



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114263211 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 01

(21) 申请号 202111643745.6

(22) 申请日 2021.12.30

(71) 申请人 王开明

地址 725000 陕西省安康市高新区碧桂园
金州府4号楼1404室

(72) 发明人 王开明 王谦

(51) Int. Cl.

E02D 29/02 (2006.01)

E02D 5/74 (2006.01)

E02D 15/02 (2006.01)

E02D 19/20 (2006.01)

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

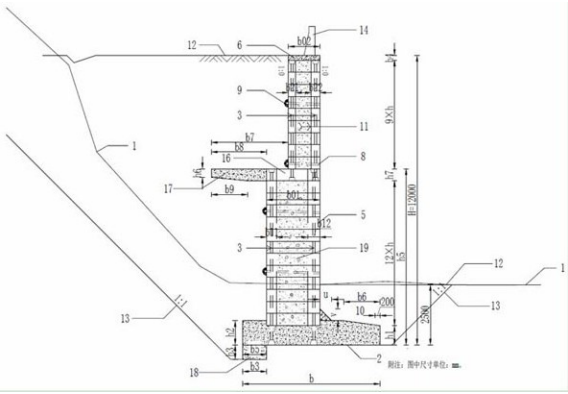
权利要求书9页 说明书23页 附图12页

(54) 发明名称

一种挡土墙及其构建方法

(57) 摘要

本发明一种挡土墙及其构建方法,属于支挡工程的技术领域,具体地说是一种挡土墙及其构建方法。提出一种挡土墙及其构建方法,本发明克服了现有加筋土、锚定板等装配式挡土墙小模块的不足,实现了挡土墙标准模块装配化。本发明的挡土墙:由现浇钢筋混凝土基础、预制墙身箱形模块、预制卸荷板实体板模块组成,采用竖向钢锚杆、竖向预应力钢绞线、纵向连接螺栓连接预制构件装配组成挡土墙;所述的模块采用钢筋混凝土预制构件,工厂化制作。挡土墙的构建方法的步骤分为四步。本发明实现了挡土墙模块装配化施工,适应的应用条件能力强;采用了预应力技术,通过竖向连接钢锚杆、竖向钢绞线施加的预应力,纵向连接高强螺栓,使零散的模块组装成偏心受压的完整的悬臂式墙体,具有适应性强,设计简单,施工和质量安全管控容易,施工速度快、造价较低的优点。



1. 一种挡土墙,其特征是:挡土墙由现浇钢筋混凝土基础、预制墙身箱形模块、预制卸荷板实体板模块组成,采用竖向钢锚杆、竖向预应力钢绞线、纵向连接螺栓连接预制构件装配组成挡土墙;所述的模块采用钢筋混凝土预制构件,工厂化制作。

2. 根据权利要求1所述挡土墙,特征其在于:所述的现浇钢筋混凝土基础,是按基础设计几何尺寸进行支模,安设基础钢筋浇筑混凝土,在墙身模块安装的对位位置,预埋竖向钢锚杆孔和竖向预应力钢束孔波纹管、竖向预应力钢绞线锚具、竖向预应力钢束孔压浆时的横连通管,采用开口箱时,还需要预埋现浇立柱的竖向主钢筋。

3. 根据权利要求1所述挡土墙,特征其在于:所述的预制墙身箱形模块,是采用标准模块长度 L_0 ,宽度为 b_0 ,模块的宽度 b_0 等于挡土墙墙身宽度,模块的高度为 h ,为使墙身错缝安装,需要设边模块,边模块除长度为 $L_0/2$ 外,其余几何尺寸与标准模块相同;模块墙背侧的箱壁厚度为 b_{11} ,墙面侧的箱壁厚度为 b_{12} ,沿挡墙纵向的箱壁厚度为 a_1 ,在墙背 b_{11} 和墙面 b_{12} 的箱壁上,预制时设竖向钢锚杆孔,和竖向预应力钢绞线钢束孔,竖向钢锚杆根据墙高,分别采用 $\Phi 28$ 和 $\Phi 32$ 两种规格的HRB400钢筋,竖向预应力钢绞线,根据墙高,采用 $\Phi^{s12.7}$ 和 $\Phi^{s15.2}$ 两种规格的环氧涂层钢绞线,在箱形模块沿挡墙纵向的两个箱壁上,预制模块时各预留4~6个高强螺栓孔,螺栓规格为M24、M28;开口箱是设现浇立柱的时候,采用的预制构件形式,是将沿挡墙纵向的箱壁厚度 a_1 的一个边,预制时浇筑混凝土,另一个边不浇筑混凝土,只将模块中配置的普通钢筋伸出预制块外,开口箱只有一种规格,没有边模块。

4. 根据权利要求1所述挡土墙,特征其在于:所述的预制卸荷板实体板模块,是将卸荷板沿挡墙墙身宽度方向,分为墙身段和墙背填土段的两段,墙身段采用预制模块,长度等于墙身宽度为 b_0 ,宽度为沿挡墙纵向1米,墙身段预制卸荷板上,预留上、下墙段的竖向钢锚杆孔、竖向预应力钢束孔,上、下墙段的竖向预应力钢束孔,在墙面箱壁上应错开孔位,预制时将卸荷板顶底面钢筋伸出预制构件外,墙背填土段卸荷板,采用现浇混凝土,待墙背回填土达到卸荷板高度时,焊接卸荷板钢筋浇筑混凝土;以卸荷板为分界,挡墙横断面分为上下墙段,分别采用不同尺寸的墙身模块;模块墙身的顶部,设厚度不小于0.2米的现浇钢筋混凝土封顶层;预制模块和现浇部分的普通钢筋,均采用HRB400钢筋;设锚索的模块挡土墙,适用于挡墙总高度 $H>12\text{m}$ 的情况,墙身模块为箱形预制构件,并不设现浇竖向立柱,挡墙横断面上以衡重台现浇板为界,分上下墙段,分别采用不同尺寸的墙身模块,当下墙段模块宽度 b_0 大于3米时,墙身模块增设宽度大于等于0.3米的中横隔板,在锚索设置高度处,沿挡墙墙面设现浇纵梁,以承受锚索预应力和作为封锚使用;锚索间距4米,直径 $\Phi 150\text{mm}$ 或 $\Phi 180\text{mm}$,配 $\Phi^{s15.2}$ 钢绞线6~12根。

5. 根据权利要求1所述挡土墙,特征其在于,所述的连接预制构件的连接为,现浇混凝土基础与墙身模块之间,墙身模块安装时嵌入基础0.2米的深度,并在基础顶面铺筑厚度20mm的1:2水泥砂浆进行结合,主要通过竖向钢锚杆,张拉竖向预应力钢绞线,使现浇基础与墙身模块形成刚接,钢绞线和锚具预埋在基础中,在模块墙身上穿索,采用一端张拉的张拉形式;设有现浇钢筋混凝土立柱的挡墙,基础和墙身模块之间,通过现浇混凝土立柱再次形成刚接;墙身模块之间,在竖向,通过竖向钢锚杆,张拉竖向预应力钢绞线,使墙身模块形成整体,同时每层间采用M20水泥砂浆粘结,即安设一层墙身模块后,在箱壁顶面铺筑20mm厚度的1:2水泥砂浆,砌筑下一层墙身模块,所有模块,无论是箱形模块或开口箱,竖向钢锚杆孔、竖向预应力钢束孔,在墙身模块上都是一一对应贯通,竖向钢锚杆安设后,在孔内填

