

## 福建三明水舞半山郡 2#加筋土挡墙项目

### 一、项目概况

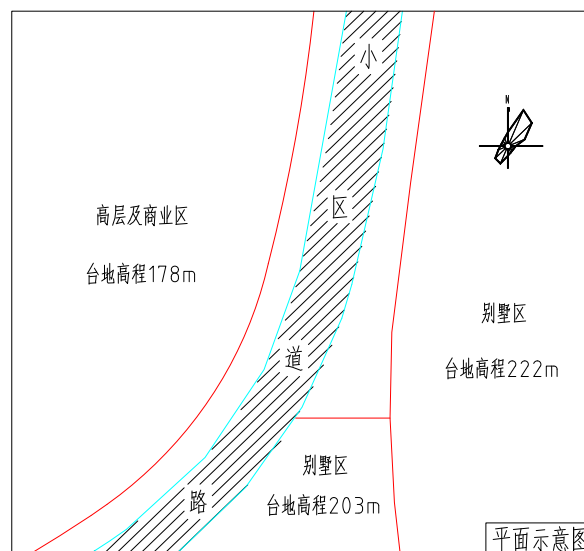
福建省三明市水舞·半山郡位于三明城市中心区域下洋，总建筑面积约 44 万 $\text{m}^2$ ，主要由超高层地标性写字楼、临街慢生活风情商业、2 万平米超大园林高层住宅及顶级山水别墅组成，是三明市区不可多得的区位、景观、配套均好的综合性生活社区。项目业主将把水舞·半山郡打造成福建省“生态 & 文化双主题高尚社区”的标杆性项目。

受项目业主的委托，重庆永固建筑科技发展有限公司承担了对 2#高填方边坡的设计和施工任务，也是永固近年来参与的较大的设计—施工—材料总承包加筋土工程。

### 二、待解决的工程问题

项目整个地块呈矩形状多边形，占地面积约 204134.92 $\text{m}^2$ ，北、东、南三面临山，西侧靠近居民区，中间为沟谷地带。根据建筑总平面图及地形图，该项目房产开发，需对山体进行开挖及回填后将形成三块台地，其中拟建 2#边坡长约 284m，高 5-50m。永固承建的边坡位于场地中部，为高填方边坡（2f-2f'~ 2k-2k'剖面），位于场地中央高层区与别墅区之间，填方高差 40m-45m（见平面示意图），边坡安全等级一级。边坡的稳定性将直接影响到坡脚拟建楼房及居民的安全。为保证项目建设用地的需要，满足建筑结构、道路及景观功能需要，需要解决以下方面的工程问题：

1、建设用地最大化。拟建挡墙位于高层区与别墅区之间，长度约 180m，下部高层区距离拟建道路边缘最小距离 5 米，下部拟建高层建筑与上部拟建别墅最小水平距离 26 米，另外拟建一条 10 米宽小区道路从中间穿过。拟建挡墙需要充分满足场地建设用地的需要，须保证建设用地最大化以满足项目绿化及容积率要求。



2、充分利用开挖弃方。项目位于三明市区繁华地区，填方挡墙需回填土方达 20 万方，土方外运将大大增加工程造价，须充分利用开挖弃方作为回填区结构填料，保证场地土方挖填平衡。

3、降低高大支挡结构地基承载力要求。根据野外钻探及调绘情况，2#边坡范围内表层

为含砾碎石粘性土,一般厚度 0.5m-8.8m,靠沟谷地带表层存在素填土,最大揭露厚度 2.90m,分布不均,其下以石英砂岩各分化层为主,夹有散体状-碎块状强风化石英岩。采用传统支挡结构,地基承载力要求将难以满足。

4、保证填方区上方别墅地基承载力要求。高回填挡墙上部拟建 3+1 别墅,别墅如采用桩基处理造价昂贵,业主要求在回填区上采用阀式基础处理别墅地基,须满足阀式基础下卧层地基的整体性,使地基差异沉降的风险降到最低。

