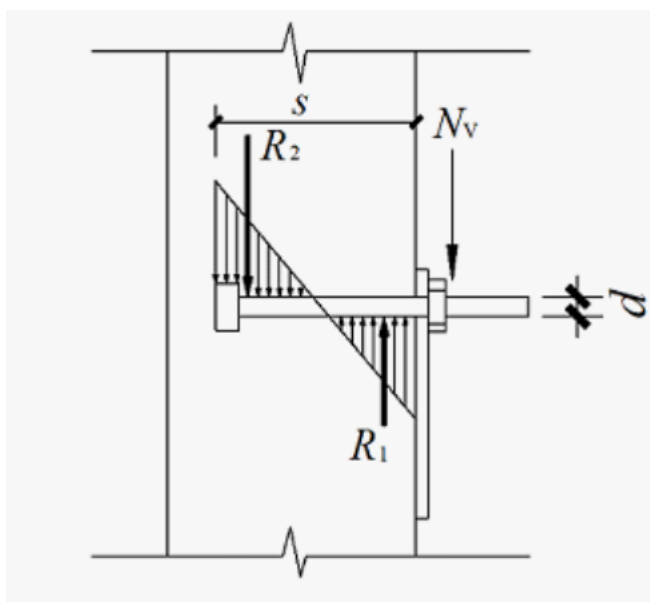
$$\text{单个高强螺栓抗剪承载力设计值 } N_v^b=0.9k_n\mu P=0.9 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 125=56.25kN$$

$$N_v/N_v^b=2.114/56.25=0.038 \leq 1$$

高强螺栓承载力满足要求。

3、混凝土局部承压计算

螺杆对混凝土所造成的局部受压如下图所示：



参照《建筑施工工具式脚手架安全技术规范》JGJ202-2010 第 4.3.7 条计算混凝土局部承压,应满足

$$N_v \leq 1.35\beta_b\beta_l f_{csd}$$

β_b -螺栓孔混凝土受荷系数, 取 0.39;

β_l -混凝土局部受压时的强度提高系数, 按照《混凝土结构设计规范》

GB50010-2010 (2015 版) 第 6.6.2 条及条文说明可取为 $3^{0.5}=1.73$;

f_c -混凝土轴心抗压强度设计值;

$$1.35\beta_b\beta_l f_{csd} = (1.35 \times 0.39 \times 1.73 \times 16.7 \times 150 \times 20) / 1000 = 45.633 \text{ kN} \geq N_v = 2.114 \text{ kN}$$