筑掺岩石胶的水泥砂浆,使之与预制构件紧密结合,竖向预应力钢绞线张拉完成后,从一孔压浆,通过埋设在基础的横连通管,使水泥浆从另一孔溢出,以保证压浆密实;设有现浇钢筋混凝土立柱时,模块在竖向和纵向,通过现浇钢筋混凝土立柱再次形成刚接;墙身模块在挡墙纵向之间,通过高强螺栓连接,墙顶现浇钢筋混凝土封顶前,将模块顶面预埋的短钢筋与现浇层钢筋焊接,使墙身模块纵向在墙顶形成刚接,设有卸荷板的挡土墙,通过现浇墙背填土段卸荷板的纵向分布钢筋,使墙身模块纵向在此形成刚接;设现浇钢筋混凝土立柱时,模块为开口箱,安装时为通缝安装,两个实体箱壁相对,以高强螺栓连接,两个开口相对,组合成现浇立柱的完整横断面;预制卸荷板和现浇卸荷板之间,通过将预制卸荷板伸出的钢筋与现浇段钢筋焊接,并浇筑混凝土形成刚接,预制卸荷板与墙身之间,通过竖向钢锚杆和竖向预应力钢绞线形成刚接;设锚索的挡土墙,锚索一端锚固于挡墙墙背的岩土中,锚索张拉端锚固于墙面的锚索纵梁上,锚索与墙身模块之间为无粘结管道连接,衡重台现浇板与下墙段墙身为刚性连接,与上墙段墙身通过竖向钢锚杆和竖向预应力钢束形成刚接,衡重台现浇板与现浇锚索纵梁为刚性连接。

6. 挡土墙的构建方法,其特征是:挡土墙的构建方法步骤如下

第一步,根据挡土墙的总高度 H ,确定结构型式,确定墙踵、墙趾的悬出长度 b_3 、 b_4 ,确定基础埋深;

第二步,确定挡土墙的模块几何尺寸,对总高度 $H \leq 12\text{m}$ 的挡土墙,模块的几何尺寸,按挡土墙高度分为I、II、III、IV型,I型为 $H \leq 6\text{m}$,II型为 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$,III型为 $8\text{m} < H \leq 10\text{m}$,IV型为 $10\text{m} < H \leq 12\text{m}$,4种标准规格,开口箱预制的规格不变;使用时根据挡土墙的高度,在以上4种标准模块中选用,其相应的几何尺寸为长度 L_0 ,宽度 b_{0i} ,高度 h ,箱形模块壁厚 a_i 、 b_{ij} ;挡土墙位于平曲线上时,模块按墙面的平曲线半径具体设计;总高度 $H > 12\text{m}$ 的挡土墙,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙组合结构,模块几何尺寸则根据具体墙高具体设计;结合实际地质、水文资料,确定各设计计算参数,确定设计地基承载力;按库伦公式计算土压力,计算分析基底应力分布,计算挡土墙抗滑、抗倾覆安全系数;

所述的符号意义如下:

H —挡土墙的总高度,单位:m,

h —模块高度,单位:m,一般取 0.5m ,

b —挡土墙基础总宽度,单位:m,

b_3 —挡土墙墙踵悬出长度,单位:m,

b_4 —挡土墙墙趾悬出长度,单位:m,

b_{0i} —模块的宽度,单位:m, $i=1,2$,其中1代表下墙段,2代表上墙段,

b_{ij} —模块的壁厚,单位:m, $i=1,2$, $j=1,2$,其中 b_{11} 表示下墙段墙背侧的壁厚, b_{12} 表示下墙段墙面侧的壁厚, b_{21} 表示上墙段墙背侧的壁厚, b_{22} 表示上墙段墙面侧的壁厚,

L_0 —模块的长度,单位:m,一般取 2m ,边模块为 $L_0/2=1\text{m}$,

a_i —模块沿挡土墙纵向的壁厚,单位:m, $i=1,2$,其中1代表下墙段,2代表上墙段;

第三步,确定挡墙模块的钢筋锚杆、钢绞线的配置,以及钢绞线的张拉方式;确定模块的普通钢筋配筋;挡土墙总高度 $H > 12\text{m}$,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙,确定锚索长度 L_m 、直径和与水平面的夹角 α ,锚索设置的高度和间距、排距,索周极限摩阻强度等,墙背有岩体时,确定锚索入岩长度;

第四步,工厂化预制的模块,现场组装模块;浇筑挡墙钢筋混凝土基础,埋设竖向预应力钢绞线锚具并穿索,错缝或通缝砌筑安装墙身箱形模块,安设钢筋锚杆,填筑钢锚杆孔砂浆,按层安设紧固模块纵向连接螺栓,张拉竖向预应力钢束,压浆封锚,然后处理排水管和反滤包,墙背分层回填碾压至墙顶回填线,现浇挡墙封顶和护栏混凝土,进行墙面修整,完成挡土墙施工。

7. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第一步所述的根据挡土墙的总高度 H ,确定结构型式,确定墙踵、墙趾的悬出长度 b_3 、 b_4 ,确定基础埋深的方法是:按挡土墙的总高度 H ,分别确定挡土墙的结构型式,其中, $H \leq 8\text{m}$,采用模块化悬臂挡土墙; $8\text{m} < H \leq 12\text{m}$,采用模块化卸荷板式挡土墙; $H > 12\text{m}$,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙的结构型式;当挡土墙所处的地形横坡较陡或需要减小挡墙永久占地时,应采用较大的墙踵悬出长度 b_3 ;当挡土墙墙背的土石方开挖量较大时,采用较大的墙趾悬出长度 b_4 ;模块化卸荷板式挡土墙,优先选用较大的墙趾悬出长度 b_4 ;确定基础悬出长度 b_3 、 b_4 时,还应结合基底应力分布和抗滑、抗倾覆安全系数计算情况进行;在地面线以下的基础埋深的一般参考值:墙高 $H \leq 6\text{m}$,基础埋深 1.5m ;墙高 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$,基础埋深 2.0m ;墙高 $8\text{m} < H \leq 12\text{m}$,基础埋深 2.5m ;墙高 $H > 12\text{m}$,基础埋深 3.0m ,应用时可根据地基和环境的具体情况进行调整;受水流冲刷影响的挡土墙,基础埋深还应满足基底埋设在最大冲刷线以下 0.5m 的要求。

8. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第二步所述的对总高度 $H \leq 12\text{m}$ 的挡土墙,确定模块的几何尺寸的具体方法是,将模块分为I型为 $H \leq 6\text{m}$,II型为 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$,III型为 $8\text{m} < H \leq 10\text{m}$,IV型为 $10\text{m} < H \leq 12\text{m}$,共4种钢筋混凝土箱形标准模块,混凝土标号可采用C30,开口箱预制规格相同;使用时根据挡土墙的高度,在以上4种标准模块中选用,其相应的几何尺寸为长度 L_0 ,宽度 b_{0i} ,高度 h ,箱形模块壁厚 a_i 、 b_{ij} 的方法是:

I型 $H \leq 6\text{m}$ 的模块几何尺寸为: $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_0=1.3\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.25\text{m}$, $b_1=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$, $b_2=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\Phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=4\text{m}$,基础高度 $h_1=h_2=0.8\text{m} \sim 1.0\text{m}$,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 1.7m ,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;抗滑齿墙与挡墙基础浇筑为一体;

II型 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$ 几何尺寸为: $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_0=1.6\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.25\text{m} \sim 0.3\text{m}$, $b_1=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$, $b_2=0.35\text{m} \sim 0.4\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\Phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=4.6\text{m}$,基础高度 $h_1=h_2=0.8\text{m} \sim 1.0\text{m}$,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 2.0m ,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;抗滑齿墙与挡墙基础浇筑为一体;

III型 $8\text{m} < H \leq 10\text{m}$,采用模块化卸荷板式挡土墙,几何尺寸为:下墙段 $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_{01}=2.0\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.3\text{m}$, $b_{11}=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$, $b_{12}=0.35\text{m} \sim 0.4\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\Phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=5.3\text{m}$,基础高度 $h_1=h_2=1.0\text{m} \sim 1.2\text{m}$,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 2.3m ,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1.0\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;卸荷板的设置高度, $h_5 \approx 3/5H$,衡重台总宽度 $b_7=2.8\text{m}$,卸荷板总长度 4.1m ,其中,墙身预制段长度 2.0m ,墙背填土现浇段长度 $b_8=2.1\text{m}$,卸荷板端头高度 $h_6=0.35\text{m}$,根部 $h_7=0.5\text{m}$,变高度段长度 $b_9=1.5\text{m}$,墙身段卸荷板预制时,将顶底面钢筋伸出,待卸荷板下方墙背回填碾压完成后,焊接现浇段和预制