5、满足道路及景观功能要求。拟建 10 米宽小区道路须纵向穿过回填区挡墙,挡墙的水平及纵向布置须满足道路坡率、宽度及线形等要求。另外,拟建挡墙位于高层与别墅区之间,高差达 40 余米,业主要求挡墙立面上须满足人居要求,挡墙立面与小区景观融为一体。

6、降低工程成本。业主要求在满足挡墙结构安全的情况下,选择经济性最优的方案。

### 三、加筋土挡墙设计方案

二十余年来,针对高填方支挡项目,永固已为全国大部分省市房地产、水利、公路、市政、铁路、矿山等工程建设提供了产品及工程服务,积累了大量工程实践经验。加筋土技术作为一种新的技术,近年来也有了长足的进步,成为高填方支挡结构的最佳解决方案。结合本工程实际情况,设计采用加筋土挡墙解决方案。

#### 1、加筋土挡墙的范围

此次涉及 2#挡墙断面自 2f-2k 断面,以及 4a-4c 断面,采用加筋土挡墙结构型式全长约 150 米,两端与挖方支挡结构相接。加筋土挡墙墙底设计高程自 176.0 米至 179.0 米,墙顶设计高程为 222.0。加筋土墙高 20.5—44.5 米,挡墙中部小区道路高程自 194.5 米至 205.0 米(挡墙布置见挡墙平面布置图)。

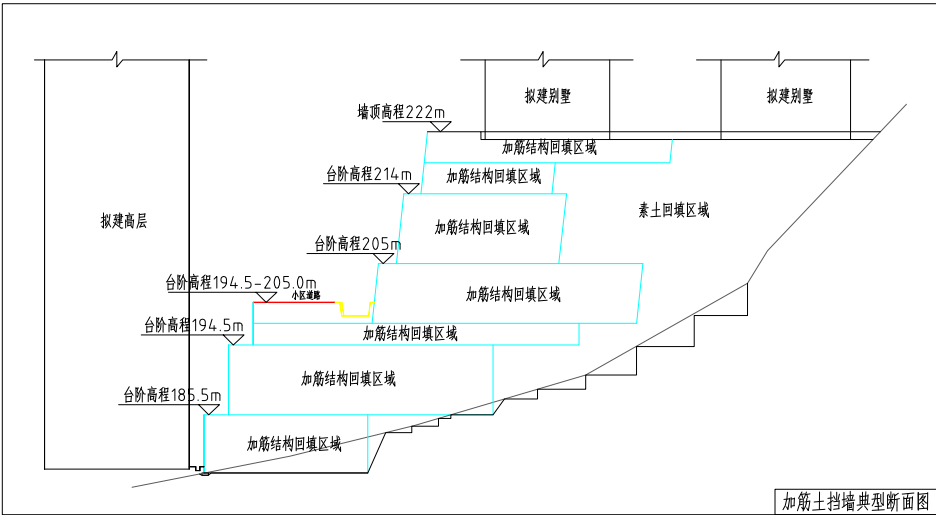


#### 2、设计条件

2#挡墙 2f-2k 段边坡复杂程度为一级,加筋土挡墙设计使用年限为永久使用,设计整体稳定安全系数  $F_s \geq 1.35$ 。场地地震烈度 6 度,不考虑地震力。挡墙中部小区道路荷载按公路行业城-A 级考虑。加筋材料抗拉计算调节系数取 1.55,抗拉性能分项系数取 1.25 计算。设计采用理正岩土软件计算, GEO5 岩土软件复核。

#### 3、加筋土挡墙的断面

按相关设计规范要求，单级墙高不宜超过 12 米。此次涉及加筋土挡墙为超高挡土墙，结合本项目地形及相关构造要求，拟设置 6 个台阶，除道路处外台阶均水平设置，高程分别为 185.5 米、194.5 米、小区道路平台高程 194.5 米-205.0 米、205.0 米、214.0 米和 222.0 米，台阶宽度不小于 2 米，小区道路平台宽度不小于 10 米。挡墙的加筋材料长度采用锯齿状断面设计，为避免加筋材料下料造成的浪费，每阶挡墙加筋长度相同，加筋材料层间距 0.4 米。



