

# 广汕路模块挡土墙的设计

唐浩斌, 潘朝慧, 朱艳萍

(广东省冶金建筑设计研究院, 广东广州 510081)

**摘要:** 由于高挡土墙对地基的承载力要求较高, 而且尺寸较为庞大, 在城市内还须满足占地和景观的要求。因此在城市内修建挡土墙, 具有一定的难度, 而采用模块挡土墙可以较好的满足各方面的要求。该文的总结及介绍, 可为类似工程参考和借鉴。

**关键词:** 城市景观; 模块挡土墙; 土工格栅

**中图分类号:** U417.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)04-0000-04

## 1 工程概况

### 1.1 工程位置

广州市广汕路龙洞~罗南路立交段现为一级公路, 路幅 32.0 m。随着经济发展, 沿线建筑物日趋密集, 街道化日益严重, 为适应经济发展需要, 改造为双向 10 车道 60 m 路幅城市快速路, 设计车速 80 km/h 或 60 km/h。道路宽度按 60 m 宽路幅一次实施, 拆迁困难路段通过缩减路侧绿化、人行道宽度或修筑挡土墙, 以减少占地。

本段挡土墙位于广汕路穿越华美居民区段的南侧。因道路外侧紧贴居民区, 有已建楼房, 无法放坡, 为减少征地拆迁, 故须建挡土墙。本挡土墙为单面路肩墙, 全长 160.0 m, 填土高 3.0~8.0 m。路基边线与拟定拆迁后房屋的边线距离为 2.0 m。

### 1.2 地质概况

根据钻探揭露, 挡土墙位场地内分布的地层主要有填筑土层、第四系冲积层及第四系残积层, 基岩为燕山期花岗岩。

靠近表面的岩层为:

填筑土 1 (1 为地层编号, 下同): 黄色、灰黄色, 稍湿, 稍压实, 组成物主要为人工堆填的粘性土、砂土, 含少量碎石, 局部地段混有红砖碎块及混凝土路面。本层分布广泛, 厚度 2.60~3.50 m。

粗、砾砂 2-6: 灰黄色、浅灰黄色, 饱和, 密实度不均, 根据标贯试验成果, 为稍密~中密状态, 局部为松散状态, 呈透镜体状分布, 厚度 3.00~5.20m。详见表 1。

## 2 方案的确定

### 2.1 对挡土墙的要求

该挡土墙位于城区, 周边建筑物密集, 对挡土

表 1 岩土力学参数建议值表

土岩层名称	时代成因	状态或密实度	容许承载力 $[\sigma_0]$ kPa	压缩模量 $E_s$ (MPa)	天然密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	抗剪强度指标 凝聚力 $C$ (kPa)	内摩擦角 $\Phi$ (度)	基底摩擦系数 $\mu$
填筑土 1	$Q_4^{al}$	松散~稍密	/	4.0	1.80	15	10	/
粗、砾砂 2-6	$Q_4^{al}$	稍密~中密状	200	/	1.95	/	30	0.35

墙的景观有着较高的要求。而且路基与建筑物距离很近, 要注意控制放坡及墙身的尺寸, 并尽量减少施工期间对周边建筑物、居民的影响。因此, 需要将墙体的地基应力控制在天然地基允许承载力以内, 以避免地基处理对居民产生影响; 墙面的材质及外形也应尽量美观得体, 与周边环境协调。

### 2.2 方案的选择

在设计初步阶段, 我们就常见的钢筋混凝土悬臂式挡土墙和衡重式挡土墙作了分析比较。钢筋混凝土悬臂式挡土墙, 属轻型挡土墙, 尺寸较小, 对地基要求较低, 外观尚可; 但当墙高 >6.0 m 后, 尺寸随着墙高增加而急剧增大, 当墙高为 8.0 m 时, 其底板宽度约为 5.0 m, 趾板宽度约为 1.4 m, 最大地基反力约为 260 KPa。除了地基反力略高于天然地基允许承载力外, 基坑开挖影响范围大 (路基边缘以外约为 2.5 m), 用地不允许。而衡重式挡土墙属重力式挡土墙, 尺寸较大, 对地基要求较高; 墙高为 8.0 m 时, 其底板宽度约为 2.3 m, 趾板宽度约为 0.5 m, 最大地基反力约为 360 KPa。地基反力远高于天然地基允许承载力, 不适用。