段钢筋,浇筑现浇段混凝土;卸荷板以上的上墙段,采用I型的模块几何尺寸;

IV型 $10\text{m}<H\leq 12\text{m}$,采用模块化卸荷板式挡土墙,几何尺寸为:下墙段 $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_{01}=2.2\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.3\text{m}$, $b_{11}=0.4\text{m}\sim 0.45\text{m}$, $b_{12}=0.45\text{m}\sim 0.5\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=5.7\text{m}$,基础高度 $h_1=1.0\text{m}\sim 1.2\text{m}$,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 2.5m ,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1.0\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;卸荷板的设置高度, $h_5\approx 3/5H$,衡重台总宽度 $b_7=3.2\text{m}$,卸荷板墙身预制段长为 2.2m ,卸荷板墙背现浇段长度 $b_8=2.3\text{m}$,卸荷板端头高度 $h_6=0.35\text{m}$,根部 $h_7=0.5\text{m}$,变高段长度 $b_9=1.5\text{m}$,待卸荷板下方墙背回填碾压完成后,焊接现浇段与预制段的钢筋,浇筑混凝土;卸荷板以上的上墙段,采用I型的模块几何尺寸;

开口箱预制规格与上述4种标准规格一致,取消了边模块,预制时一侧的 $[b_{01}-(b_{11}+b_{12}+2y)]$ 段不浇筑混凝土,将箱壁宽度 a_1 上的顶底面主钢筋伸出预制块外,做成相扣的环形筋,环形筋伸出预制块的长度为 $2[b_{01}-(b_{11}+b_{12}+2y)]/3$,在浇筑立柱时焊接,吊装时,为保证构件刚度,可做临时焊接;

预制模块时,不填筑模块芯土的挡土墙,每个模块墙面侧中部,预制时埋设 $\phi 50\text{mm}$ PVC通气管,填装芯土增加墙身重力的情况,不设通气孔;

本发明所述的挡土墙位于平曲线上时,模块按墙面的平曲线半径具体设计的方法是:曲线模块按径向布置,模块墙面曲线长度 $L_0=2\text{m}$,由 $L_0=R\beta\pi/180$,得到一块模块的中心角 β 为, $\beta=L_0/R\times 180/\pi$,模块墙背侧曲线半径为 R_1 , $R_1=R-b_0$,模块墙背侧曲线长度为 L_1 , $L_1=R_1\beta\pi/180$;预制模块放样数据:墙面弧线对应弦长为 s , $s=2R\sin(\beta/2)$,以墙面弧线中点为坐标原点0,沿挡墙纵向坐标为 x_i ,横坐标为 y_i ,模块墙面曲线上逐点坐标为 (x_i, y_i) ,将弦长 s 分为12个等分点, $x_i=ns/12$, $n=1,2,3,\dots,6$, $y_i=R-\sqrt{R^2-x_i^2}$,模块高度不变, $h=0.48\text{m}$;当平曲线半径 $R<12\text{m}$ 时,应减小预制模块长度 L_0 ;当模块位于缓和曲线上时,应按缓和曲线采用的类型,按缓和曲线的曲线函数对曲线模块逐一计算曲线坐标放样。

9. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第二步所述的总高度 $H>12\text{m}$ 的挡土墙,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙组合结构,模块几何尺寸则根据具体墙高具体方法是:对总高度 $H>12\text{m}$ 的挡土墙,因高度变化较大,需要根据具体情况,对锚索和模块几何尺寸作具体设计,设计总墙高宜控制在 $H\leq 20\text{m}$,衡重台的设置高度, $h_5\approx 3/5H$,下墙段的模块几何尺寸, $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $2.2\text{m}\leq b_{01}\leq 3.5\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.3\text{m}\sim 0.35\text{m}$, $b_{11}=0.5\text{m}\sim 0.6\text{m}$, $b_{12}=0.5\text{m}\sim 0.6\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\phi 20$ 吊环;上墙段模块几何尺寸,采用I型或者II型的模块几何尺寸。

10. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第二步所述的结合实际地质、水文资料,确定各设计计算参数,确定设计地基承载力;按库伦公式计算土压力,计算分析基底应力分布,计算挡土墙抗滑、抗倾覆安全系数的方法是:根据工程地质勘察给定的岩土力学参数、基底摩擦系数、地基土承载力特征值等资料,确定墙背回填土的内粘聚力 C 值,内摩擦角 ϕ 值和容重、浮容重,地下水位高度,水位骤降情况,墙背回填土的坡线,车辆荷载和加载位置,整体稳定的滑弧半径等;设计地基承载力的一般值,挡土墙总高度 $H\leq 8\text{m}$, $[\sigma_0]=250\text{KPa}$,挡土墙总高度 $8\text{m}<H\leq 12\text{m}$, $[\sigma_0]\approx 250\sim 350\text{KPa}$,对特别重要的高大挡土墙,设计地基承载力可提高到 $[\sigma_0]=500\text{KPa}$;对施工地基土的承载力达不到设计值时,应提出地基处

理方案;按库伦公式计算土压力,按以下公式计算分析基底应力分布,地基应力由中心竖向荷载和偏心力矩两部分引起:

$\sigma_{1,2} = \sigma' \pm \sigma''$; 其中 $\sigma' = P/ab$, $\sigma'' = 6M_p/ab^2 = 6Pe/ab^2$, $M_p = Pe$, 条形基础沿挡墙长度方向 a 取 $1m$, 即得到: $\sigma_{1,2} = P/b (1 \pm 6e/b)$;

求出的 σ_1 或 σ_2 若为负值,说明基底应力非梯形分布,呈三角形分布,设三角形应力分布长度为 x' , 由 $\sigma x'/2 = P$, 可得到三角形地基应力分布长度, $x' = 2P/\sigma$;

三角形地基应力分布是不利的,可通过调整衡重台的高度、卸荷板的长度、地基梁墙趾、墙踵的悬出长度,改善墙背回填料物理力学性质和施工工艺,加强墙背排水等措施处理,使其回到梯形分布;

计算挡土墙抗滑安全系数 K_c 的方法是抗滑力除以滑动力,达不到规范值时,可采用基底换填和设排水盲沟提高基底摩擦系数,墙背换填和提高压实度以降低主动土压力,基底碾压可提高基础齿墙的土抗力,空箱内填筑芯土增加重力等方法,提高抗滑力;

抗倾覆安全系数 K_0 , 按规范墙身重力和所有外力对墙趾取矩,抗倾覆力矩除以倾覆力矩;

所述的符号意义如下:

H —挡土墙的总高度,单位:m,

h —模块高度,单位:m,一般取0.5m,

b —模块化挡土墙基础总宽度,单位:m,

a_1 —下墙段模块沿挡土墙纵向的壁厚,单位:m,

a_2 —上墙段模块沿挡土墙纵向的壁厚,单位:m,

b_0 —模块的宽度,单位:m,

b_{01} —下墙段模块的宽度,单位:m,

b_{02} —上墙段模块的宽度,单位:m,

b_{11} —下墙段模块墙背的壁厚,单位:m,

b_{12} —下墙段模块墙面的壁厚,单位:m,

b_{21} —上墙段模块墙背的壁厚,单位:m,

b_{22} —上墙段模块墙面的壁厚,单位:m,

b_3 —挡土墙基础墙踵悬出长度,单位:m,

b_4 —挡土墙基础墙趾悬出长度,单位:m,

b_5 —挡土墙基础齿墙宽度,单位:m,

b_6 —挡土墙基础变高度段的宽度,单位:m,

b_7 —挡土墙衡重台总宽度,单位:m,

b_8 —挡土墙卸荷板悬出的宽度,单位:m,

b_9 —挡土墙卸荷板变高度段的宽度,单位:m,

h_1 —挡墙基础墙趾处的高度,单位:m,

h_2 —挡墙基础墙踵处的高度,单位:m,

h_3 —挡墙基础齿墙的高度,单位:m,

h_4 —挡墙顶现浇混凝土的高度,单位:m,

h_5 —卸荷板设置的高度,单位:m,

h_6 —卸荷板端头的高度,单位:m,
 h_7 —卸荷板根部的高度,单位:m,
 L —分段挡墙长度,单位:m,
 L_0 —模块的长度,单位:m,一般取2m,边模块为 $L_0/2=1m$,
 L_1 —曲线模块的内弧长度,单位:m,
 x —模块倒角纵向长度,单位:m;
 y —模块倒角横向宽度,单位:m;
 x_i —曲线模块预制放样的纵坐标,坐标原点对称, $i=1,2,3,\cdots 6$,
 y_i —曲线模块预制放样的横坐标,坐标原点对称, $i=1,2,3,\cdots 6$,
 R —曲线模块墙面曲线半径,单位:m,
 R_1 —曲线模块墙背曲线半径,单位:m,
 s —曲线模块墙面线的弦长,
 β —某个曲线模块的中心角,
 n —点号, $n=1,2,3,\cdots 6$,
 u —挡墙墙面与基础倒角横向宽度,单位:m,
 v —挡墙墙面与基础倒角竖向高度,单位:m,
 $[\sigma_0]$ —设计地基容许强度,单位:KPa,
 $\sigma_{1,2}$ —挡土墙墙趾和墙踵处的地基应力强度,单位:KPa,
 σ_1 —挡土墙墙趾处的地基应力强度,单位:KPa,
 σ_2 —挡土墙墙踵处的地基应力强度,单位:KPa,
 σ' —作用在挡土墙基底中心的竖向力之和引起的地基应力强度,单位:KPa,
 σ'' —对挡土墙基底中心的力矩之和引起的地基应力强度,单位:KPa,
 P —作用在挡土墙基底的竖向力之和,单位:KN,
 a —沿挡土墙纵向条形基础长度,计算时取1m,
 M_p —作用在挡土墙基底中心的合力矩,单位:KN.m,
 e —由作用在挡土墙基底中心的合力矩引起的偏心距,单位:m,
 x' —挡土墙基底应力呈三角形分布时的分布长度,单位:m,
 x_0 —墙趾点到截面形心的水平距离,单位:m,
 K_c —挡土墙的抗滑安全系数,
 K_0 —挡土墙的抗倾覆安全系数。

11. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第三步所述的确定挡土墙模块的钢锚杆、钢绞线的配置,以及钢绞线的张拉方式;确定模块的普通钢筋配筋方法是:每个标准模块配8根竖向钢锚杆,墙背和墙面箱壁各配4根,配4束竖向预应力环氧涂层钢绞线,墙背、墙面各配2束,均匀分布,边模块配置数量为标准模块的一半;两束钢绞线之间通过底部埋设的PVC横连通管,形成回浆管路,以保证压浆质量;设置卸荷板或衡重台的挡墙,竖向预应力钢绞线按下墙段和上墙段分别张拉,均为一端张拉;钢锚杆和钢绞线的具体配置是:

I、II型模块,每个标准模块墙背、墙面各配2束竖向环氧涂层钢绞线,边块墙背、墙面各配1束,墙背每束配3根 $\Phi^{s12.7}$ 环氧涂层钢绞线,墙面每束配2根 $\Phi^{s12.7}$ 环氧涂层钢绞线,控

制张拉强度1395Mpa,每根张拉力为137.7kN,施工时张拉力可根据实际墙高的土压力情况进行调整,采用一端张拉,一端以专用锚具锚固于基础钢筋混凝土中,张拉端以专用锚具锚固于钢筋混凝土模块中;每个标准模块设8根 $\Phi 28$ HRB400钢锚杆,墙背、墙面各配4根,均匀分布,使用接驳器接长,接头错开50cm布置,锚杆孔内灌注掺岩石胶的1:2水泥砂浆,挡墙纵向两个模块之间,采用4根M24高强螺栓连接;

Ⅲ、Ⅳ型模块,每个标准模块墙背、墙面各配2束竖向环氧涂层钢绞线,边块墙背、墙面各配1束,墙背每束配3根 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线,墙面每束配2根 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线,控制张拉强度1395Mpa,每根张拉力为193.9kN,施工时张拉力可根据实际墙高的土压力情况进行调整,采用一端张拉,锚固端以专用锚具锚固于基础钢筋混凝土中,张拉端以专用锚具锚固于钢筋混凝土模块中;每个标准模块设8根 $\Phi 32$ HRB400钢锚杆,墙背、墙面各配4根,均匀分布,使用接驳器接长,接头错开50cm布置,锚杆孔内灌注掺岩石胶的1:2水泥砂浆,挡墙纵向两个模块之间,采用4根M24高强螺栓连接;

开口箱模块的竖向钢锚杆、竖向预应力钢束配置,与标准模块相同;

在挡墙基础中,模块墙背、墙面的2束钢绞线之间,埋设 $\Phi 75$ mmPVC横连通管,保证压浆时,水泥浆从一孔压入另一孔溢出;挡土墙分段长度约为20~30米,总长度不足30米的,按实际长度分为1段,总长度不足60米的,按实际长度分为2段,中间设伸缩缝,缝宽30mm,地质变化处,应增设缝宽30mm的沉降缝,伸缩缝、沉降缝内填充低发泡聚乙烯闭孔泡沫板;

设有衡重台的Ⅲ、Ⅳ型模块,墙身采用两段张拉,即,第一次张拉下墙段挡墙基础至衡重台的钢绞线,张拉端锚固于衡重台上,第二次张拉上墙段衡重台至墙顶的钢绞线,均为一端张拉,锚固端锚固于衡重台实心板上,张拉端锚固于挡墙模块中;施工采用Ⅰ、Ⅱ型模块,竖向钢束为一端张拉,不需分段张拉;

采用锚索+模块化悬臂结构的挡土墙,下墙段每个标准模块设8根 $\Phi 32$ HRB400钢锚杆,纵向两个模块之间,采用4根M28高强螺栓连接;墙背、墙面各配2束 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线,配置根数根据基底偏心力矩的计算情况确定,并不少于3根;

模块的普通钢筋配筋为:标准模块为箱型预制构件,顶底面每个边配2根 $\Phi 16$ HRB400钢筋,四个角共配4根 $\Phi 16$ HRB400斜筋,箍筋采用 $\Phi 12$ HRB400钢筋,为闭合箍筋,间距200mm,角部间距100mm;钢筋中心距边缘距离为50mm,单面焊接长度10d;

开口箱模块的普通钢筋配筋,与标准模块相同,仍采用 $\Phi 16$ HRB400钢筋,而在开口段做成相扣环形筋,现浇混凝土立柱配筋为:竖向主钢筋为 $\Phi 22 \sim \Phi 25$ HRB400钢筋,间距为100mm~150mm,沿挡土墙横断面方向竖向主钢筋间距200mm~250mm布置,与挡墙基础预埋钢筋焊接,沿挡土墙的纵向,配 $\Phi 12$ HRB400闭合箍筋,可按双肢配置环形箍筋;

挡墙基础混凝土的配筋为:基础底面配 $\Phi 22 \sim \Phi 25$ HRB400钢筋,基础顶面配 $\Phi 20$ HRB400钢筋,间距200mm,分布钢筋采用 $\Phi 12$ HRB400钢筋,可分段做成环形箍筋。

12. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第三步所述的挡土墙总高度 $H > 12$ m,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙,确定锚索长度 L_m 、直径和与水平面的夹角 α ,锚索设置的高度和间距、排距,索周极限摩阻强度,墙背有岩体时,确定锚索入岩长度的方法是:锚索的设置,以施加锚索预应力后,所有作用力对地基梁中心的力矩之和最小为原则配置,锚索设置长度 L_m 一般不大于40米,直径采用 $\Phi 150$ mm、 $\Phi 180$ mm规格,配置 $\phi^{s15.2}$ 钢绞线6~12根,控制张拉强度为1395MPa,锚索与水平面的夹角一般为 $\alpha = 10^\circ \sim 35^\circ$,锚索最上

一排布置高度为挡墙总高度3/5左右,设锚索现浇纵梁,锚索沿挡墙长度方向间距一般为4m,排距根据土压力模型计算确定,根据地勘提供的索周极限摩阻强度计算索长,墙背有岩体时,入岩长度一般为10~15m。

13. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第四步所述的工厂化预制的模块,现场组装模块;浇筑挡墙钢筋混凝土基础,埋设竖向预应力钢绞线锚具并穿索,错缝或通缝砌筑安装墙身箱形模块,安设钢筋锚杆,填筑钢锚杆孔砂浆,按层安设紧固模块纵向连接螺栓,张拉竖向预应力钢束,压浆封锚的方法是:

挡土墙的墙身、卸荷板模块,采用工厂化预制,汽车吊吊装,载重汽车运输,汽车吊现场配合安装;安装前,应先整平碾压地基,检测地基承载能力;然后浇筑钢筋混凝土基础,在基础上埋设钢锚杆和预应力钢束的波纹管,埋设竖向预应力钢绞线锚具并穿索,将钢绞线伸出基础顶面;墙身箱形模块在现场错缝安装,开口箱采用通缝安装,安装第一层模块时,先在挡墙基础上铺设厚度20mm的1:2水泥砂浆,竖向预应力钢绞线在模块穿索,将墙身钢锚杆锚栓孔对齐挡墙基础的锚栓孔,先用木棍或钢管堵塞,防止杂物进入孔内,安砌第一块模块,同样方法安砌第二块、第三块,……,纵向的两块之间,为平缝对齐,不设结合砂浆;将两个模块之间的纵向连接螺栓初步紧固,第一层砌筑完成后,在其顶面箱壁上铺筑20mm的1:2水泥砂浆,将第二层模块吊装到位并穿索,对齐锚栓孔,安砌第二层模块完成后,将第一层模块的纵向连接高强螺栓紧固,依次逐层砌筑安装,到一定高度时,拔出堵塞钢锚杆孔的木棍或钢管,安插竖向钢锚杆,孔内填筑掺岩石胶的1:2水泥砂浆并捣实;开口箱为通缝安装,安装方法相同,开口箱模块安装与立柱浇筑交错进行,即安装一定高度的模块后,浇筑与其相同高度的立柱混凝土,待立柱混凝土强度达5MPa以上时,再继续安装模块;设有卸荷板的挡墙,安装卸荷板前,应将箱形模块内的纵向连接螺栓全部紧固,并作防锈封闭处理后,在箱形模块壁上铺筑20mm厚的1:2水泥砂浆,将上墙段的竖向预应力钢绞线封锚并穿索,将下墙段的竖向预应力钢绞线穿索,对齐上墙段的竖向钢锚杆孔,然后安砌墙身卸荷板,张拉下墙段竖向预应力钢绞线并压浆封锚,墙背回填至卸荷板高度时,焊接预制卸荷板和现浇段之间的钢筋,浇筑现浇段混凝土;在卸荷板上铺筑20mm厚的1:2水泥砂浆,将上墙段墙身模块吊装到位,上墙段竖向预应力钢绞线穿索,与下墙段墙身模块安装方法相同,逐层砌筑安装上墙段墙身模块,直至墙顶,安插竖向钢锚杆并填充锚杆孔砂浆,紧固纵向连接高强螺栓,张拉上墙段竖向预应力钢绞线并压浆封锚;安装墙身模块时,可在挡墙两侧设临时支架或临时对称填土,以方便施工;对总高度 $H \leq 6\text{m}$ 的挡土墙,墙背回填碾压可和挡墙墙身安装同步进行;张拉墙身竖向预应力钢束,按照墙背张拉一根钢绞线,然后墙面张拉一根,对称均衡进行张拉,墙背回填达到墙高一半以上时,张拉墙背比墙面多配置的钢绞线;墙身的钢绞线孔压浆,从一孔压入另一孔溢出,压浆饱满后,进行封锚。

14. 根据权利要求6所述的挡土墙的构建方法,其特征在于:第四步所述的处理排水管和反滤包,墙背分层回填碾压至墙顶回填线,现浇挡墙封顶和护栏混凝土,进行墙面修整,完成挡土墙施工的方法是:挖除墙体安装时的临时回填土,采用临时支架施工的,拆除临时支架,分层碾压墙背回填土,至墙体排水管位置,安设排水管反滤包,墙体排水管纵向间距2米,竖向间距2.5米,梅花型布置,距墙顶2米范围,不设排水管,最下一排设置在墙面地面以上0.3米左右,墙身模块预制时,预留排水管孔,排水管坡度3%;现浇C30钢筋混凝土墙顶封顶, $h_4 \geq 0.2\text{m}$,配双层钢筋,底面配 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋网格,间距200mm,顶面配 $\Phi 12\text{HRB400}$ 钢

筋网格,间距200mm,上墙段顶层模块的顶面,预制时预埋 $\Phi 16$ HRB400短钢筋,与墙顶现浇层底面 $\Phi 16$ HRB400钢筋焊接,然后浇筑封顶混凝土,使模块与现浇墙顶结合一体,保证模块墙身纵向在墙顶形成可靠刚接;浇筑时,应预埋混凝土墙式护栏钢筋或波形梁护栏立柱钢筋;若需要对墙顶进行绿化,则填筑模块芯土,填土顶面覆盖0.5米厚的耕植土,取消混凝土封顶,但仍应在箱壁设一定厚度的现浇钢筋混凝土,以确保模块纵向的刚接;安设护栏,完成由模块装配构成挡土墙施工;

所述的符号意义如下:

H—挡土墙的总高度,单位:m,

L_m —锚索长度,单位:m,

α —锚索与水平面的夹角,单位:度。

一种挡土墙及其构建方法

技术领域

[0001] 本发明属于支挡工程的技术领域,具体地说是一种挡土墙及其构建方法。

背景技术

[0002] 在土建工程中,经常使用挡土墙,现有的挡土墙结构形式主要有重力式、扶壁式、悬臂式、桩板式、加筋土、卸荷板、锚定板等,其施工方法主要是现场浇筑和人工砌筑,以及少量的装配化;为实现挡土墙的模块装配化、标准化,国内外进行了大量研究,也产生了多项专利技术,但都存在明显不足,不能普遍使用;在现有的挡土墙中,桩板式挡土墙可靠度较高,然而建造费用较高,且在地下水位较高时无法进行人工挖孔施工,很难装配化;加筋土、锚定板式、装配式悬臂挡土墙虽然实现了装配化施工,但都属于小模块,预制安装块件多,需要与钢塑拉筋带、土工格栅、钢筋拉杆、锚定板等配合使用,才能实现挡土墙的功能,现有的装配式悬臂挡土墙,预制构件适应挡墙高度变化能力差,不易定型标准化,而都存在施工过程控制比较复杂,需要的劳动力较多,施工周期较长,与市政管网布置冲突大等不利因素,应用受限制;扶壁式挡土墙也有采用装配式的设计施工,但随墙高变化,断面几何尺寸和配筋变化较大,湿接头较多,不利于标准化,加之墙高较大时性价比不好,施工受现场地形条件限制等原因,无法推广应用。现有的挡土墙存在的主要不足是:模块化、标准化程度低,装配式的模块小而复杂,机械化施工程度低,以人工砌筑和现场浇筑为主,需要的劳动力较多,施工周期长,施工过程中质量安全控制较复杂,与现代环保要求有一定差距,尤其在抢险施工中,很难实现快速施工、质量可靠的目标。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是,提出一种挡土墙及其构建方法,本发明克服了现有加筋土、锚定板等装配式挡土墙小模块的不足,实现了挡土墙标准模块装配化,具有适应性强,设计简单,施工和质量安全管控容易,施工速度快、造价较低的优点。