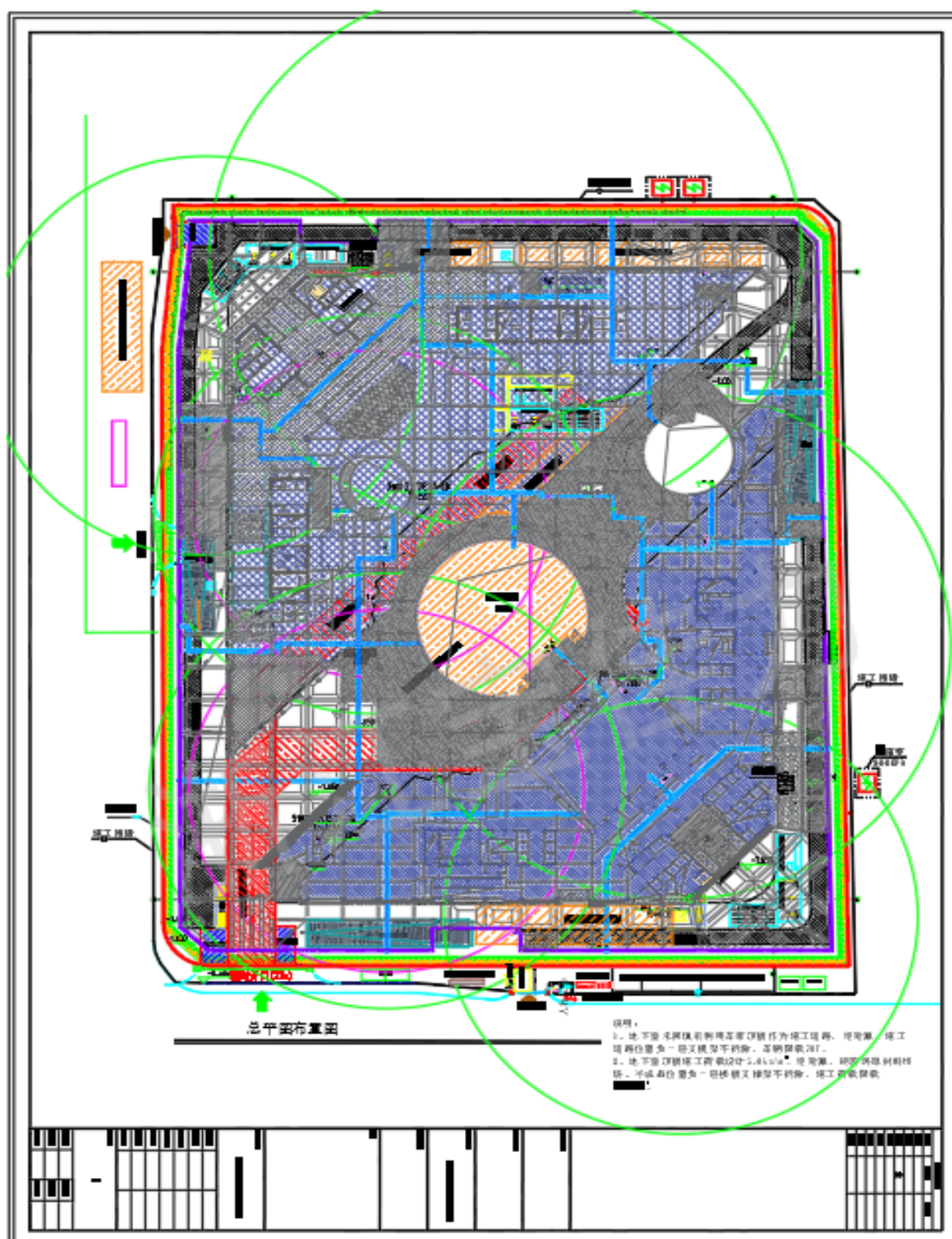
局部承压满足要求!