因此, 需要寻找一种占地小, 地基反力要求低的高挡墙形式。经查阅大量的资料发现, 在国内各种较为成熟的挡土墙形式中, 模块挡土墙能较好的满足以上的要求: 地基反力较小 (墙高 8.0 m, 按刚性墙不折减计,  $\sigma_{max}=200$  kPa); 矩形面板所形成的墙面可拼出各种图案, 便于外表装饰, 与四周的城市环境比较协调; 同时有着较好的经济性; 施工也较为简便快速, 能减少对周边的影响, 而且加

收稿日期: 2005-12-28

作者简介: 唐浩斌 (1974-), 男, 广东江门人, 工程师, 主要从事道路总体及路基设计工作。

筋结构属于柔性结构,对地基变形的适应能力强。因此,最终选择采用模块挡土墙。

### 3 设计要点

#### 3.1 基础处理

本墙所在地基的表层为填筑土,性质参差不齐,均匀性差,且未经压实。其下为性质良好、承载力较好的粗、砾砂层,再往下,则为下卧淤泥层。由于淤泥层性质尚可,且上有较厚的覆盖层,而粗、砾砂层具有相当厚度又具较好的承载力,故不考虑做深层地基处理,而着重处理表层的填筑土。为保证挡土墙的整体性,减少地基的差异沉降,并使挡土墙有足够的抗圆弧滑动稳定性,设计了一个双层加筋的复合垫层,碎石垫层的顶面、底面均设置了一层 80RE 土工格栅。具体构造见图 1 所示。

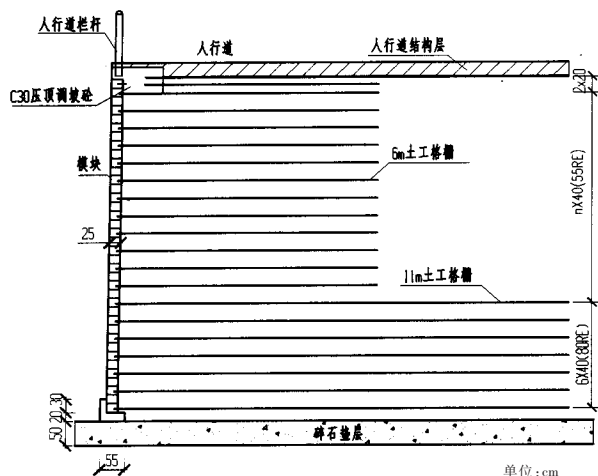


图1 挡土墙横断面图

#### 3.2 挡土墙的墙身设计

模块挡土墙是加筋挡土墙的一种,其设计与加筋挡土墙相同,包含整体稳定、外部稳定、内部稳定三部分。本设计采用高度为 40 cm 的钢筋混凝土模块,预埋的土工格栅直接锚固在模块内。底部的 6 个间距采用 80RE 土工格栅,长度 11.0 m;其余采用 50RE 土工格栅,长度 6.0 m。墙顶设压顶混凝土,并起调整坡度及高差的作用。具体构造见图 1 所示。

##### 3.2.1 计算要点

整体稳定按规范采用圆弧法计算墙的整体抗滑稳定性。根据已有的土力学数据,采用总应力法。当滑动弧把整个加筋体包含在内时,滑动弧上的抗滑力,与一般的边坡计算无异;当滑动弧穿过加筋体时,须考虑圆弧之外的筋带所提供的抗滑力,与加筋路堤相同,抗滑力取筋带抗力及其所受锚固力的小者。考虑筋带对土的性质的改善,一般

可以认为圆弧的范围在坡脚以外。

在规范中,外部稳定是把筋体范围内的整个加筋土体视为一刚性墙体,计算其在墙后填土作用下的滑移稳定、倾覆稳定、地基应力等,计算方法与普通的重力式挡土墙相同。

内部稳定主要是筋带强度验算及筋带抗拔验算,因塑料格栅的模量较低,按照规范[1]内部稳定采用楔体平衡分析法。该设计模块采用竖向企口搭接,每一个模块与一道土工格栅(与模块等宽)连接。