[0004] 本发明解决其技术问题的技术方案是:

本发明一种挡土墙:由现浇钢筋混凝土基础、预制墙身箱形模块、预制卸荷板实体板模块组成,采用竖向钢锚杆、竖向预应力钢绞线、纵向连接螺栓连接预制构件装配组成挡土墙;所述的模块采用钢筋混凝土预制构件,工厂化制作。

[0005] 本发明一种挡土墙,所述的现浇钢筋混凝土基础,是按基础设计几何尺寸进行支模,安设基础钢筋浇筑混凝土,在墙身模块安装的对位位置,预埋竖向钢锚杆孔和竖向预应力钢束孔波纹管、竖向预应力钢绞线锚具、竖向预应力钢束孔压浆时的横连通管,采用开口箱时,还需要预埋现浇立柱的竖向主钢筋;

本发明一种挡土墙,所述的预制墙身箱形模块,是采用标准模块长度 L_0 ,宽度为 b_0 ,模块的宽度 b_0 等于挡土墙墙身宽度,模块的高度为 h ,为使墙身错缝安装,需要设边模块,边模块除长度为 $L_0/2$ 外,其余几何尺寸与标准模块相同;模块墙背侧的箱壁厚度为 b_{11} ,墙面侧的箱壁厚度为 b_{12} ,沿挡墙纵向的箱壁厚度为 a_1 ,在墙背 b_{11} 和墙面 b_{12} 的箱壁上,预制时设竖

向钢锚杆孔,和竖向预应力钢绞线钢束孔,竖向钢锚杆根据墙高,分别采用 $\Phi 28$ 和 $\Phi 32$ 两种规格的HRB400钢筋,竖向预应力钢绞线,根据墙高,采用 $\Phi^s 12.7$ 和 $\Phi^s 15.2$ 两种规格的环氧涂层钢绞线,在箱形模块沿挡墙纵向的两个箱壁上,预制模块时各预留4~6个高强螺栓孔,螺栓规格为M24、M28;开口箱是设现浇立柱的时候,采用的预制构件形式,是将沿挡墙纵向的箱壁厚度 a_1 的一个边,预制时浇筑混凝土,另一个边不浇筑混凝土,只将模块中配置的普通钢筋伸出预制块外,开口箱只有一种规格,没有边模块。

[0006] 本发明一种挡土墙,所述的预制卸荷板实体板模块,是将卸荷板沿挡墙墙身宽度方向,分为墙身段和墙背填土段的两段,墙身段采用预制模块,长度等于墙身宽度为 b_0 ,宽度为沿挡墙纵向1米,墙身段预制卸荷板上,预留上、下墙段的竖向钢锚杆孔、竖向预应力钢束孔,上、下墙段的竖向预应力钢束孔,在墙面箱壁上应错开孔位,预制时将卸荷板顶底面钢筋伸出预制构件外,墙背填土段卸荷板,采用现浇混凝土,待墙背回填土达到卸荷板高度时,焊接卸荷板钢筋浇筑混凝土;以卸荷板为分界,挡墙横断面分为上下墙段,分别采用不同尺寸的墙身模块;模块墙身的顶部,设厚度不小于0.2米的现浇钢筋混凝土封顶层;预制模块和现浇部分的普通钢筋,均采用HRB400钢筋;设锚索的模块挡土墙,适用于挡墙总高度 $H>12\text{m}$ 的情况,墙身模块为箱形预制构件,并不设现浇竖向立柱,挡墙横断面上以衡重台现浇板为界,分上下墙段,分别采用不同尺寸的墙身模块,当下墙段模块宽度 b_0 大于3米时,墙身模块增设宽度大于等于0.3米的中横隔板,在锚索设置高度处,沿挡墙墙面设现浇纵梁,以承受锚索预应力和作为封锚使用;锚索间距4米,直径 $\Phi 150\text{mm}$ 或 $\Phi 180\text{mm}$,配 $\Phi^s 15.2$ 钢绞线6~12根;

本发明一种挡土墙,所述的连接预制构件的连接为,现浇混凝土基础与墙身模块之间,墙身模块安装时嵌入基础0.2米的深度,并在基础顶面铺筑厚度20mm的1:2水泥砂浆进行结合,主要通过竖向钢锚杆,张拉竖向预应力钢绞线,使现浇基础与墙身模块形成刚接,钢绞线和锚具预埋在基础中,在模块墙身上穿索,采用一端张拉的张拉形式;设有现浇钢筋混凝土立柱的挡墙,基础和墙身模块之间,通过现浇混凝土立柱再次形成刚接;墙身模块之间,在竖向,通过竖向钢锚杆,张拉竖向预应力钢绞线,使墙身模块形成整体,同时每层间采用M20水泥砂浆粘结,即安设一层墙身模块后,在箱壁顶面铺筑20mm厚度的1:2水泥砂浆,砌筑下一层墙身模块,所有模块,无论是箱形模块或开口箱,竖向钢锚杆孔、竖向预应力钢束孔,在墙身模块上都是一一对应贯通,竖向钢锚杆安设后,在孔内填筑掺岩石胶的水泥砂浆,使之与预制构件紧密结合,竖向预应力钢绞线张拉完成后,从一孔压浆,通过埋设在基础的横连通管,使水泥浆从另一孔溢出,以保证压浆密实;设有现浇钢筋混凝土立柱时,模块在竖向和纵向,通过现浇钢筋混凝土立柱再次形成刚接;墙身模块在挡墙纵向之间,通过高强螺栓连接,墙顶现浇钢筋混凝土封顶前,将模块顶面预埋的短钢筋与现浇层钢筋焊接,使墙身模块纵向在墙顶形成刚接,设有卸荷板的挡土墙,通过现浇墙背填土段卸荷板的纵向分布钢筋,使墙身模块纵向在此形成刚接;设现浇钢筋混凝土立柱时,模块为开口箱,安装时为通缝安装,两个实体箱壁相对,以高强螺栓连接,两个开口相对,组合成现浇立柱的完整横断面;预制卸荷板和现浇卸荷板之间,通过将预制卸荷板伸出的钢筋与现浇段钢筋焊接,并浇筑混凝土形成刚接,预制卸荷板与墙身之间,通过竖向钢锚杆和竖向预应力钢绞线形成刚接;设锚索的挡土墙,锚索一端锚固于挡墙墙背的岩土中,锚索张拉端锚固于墙面的锚索纵梁上,锚索与墙身模块之间为无粘结管道连接,衡重台现浇板与下墙段墙身为

刚性连接,与上墙段墙身通过竖向钢锚杆和竖向预应力钢束形成刚接,衡重台现浇板与现浇锚索纵梁为刚性连接。

[0007] 本发明挡土墙的构建方法是:构建方法的步骤如下

第一步,根据挡土墙的总高度 H ,确定结构型式,确定墙踵、墙趾的悬出长度 b_3 、 b_4 ,确定基础埋深;