#### 4、加筋土挡墙设计荷载

根据相关资料，加筋土墙顶考虑房屋永久均布荷载 75KPa，无房屋处考虑均布活荷载 3KPa，小区道路按公路行业城—A 级考虑。

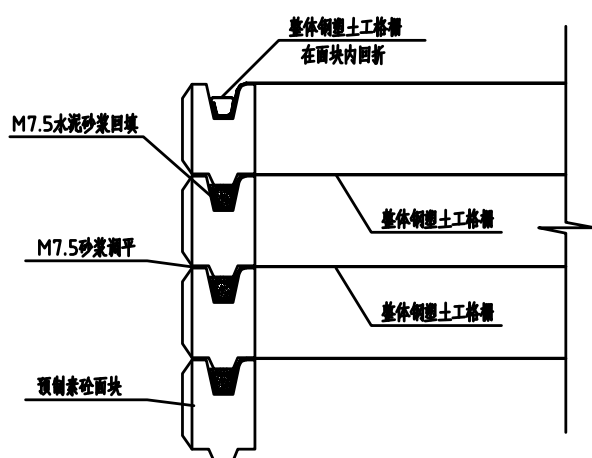
#### 5、加筋土挡墙的构造要求

1) 加筋材料采用整体钢塑土工格栅，整体钢塑土工格栅采用整体成型工艺，钢塑复合材质，肋带的主要受力元件为条带内的高强冷拔钢丝，蠕变极小；经抗老化处理的聚乙烯保护层，具有耐酸、碱、盐腐蚀的化学特性，破断伸长率小，强度高；条带交叉交点结点分离力要求大于 500N。设计力学及物理尺寸指标必须满足交通行业标准《公路工程土工合成材料 土工格栅 第 1 部分：钢塑格栅》（JT/T925.1-2014）的要求。整体钢塑土工格栅规格及技术参数见下表：

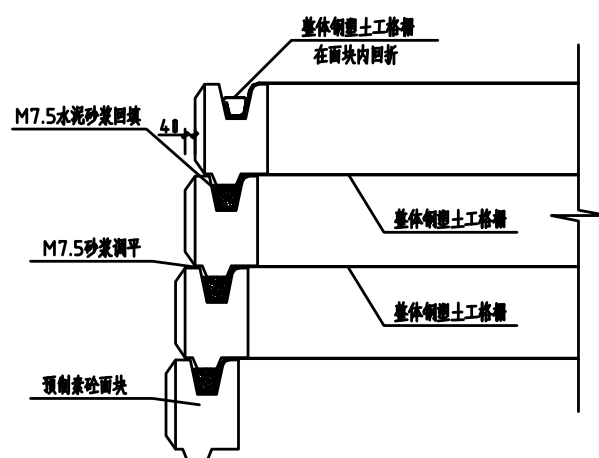
| 型号规格        | 极限抗拉强度 |          |    |         | 极限伸长率 | 结点分离力 |
|-------------|--------|----------|----|---------|-------|-------|
| CATTX60-30  | 纵向     | ≥60KN/m  | 横向 | ≥30KN/m | ≤3%   | ≥500N |
| CATTX80-30  | 纵向     | ≥80KN/m  | 横向 | ≥30KN/m | ≤3%   | ≥500N |
| CATTX100-50 | 纵向     | ≥100KN/m | 横向 | ≥50KN/m | ≤3%   | ≥500N |
| CATTX120-50 | 纵向     | ≥120KN/m | 横向 | ≥50KN/m | ≤3%   | ≥500N |

2) 加筋体填料要求采用现场开挖的散体状一碎块状强风化岩回填，综合内摩擦角不小于 35 度，与加筋材料接触部分的填料不允许有尖锐的棱角以避免损伤加筋材料。填料分层碾压，加筋体区域内及加筋体以外压实度均要求不小于 95%。