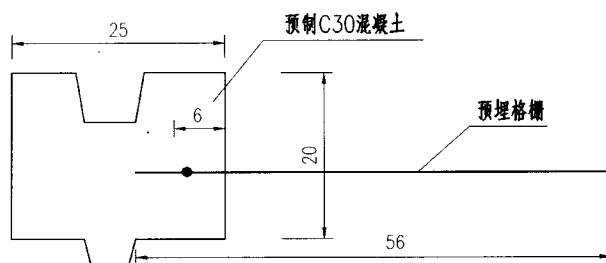


图2 模块构造图

#### 3.2.2 计算结果

按超载土柱高度 0.6 m, 7 度烈度设防计算, 计算结果如下。

整体稳定: 抗滑验算满足须最小安全系数 =  $1.6 > 1.25$

外部稳定: 滑移验算须满足  $K_c = 5.45 > 1.3$ ; 倾覆验算须满足  $K_o = 19.12 > 1.5$

地基承载力: 验算满足须最大压应力 = 209.1  $\approx$  200.0 kPa

内部稳定: 具体计算见表 1, 格栅和土的摩擦系数  $f'$  取 0.4。

由表 1 可见, 选用的格栅强度和长度能满足要求。上部的格栅所需拉应力较小, 可选用较低的强度; 下部格栅所需拉应力较大, 可选用较大的强度。因考虑到需要控制地基反力, 故下层格栅选用较大的长度。

#### 3.3 排水措施

因墙后填料为粘土, 为能迅速排出墙体内外及墙后的水, 减少墙内外的水位高差, 保持填料的稳定, 在墙面后设置反滤层; 并在墙体内部设置垂直于墙面和沿强纵向的  $\Phi 100$  PVC 毛细渗水管。在模块的沉降缝和排水缝处贴无纺土工布, 既防止了细颗粒流失, 也使墙面免受渗水的污染, 有利于保持墙面的清洁。

#### 3.4 挡土墙的施工顺序

(1) 基础混凝土浇筑; (2) 模块砌筑; (3) 模块在砌筑 24 h 后开始单向格栅的连接, 按设计长度裁剪单向土工格栅, 用连接棒将格栅与模块预留

表1 挡土墙计算表

筋带号	筋带条数	计算长度 (m)	稳定区长度 (m)	竖向压应力 (kPa)	水平压应力 (kPa)	最大拉力 (kN)	抗拉力 (kN)	抗拔力 (kN)	抗拔安全系数	抗拉安全系数
1	1	6	1.54	8	2.28	0.91	25.5	9.9	10.82	27.99
2	1	6	1.76	16	4.56	1.82	25.5	22.6	12.38	13.99
3	1	6	1.99	24	6.84	2.73	25.5	38.1	13.95	9.33
4	1	6	2.21	32	9.12	3.65	25.5	56.6	15.51	6.99
5	1	6	2.43	40	14.81	5.92	25.5	77.8	13.14	4.30
6	1	6	2.66	48	17.09	6.84	25.5	102.0	14.91	3.73
7	1	6	2.88	56	19.37	7.75	25.5	128.9	16.64	3.29
8	1	6	3.10	64	21.65	8.66	25.5	158.8	18.34	2.94
9	1	6	3.32	72	23.93	9.57	25.5	191.5	20.01	2.66
10	1	6	3.55	80	26.20	10.48	25.5	227.0	21.66	2.43
11	1	6	3.77	88	28.48	11.39	25.5	265.4	23.30	2.24
12	1	6	3.99	96	30.76	12.31	25.5	306.7	24.92	2.07
13	1	6	4.22	104	33.04	13.22	25.5	350.8	26.54	1.93
14	1	11	9.44	112	35.32	14.13	25.5	845.7	59.86	1.80
15	1	11	9.66	120	37.60	15.04	34.0	927.6	61.68	2.26
16	1	11	9.89	128	39.88	15.95	34.0	1012.2	63.46	2.13
17	1	11	10.11	136	42.16	16.86	34.0	1099.8	65.22	2.02
18	1	11	10.33	144	44.43	17.77	34.0	1190.1	66.96	1.91
19	1	11	10.55	152	46.71	18.69	34.0	1283.4	68.68	1.82
20	1	11	10.78	160	48.99	19.60	34.0	1379.5	70.39	1.74