第二步,确定挡土墙模块几何尺寸,对总高度 $H \leq 12\text{m}$ 的挡土墙,模块的几何尺寸,按挡土墙高度分为I、II、III、IV型,I型为 $H \leq 6\text{m}$,II型为 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$,III型为 $8\text{m} < H \leq 10\text{m}$,IV型为 $10\text{m} < H \leq 12\text{m}$,4种标准规格,开口箱预制的规格不变;使用时根据挡土墙的高度,在以上4种标准模块中选用,其相应的几何尺寸为长度 L_0 ,宽度 b_{0i} ,高度 h ,箱形模块壁厚 a_i 、 b_{ij} ;挡土墙位于平曲线上时,模块按墙面的平曲线半径具体设计;总高度 $H > 12\text{m}$ 的挡土墙,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙组合结构,模块几何尺寸则根据具体墙高具体设计;结合实际地质、水文资料,确定各设计计算参数,确定设计地基承载力;按库伦公式计算土压力,计算分析基底应力分布,计算挡土墙抗滑、抗倾覆安全系数;

所述的符号意义如下:

H —挡土墙的总高度,单位:m,

h —模块高度,单位:m,一般取0.5m,

b —挡土墙基础总宽度,单位:m,

b_3 —挡土墙墙踵悬出长度,单位:m,

b_4 —挡土墙墙趾悬出长度,单位:m,

b_{0i} —模块的宽度,单位:m, $i=1,2$,其中1代表下墙段,2代表上墙段,

b_{ij} —模块的壁厚,单位:m, $i=1,2$, $j=1,2$,其中 b_{11} 表示下墙段墙背侧的壁厚, b_{12} 表示下墙段墙面侧的壁厚, b_{21} 表示上墙段墙背侧的壁厚, b_{22} 表示上墙段墙面侧的壁厚,

L_0 —模块的长度,单位:m,一般取2m,边模块为 $L_0/2=1\text{m}$,

a_i —模块沿挡土墙纵向的壁厚,单位:m, $i=1,2$,其中1代表下墙段,2代表上墙段;

第三步,确定挡墙模块的钢筋锚杆、钢绞线的配置,以及钢绞线的张拉方式;确定模块的普通钢筋配筋;挡土墙总高度 $H > 12\text{m}$,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙,确定锚索长度 L_m 、直径和与水平面的夹角 α ,锚索设置的高度和间距、排距,索周极限摩阻强度等,墙背有岩体时,确定锚索入岩长度;

第四步,工厂化预制的模块,现场组装模块;浇筑挡墙钢筋混凝土基础,埋设竖向预应力钢绞线锚具并穿索,错缝或通缝砌筑安装墙身箱形模块,安设钢筋锚杆,填筑钢锚杆孔砂浆,按层安设紧固模块纵向连接螺栓,张拉竖向预应力钢束,压浆封锚,然后处理排水管和反滤包,墙背分层回填碾压至墙顶回填线,现浇挡墙封顶和护栏混凝土,进行墙面修整,完成挡土墙施工。

[0008] 本发明挡土墙的构建方法,第一步所述的根据挡土墙的总高度 H ,确定结构型式,确定墙踵、墙趾的悬出长度 b_3 、 b_4 ,确定基础埋深的方法是:按挡土墙的总高度 H ,分别确定挡土墙的结构型式,其中, $H \leq 8\text{m}$,采用模块化悬臂挡土墙; $8\text{m} < H \leq 12\text{m}$,采用模块化卸荷板式挡土墙; $H > 12\text{m}$,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙的结构型式;当挡土墙所处的地形横坡较陡或需要减小挡墙永久占地时,应采用较大的墙踵悬出长度 b_3 ;当挡土墙墙背的土石方开挖量较大时,采用较大的墙趾悬出长度 b_4 ;模块化卸荷板式挡土墙,优先选用较大的墙

趾悬出长度 b_4 ;确定基础悬出长度 b_3 、 b_4 时,还应结合基底应力分布和抗滑、抗倾覆安全系数计算情况进行;在地面线以下的基础埋深的一般参考值:墙高 $H \leq 6\text{m}$,基础埋深 1.5m ;墙高 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$,基础埋深 2.0m ;墙高 $8\text{m} < H \leq 12\text{m}$,基础埋深 2.5m ;墙高 $H > 12\text{m}$,基础埋深 3.0m ,应用时可根据地基和环境的具体情况进行调整;受水流冲刷影响的挡土墙,基础埋深还应满足基底埋设在最大冲刷线以下 0.5m 的要求。

[0009] 本发明挡土墙的构建方法,第二步所述的对总高度 $H \leq 12\text{m}$ 的挡土墙,确定模块的几何尺寸的具体方法是,将模块分为I型为 $H \leq 6\text{m}$,II型为 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$,III型为 $8\text{m} < H \leq 10\text{m}$,IV型为 $10\text{m} < H \leq 12\text{m}$,共4种钢筋混凝土箱形标准模块,混凝土标号可采用C30,开口箱预制规格相同;使用时根据挡土墙的高度,在以上4种标准模块中选用,其相应的几何尺寸为长度 L_0 ,宽度 b_{0i} ,高度 h ,箱形模块壁厚 a_i 、 b_{ij} 的方法是:

I型 $H \leq 6\text{m}$ 的模块几何尺寸为: $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_0=1.3\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.25\text{m}$, $b_1=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$, $b_2=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=4\text{m}$,基础高度 $h_1=h_2=0.8\text{m} \sim 1.0\text{m}$,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 1.7m ,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;抗滑齿墙与挡墙基础浇筑为一体;

II型 $6\text{m} < H \leq 8\text{m}$ 几何尺寸为: $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_0=1.6\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.25\text{m} \sim 0.3\text{m}$, $b_1=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$, $b_2=0.35\text{m} \sim 0.4\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=4.6\text{m}$,基础高度 $h_1=h_2=0.8\text{m} \sim 1.0\text{m}$,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 2.0m ,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;抗滑齿墙与挡墙基础浇筑为一体;

III型 $8\text{m} < H \leq 10\text{m}$,采用模块化卸荷板式挡土墙,几何尺寸为:下墙段 $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_{01}=2.0\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.3\text{m}$, $b_{11}=0.3\text{m} \sim 0.35\text{m}$, $b_{12}=0.35\text{m} \sim 0.4\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=5.3\text{m}$,基础高度 $h_1=h_2=1.0\text{m} \sim 1.2\text{m}$,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 2.3m ,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1.0\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;卸荷板的设置高度, $h_5 \approx 3/5H$,衡重台总宽度 $b_7=2.8\text{m}$,卸荷板总长度 4.1m ,其中,墙身预制段长度 2.0m ,墙背填土现浇段长度 $b_8=2.1\text{m}$,卸荷板端头高度 $h_6=0.35\text{m}$,根部 $h_7=0.5\text{m}$,变高度段长度 $b_9=1.5\text{m}$,墙身段卸荷板预制时,将顶底面钢筋伸出,待卸荷板下方墙背回填碾压完成后,焊接现浇段和预制段钢筋,浇筑现浇段混凝土;卸荷板以上的上墙段,采用I型的模块几何尺寸;

IV型 $10\text{m} < H \leq 12\text{m}$,采用模块化卸荷板式挡土墙,几何尺寸为:下墙段 $L_0=2\text{m}$,边块长度 1m , $b_{01}=2.2\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $a_1=0.3\text{m}$, $b_{11}=0.4\text{m} \sim 0.45\text{m}$, $b_{12}=0.45\text{m} \sim 0.5\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,内壁埋设4根 $\phi 16$ 吊环,挡墙基础宽度 $b=5.7\text{m}$,基础高度 $h_1=1.0\text{m} \sim 1.2\text{m}$,墙趾 b_4 或墙踵 b_3 基础悬出 2.5m ,墙踵 b_3 或墙趾 b_4 基础悬出 1.0m ,墙面与基础结合部设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,墙踵处设齿墙宽度 $b_5=1.0\text{m}$,齿墙高度 $h_3=0.6\text{m}$;卸荷板的设置高度, $h_5 \approx 3/5H$,衡重台总宽度 $b_7=3.2\text{m}$,卸荷板墙身预制段长为 2.2m ,卸荷板墙背现浇段长度 $b_8=2.3\text{m}$,卸荷板端头高度 $h_6=0.35\text{m}$,根部 $h_7=0.5\text{m}$,变高段长度 $b_9=1.5\text{m}$,待卸荷板下方墙背回填碾压完成后,焊接现浇段与预制段的钢筋,浇筑混凝土;卸荷板以上的上墙段,采用I型的模块几何尺寸;