3) 加筋挡墙墙面采用 C30 预制混凝土模块，模块错缝组合安装，要求与加筋材料连接可靠。其中 1、2、3 阶采用 YI 型预制块，墙面垂直；4、5、6 阶采用 YII 型预制块，墙面坡率 1: 0.1。



YI型墙面块与格栅连接大样图  
〈形成垂直墙面〉



YII型墙面块与格栅连接大样图  
〈形成1: 0.1墙面〉



Y型预制块安装成形的效果



挡墙转角处采用构造柱处理

4) 加筋土挡墙基础和帽石要求采用现浇 C30 钢筋混凝土。

5) 加筋土挡墙在墙面、墙面后方及加筋体后方须采取防水、排水措施，防止挡墙积水。

6) 加筋土挡墙因地形和平面布置需要，设置了几处垂直转角，采用构造柱进行处理。

#### 四、加筋土挡墙的施工

项目自 2014 年 9 月进场施工，至 2015 年 10 月施工至 222.0 米高程，施工时间 12 个月，扣除天气及其他因素影响实际有效施工时间约 8 个月。施工期间经历 2014 年 9 月第 16 号台

风“凤凰”、2015 年 7 月第 9 号台风“灿鸿”和第 10 号台风“莲花”、8 月第 13 号台风“苏迪罗”、9 月第 21 号台风“杜娟”等 5 次台风带来的强降雨影响，挡墙未出现异常情况。加筋土挡墙高度最高处达 46 米，该工程建成后是福建省内建筑行业第一高加筋土挡墙。该加筋土挡墙项目由永固组织设计—施工总承包，并采用永固提供的加筋材料，永固派出项目管理部进行项目施工管理，获得各方好评。



挡墙原始地貌



挡墙施工第 1 阶



挡墙施工第 2 阶



挡墙完工后

## 五、加筋土挡墙的施工与工后监测

挡墙完工后，建设单位委托第三方监测单位对加筋土挡墙变形进行了持续监测，至 2016 年 10 月，测得墙顶最大水平位移约 80mm，最大竖向位移约 100mm，变形最大处出现在挡墙中部原冲沟底部附近。

经研究分析表明，施工完成前期水平位移发展较快，完工后 6 个月曲线趋于平缓；在施工完成前期和暴雨后竖向变形发展较快，完工后 8 个月变形曲线趋于平缓。经过一年的监测数据分析，加筋土挡墙各监测点变形曲线均趋于收敛。

## 六、社会与经济效益

永固拥有二十余年的加筋土工程理论与工程实践经验，致力于为客户提供创新性的实施方案，帮客户缩短建设周期，节省项目投资，为客户获得最大的收益。永固专业的施工队伍确保设计意图得以顺利实施，为业主交出了一项优质工程。

1、采用分阶式加筋土挡墙设计方案，为业主争取了建设用地的最大化。设计采用垂直和 1: 0.1 两种墙面坡率；

2、充分利用场地内开挖弃方作为加筋土挡墙结构填料，减少土方外运和场外弃方带来的环境风险，同时为业主节省了造价；

3、采用加筋土挡墙设计方案，减少挡墙对地基承载力的要求，同时柔性的加筋土结构能适应较大的地基变形，减少了对挡墙地基的大面积开挖，节省地基处理费用；

4、加筋土挡墙在形成支挡保证边坡稳定的同时，也为上部别墅区处置了地基，保证别墅阀形基础下卧层土体的整体稳定性，减少差异沉降；

5、加筋土挡墙灵活的线形布置充分满足了小区内道路和景观平面和空间设置要求，使支挡结构、道路和景观融为一体；

6、本项目加筋土挡墙结构的成功应用充分验证了永固长期以来“方案上的省钱是最大的省钱”的理念。经初步测算，加筋土挡墙方案较之前的“排桩+衡重式挡墙+碎石土换填”方案节省造价 60%以上，经济效益十分明显。

7、通过对本项目的成功实施，也为永固积累了大量设计和施工管理经验。



加筋土挡墙完工一年后的情况