格栅连接;(4)同时开展墙内回填土碾压施工;  
(5)逐层连接格栅及碾压填土至挡墙顶端。

在铺设格栅的时候必须注意:用张拉梁将单向格栅拉紧,将自由端用铁楔将格栅固定于地面上,格栅拉紧是保证加筋挡墙性能与面墙顺直的关键。经拉紧的格栅表面,严禁施工机械在未覆盖填土的格栅上行驶或停驻。

## 4 加筋挡土墙

### 4.1 加筋材料

模块挡土墙一般采用塑料土工格栅作为加筋材料,塑料土工格栅的整体性和延性较好。作为挡土墙的主要受力部件,土工格栅就像钢筋混凝土中的钢筋一样,起着至关重要的作用,对土工格栅的长期性能要求很高,要充分考虑蠕变等因素对土工格栅强度的影响,选择一种可靠的土工格栅。需要注意,出厂时的质控抗拉强度与长期设计强度  $P_{des}$  在意义及数值上均有很大的区别。中国土工合成材料测试规范《塑料土工格栅 GB/T 17689-1999》中包括高密度聚乙烯 HDPE 和聚丙烯 PP 2 种。经试验对比,在质控抗拉强度相当时,HDPE 的长期强度约为 PP 的 3 倍。土工格栅长期设计强度可按下式计算:

$$P_{des} = \frac{P_c}{f_m f_d f_e f_l L_F}$$

其中  $P_{des}$  ——许可长期设计强度;

$P_c$  ——根据蠕变实验确定的长期特征强度;

$f_m$  ——考虑生产实验数据可信度与学外推等因素的部分安全折减系数,HDPE 取 1.0;

$f_d$  ——考虑现场铺设施工影响的部分安全折减系数,取 1.2;

$f_e$  ——考虑环境影响的部分安全折减系数,取 1.0;

$f_l$  ——考虑连接有效性的部分安全折减系数,取 1.0;

$L_F$  ——荷载因子(取决于所采用的设计方法)。

经过广泛而慎重的对比,选择 HDPE 材料制作的 TensarRE 型土工格栅,Tensar 土工格栅是少数几种标明炭黑含量且能明确提供长期强度的土工格栅之一,具体技术指标如表 2:

表2 土工格栅指标一览表

项目	单位	技术指标值	
格栅类型		55RE	80RE
聚合物原料		HDPE	HDPE
最小炭黑含量	%	2	2
出厂时“质控抗拉强度”	kN/m	55	80
20℃下长期蠕变断裂强度(120 a 工程寿命) $P_c$	kN/m	25.5	34
长期设计强度 $P_{des}$	kN/m	11.20	16.19

由表 2 对比可见,进行模块挡土墙设计时,不能简单采用格栅出厂的质控抗拉强度来计算格栅的设置。从长远来说,这样偏不安全,必须要全面考虑各方面因素的影响,尤其是蠕变的影响。

### 4.2 填料及其压实

填料经压实后是否能达到要求,将直接影响模块挡土墙的成败,必须对填料的选择和压实予以高度重视。由于该墙非浸水挡土墙,故可选用粘土作为回填材料,耕植土和生活建筑垃圾不能作为回填料使用。回填料的含水量不得大于 26%,如含水量不能满足要求,可采取填料中掺加生石灰等措施。回填土经分层碾压后,回填土承载力特征值  $f_{ak} \geq 130$  kPa、内摩擦角  $\geq 30^\circ$ 、压实系数  $C \geq 0.96$ 、控制干密度  $\geq 21$  kN/m<sup>3</sup>、压缩模量  $E_s \geq 20$  MPa。对砂砾石填料的要求见规范[1]。对填土一般按模块的高度(本设计为 40 cm)作为压实的分层厚度。距模块挡墙面墙 2 m 内应用小型震动碾碾压(小型震动碾总质量  $\leq 1$  t),避免对砌筑好的模块产生过大的推挤。