浙江宝佳力

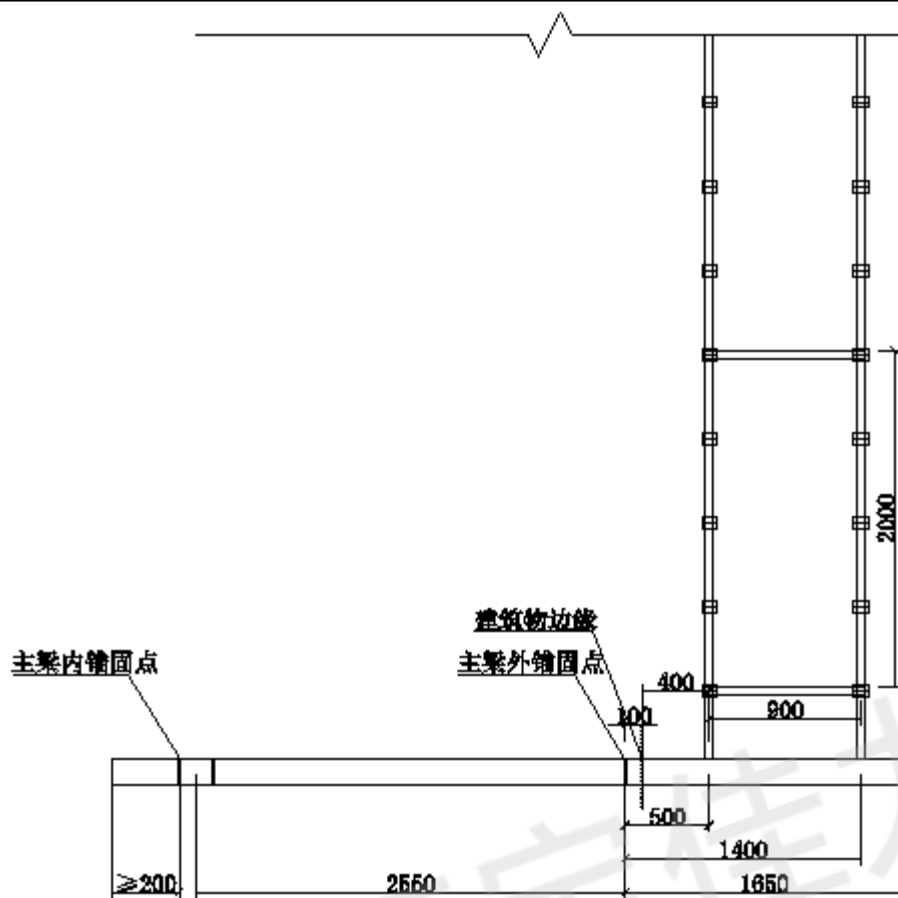
附图

附图 1 总平面布置图

浙江宝佳力

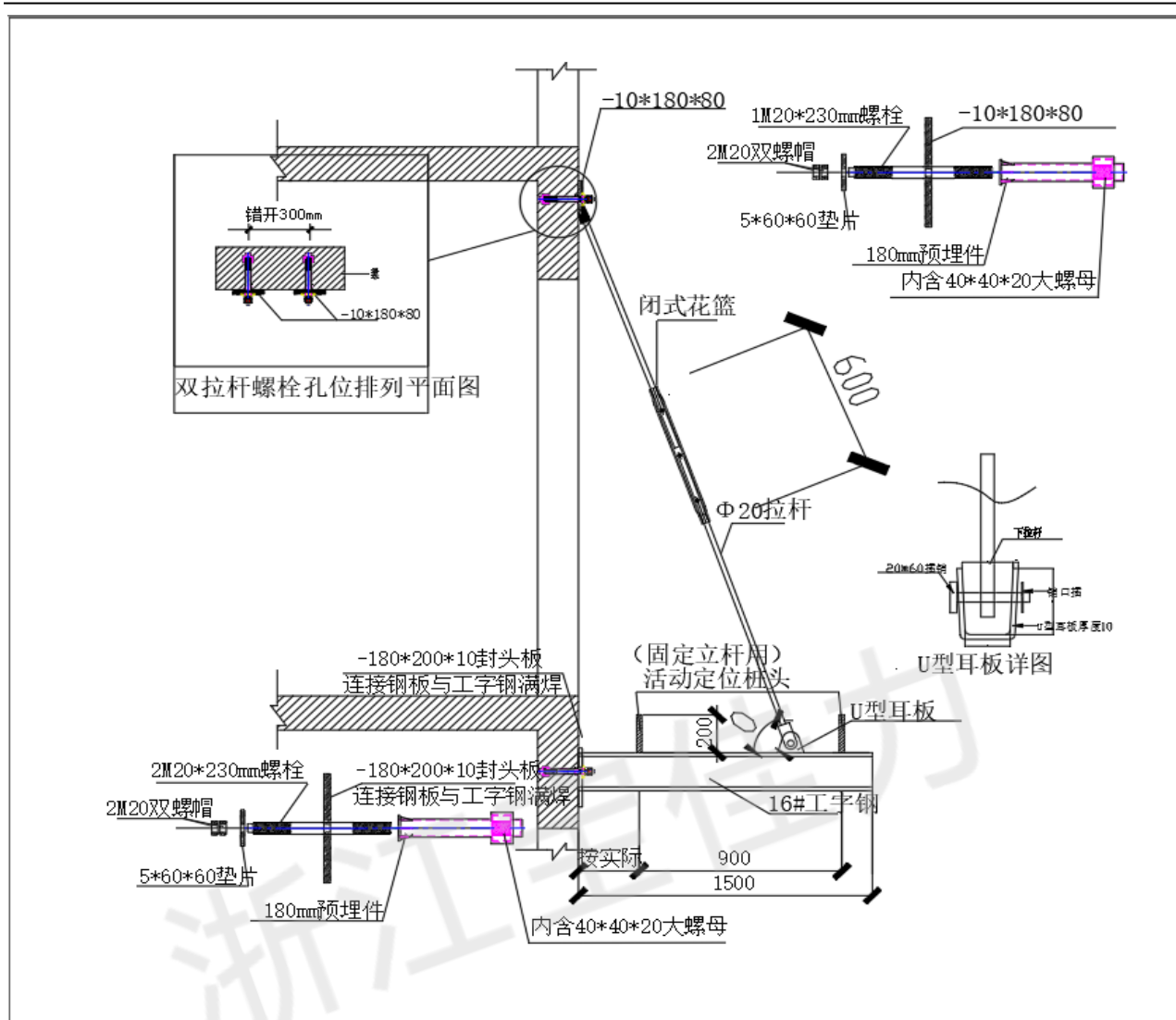


附图 2

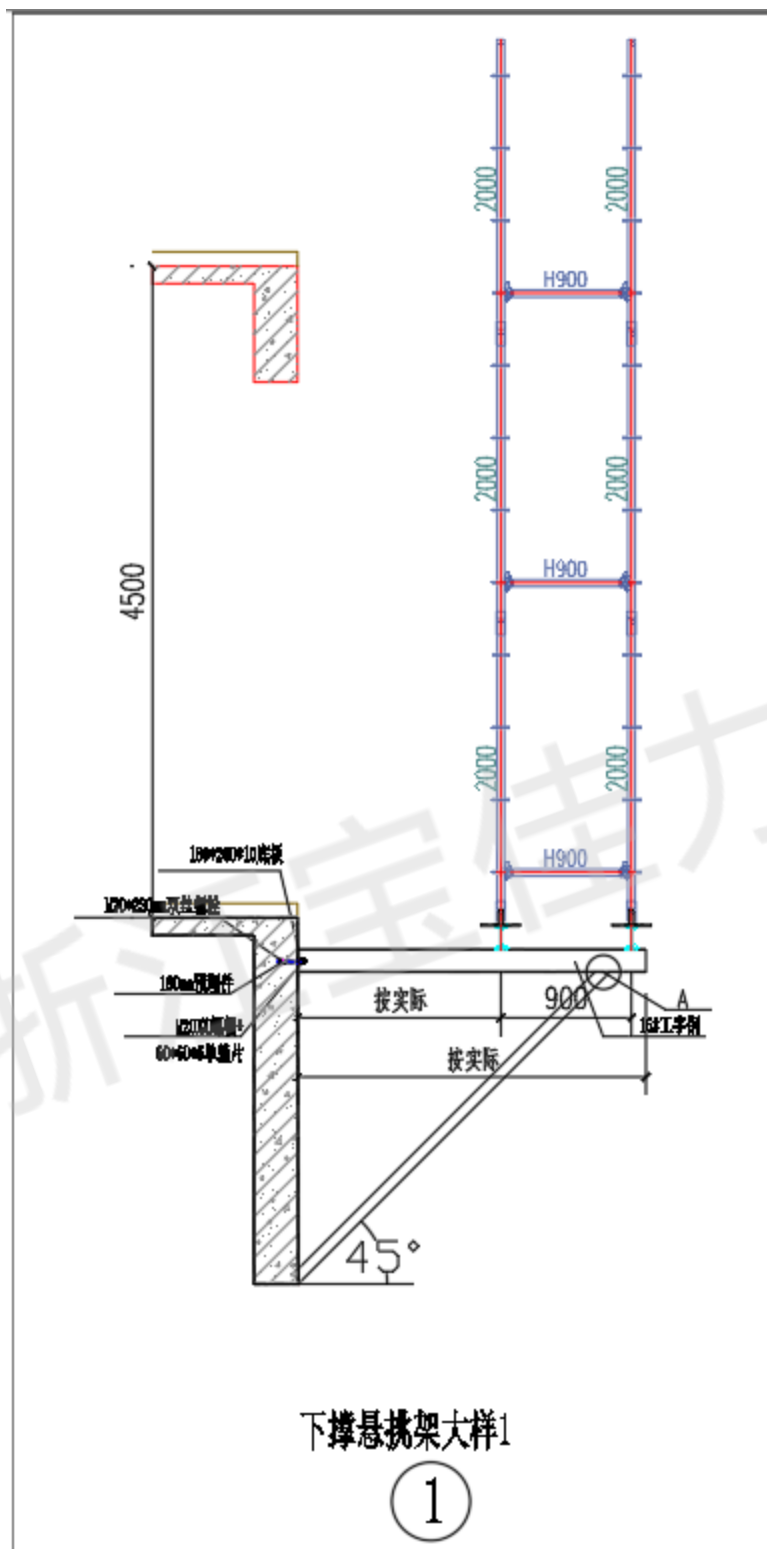