按照规范[1]的要求进行压实度检测,填料的压实、筋带强度、筋带与填料的结合性,可用抗拔试验进行检测。

## 5 经济效益

采用加筋挡土墙不仅在技术和景观上优于钢筋混凝土悬臂式挡土墙和衡重式挡土墙,同时在经济上也带来了可观效益。在只计墙身,不计基础处理及填料的情况下,造价对比见表 3:

表 3 每延 m 造价一览表

项目	模块挡土墙	悬臂式挡土墙	衡重挡土墙
造价(元)	4072.3	5422.2	4365.0

由表 3 可见,模块挡土墙的墙身造价最低,比价廉的浆砌片石衡重挡土墙还稍低,仅为钢筋混凝土悬臂式挡土墙的 75%。而若采用钢筋混凝土悬臂式挡土墙和衡重式挡土墙,还要进行深层地基处理,而模块挡土墙只需进行浅层处理,所以综合墙身及地基处理的费用后,模块挡土墙的经济效益将更为显著。

## 6 经验探讨

### 6.1 地基反力计算

由于墙底是柔性的,按刚性墙体的方法计算地基反力,刚性基础的地基反力呈三角形分布,因而计算的  $\sigma_{\max}$  值较实际的  $\sigma_{\max}$  值偏大,实际产生的地基反力应比计算值要小。根据资料[3],墙底的应力分布较为均匀。实际的  $\sigma_{\max}$  值可以近似地由计算值乘以一个折减系数  $\alpha$  得出,在大多数情况下, $\alpha$  取 0.8,是偏安全的。因而,该设计中挡土墙的实际  $\sigma_{\max}=0.8 \times 209=167 \text{ kPa}$ ,以此计算,格栅长度还有进一步优化的余地,完全能满足地基承载力的要求。

### 6.2 有待进一步探讨的问题

在城市化程度较高的珠江三角洲地区,随着经济的不断发达,土地资源日益紧缺,建筑物的密度日益提高,道路建设的征地拆迁代价越来越高,

而挡土墙这一结构形式可有效地减少占地,必将得到越来越多的运用。在此情况下,对地基要求较低,造价节省的模块挡土墙也会凭其优势获得广阔的前景。

在经济发达的沿海地区,软基的存在较为普遍,模块挡土墙墙体本身的造价较低,更重要的是,其地基反力较小,而且柔性结构能适应一定的不均匀沉降。因此对地基要求大大降低,能够大幅节省地基处理费用。在技术上及经济上都很有意义。

非浸水挡土墙采用粘土作填料,便于就近取材,能大幅的降低造价,且对加筋土结构的本身而言比中粗砂更有利,具有显著的经济、技术效果,颇具推广意义。

### 6.3 模块的外观

模块是预制而成的,其表面可方便精确地加工成各种图案,也能在模块拼砌的过程中,通过一定的排列而呈现出各异的造型;模块的表面材质也能按需在预制中形成。模块挡土墙的外观具有很大的可塑性,能很好地满足城市景观的要求,这是现浇混凝土及浆砌圬工结构所无法比拟的,具有很大的应用前景。

## 7 结语

目前该工程已经建成,其中一段已铺筑垫层。经现场查看,墙身垂直,基础梁顶面平顺,未见有沉降引起的翘曲变形。证明该设计较为成功。

### 参考文献

- [1]交通部部颁标准《公路加筋土工程设计规范及其条文说明》(JTJ 015-91)[S].
- [2]交通部部颁标准《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017-96)[S].
- [3]何光春.加筋土工程设计与施工[M].北京:人民交通出版社,2000
- [4]NORDIC GUIDELINES FOR REINFORCED SOILS AND FILLS [M].Nordic Geosynthetic Group

# 世界最长桥郑西铁路客运专线渭河桥开钻

今年 6 月,全长 79.6 km 的郑西铁路客运专线渭河特大桥在临潼区零口镇打响第一钻,从而标志着这一目前世界上最长的大桥开工建设。

郑西铁路客运专线渭河特大桥东起陕西省华阴新华山车站,西至临潼新站,全长 79.6 km,是目前世界上最长的大桥。郑西客运专线设计时速高达 350 km/h。

据悉,全长 484.5 km 的郑西铁路客运专线将于 2009 年 9 月 26 日开通,届时,2 h 就可从西安到达郑州。