盘扣式脚手架收缩部分悬挑剖面图

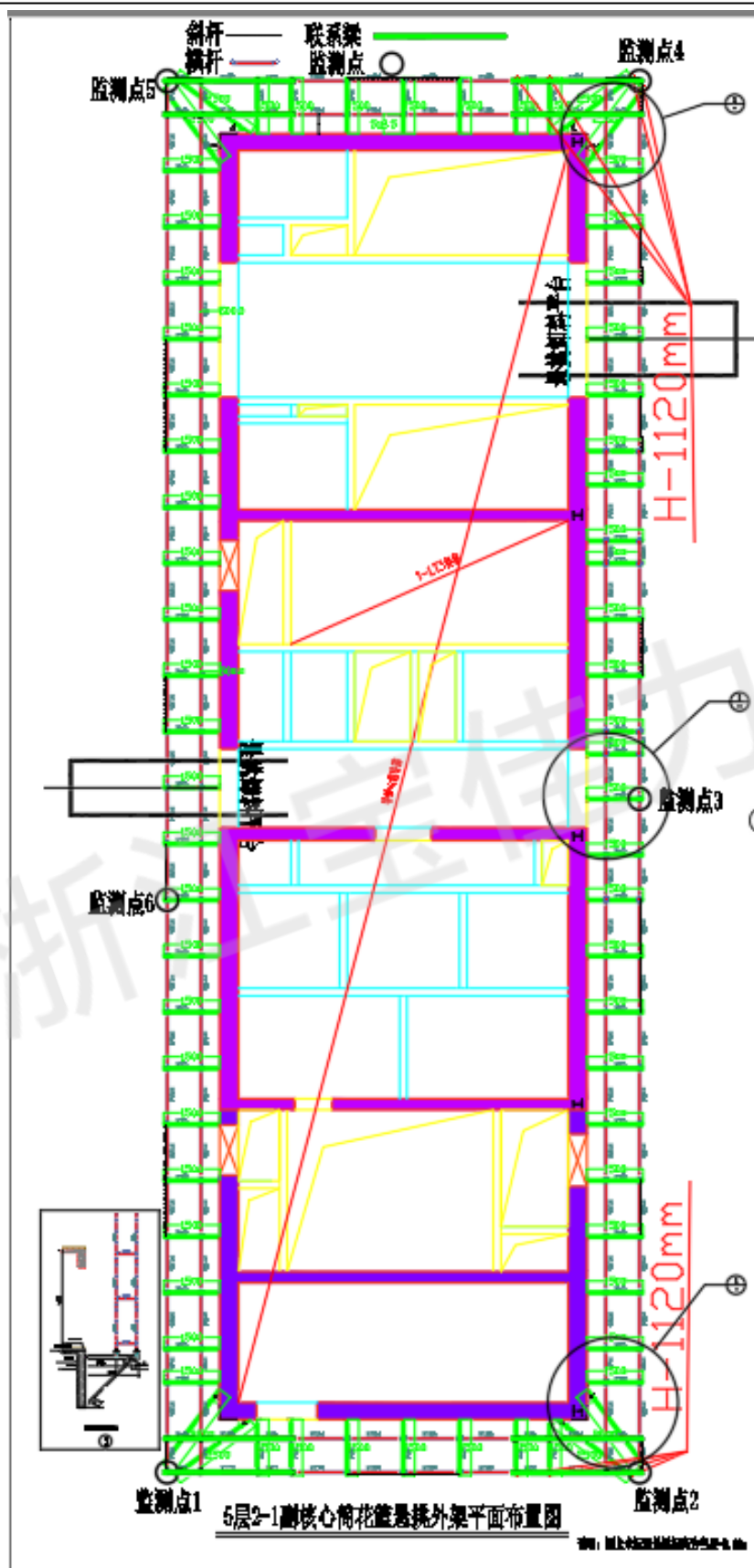
附图 3



附图 4



附图 5



附图 6