开口箱预制规格与上述4种标准规格一致,取消了边模块,预制时一侧的 $[b_{01} - (b_{11}$

$+b_{12}+2y)$]段不浇筑混凝土,将箱壁宽度 a_1 上的顶底面主钢筋伸出预制块外,做成相扣的环形筋,环形筋伸出预制块的长度为 $2[b_{01}-(b_{11}+b_{12}+2y)]/3$,在浇筑立柱时焊接,吊装时,为保证构件刚度,可做临时焊接;

预制模块时,不填筑模块芯土的挡土墙,每个模块墙面侧中部,预制时埋设 ϕ 50mmPVC通气管,填装芯土增加墙身重力的情况,不设通气孔;

本发明所述的挡土墙位于平曲线上时,模块按墙面的平曲线半径具体设计的方法是:曲线模块按径向布置,模块墙面曲线长度 $L_0=2m$,由 $L_0=R\beta\pi/180$,得到一块模块的中心角 β 为, $\beta=L_0/R\times 180/\pi$,模块墙背侧曲线半径为 R_1 , $R_1=R-b_0$,模块墙背侧曲线长度为 L_1 , $L_1=R_1\beta\pi/180$;预制模块放样数据:墙面弧线对应弦长为 s , $s=2R\sin(\beta/2)$,以墙面弧线中点为坐标原点0,沿挡墙纵向坐标为 x_i ,横坐标为 y_i ,模块墙面曲线上逐点坐标为 (x_i, y_i) ,将弦长 s 分为12个等分点, $x_i=ns/12$, $n=1, 2, 3, \dots, 6$, $y_i=R-\sqrt{R^2-x_i^2}$,模块高度不变, $h=0.48m$;当平曲线半径 $R<12m$ 时,应减小预制模块长度 L_0 ;当模块位于缓和曲线上时,应按缓和曲线采用的类型,按缓和曲线的曲线函数对曲线模块逐一计算曲线坐标放样。

[0010] 本发明挡土墙的构建方法,第二步所述的总高度 $H>12m$ 的挡土墙,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙组合结构,模块几何尺寸则根据具体墙高具体方法是:对总高度 $H>12m$ 的挡土墙,因高度变化较大,需要根据具体情况,对锚索和模块几何尺寸作具体设计,设计总墙高宜控制在 $H\leq 20m$,衡重台的设置高度, $h_5\approx 3/5H$,下墙段的模块几何尺寸, $L_0=2m$,边块长度 $1m$, $2.2m\leq b_{01}\leq 3.5m$, $h=0.48m$, $a_1=0.3m\sim 0.35m$, $b_{11}=0.5m\sim 0.6m$, $b_{12}=0.5m\sim 0.6m$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1m$, $y=0.1m$,内壁埋设4根 $\phi 20$ 吊环;上墙段模块几何尺寸,采用I型或者II型的模块几何尺寸。

[0011] 本发明挡土墙的构建方法,第二步所述的结合实际地质、水文资料,确定各设计计算参数,确定设计地基承载力;按库伦公式计算土压力,计算分析基底应力分布,计算挡土墙抗滑、抗倾覆安全系数的方法是:根据工程地质勘察给定的岩土力学参数、基底摩擦系数、地基土承载力特征值等资料,确定墙背回填土的内粘聚力 C 值,内摩擦角 ϕ 值和容重、浮容重,地下水位高度,水位骤降情况,墙背回填土的坡线,车辆荷载和加载位置,整体稳定的滑弧半径等;设计地基承载力的一般值,挡土墙总高度 $H\leq 8m$, $[\sigma_0]=250KPa$,挡土墙总高度 $8m<H\leq 12m$, $[\sigma_0]\approx 250\sim 350KPa$,对特别重要的高大挡土墙,设计地基承载力可提高到 $[\sigma_0]=500KPa$;对施工地基土的承载力达不到设计值时,应提出地基处理方案;按库伦公式计算土压力,按以下公式计算分析基底应力分布,地基应力由中心竖向荷载和偏心力矩两部分引起:

$\sigma_{1,2}=\sigma'\pm\sigma''$;其中 $\sigma'=P/ab$, $\sigma''=6M_p/ab^2=6Pe/ab^2$, $M_p=Pe$,条形基础沿挡墙长度方向 a 取 $1m$,即得到: $\sigma_{1,2}=P/b(1\pm 6e/b)$;

求出的 σ_1 或 σ_2 若为负值,说明基底应力非梯形分布,呈三角形分布,设三角形应力分布长度为 x' ,由 $\sigma x'/2=P$,可得到三角形地基应力分布长度, $x'=2P/\sigma$;

三角形地基应力分布是不利的,可通过调整衡重台的高度、卸荷板的长度、地基梁墙趾、墙踵的悬出长度,改善墙背回填料物理力学性质和施工工艺,加强墙背排水等措施处理,使其回到梯形分布;

计算挡土墙抗滑安全系数 K_c 的方法是抗滑力除以滑动力,达不到规范值时,可采用基底换填和设排水盲沟提高基底摩擦系数,墙背换填和提高压实度以降低主动土压力,

基底碾压可提高基础齿墙的土抗力,空箱内填筑芯土增加重力等方法,提高抗滑力;

抗倾覆安全系数 K_0 ,按规范墙身重力和所有外力对墙趾取矩,抗倾覆力矩除以倾覆力矩;

所述的符号意义如下:

H —挡土墙的总高度,单位:m,

h —模块高度,单位:m,一般取0.5m,

b —模块化挡土墙基础总宽度,单位:m,

a_1 —下墙段模块沿挡土墙纵向的壁厚,单位:m,

a_2 —上墙段模块沿挡土墙纵向的壁厚,单位:m,

b_0 —模块的宽度,单位:m,

b_{01} —下墙段模块的宽度,单位:m,

b_{02} —上墙段模块的宽度,单位:m,

b_{11} —下墙段模块墙背的壁厚,单位:m,

b_{12} —下墙段模块墙面的壁厚,单位:m,

b_{21} —上墙段模块墙背的壁厚,单位:m,

b_{22} —上墙段模块墙面的壁厚,单位:m,

b_3 —挡土墙基础墙踵悬出长度,单位:m,

b_4 —挡土墙基础墙趾悬出长度,单位:m,

b_5 —挡土墙基础齿墙宽度,单位:m,

b_6 —挡土墙基础变高度段的宽度,单位:m,

b_7 —挡土墙衡重台总宽度,单位:m,

b_8 —挡土墙卸荷板悬出的宽度,单位:m,

b_9 —挡土墙卸荷板变高度段的宽度,单位:m,

h_1 —挡墙基础墙趾处的高度,单位:m,

h_2 —挡墙基础墙踵处的高度,单位:m,

h_3 —挡墙基础齿墙的高度,单位:m,

h_4 —挡墙顶现浇混凝土的高度,单位:m,

h_5 —卸荷板设置的高度,单位:m,

h_6 —卸荷板端头的高度,单位:m,

h_7 —卸荷板根部的高度,单位:m,

L —分段挡墙长度,单位:m,

L_0 —模块的长度,单位:m,一般取2m,边模块为 $L_0/2=1m$,

L_1 —曲线模块的内弧长度,单位:m,

x —模块倒角纵向长度,单位:m;

y —模块倒角横向宽度,单位:m;

x_i —曲线模块预制放样的纵坐标,坐标原点对称, $i=1,2,3,\dots,6$,

y_i —曲线模块预制放样的横坐标,坐标原点对称, $i=1,2,3,\dots,6$,

R —曲线模块墙面曲线半径,单位:m,

R_1 —曲线模块墙背曲线半径,单位:m,

s —曲线模块墙面线的弦长,
 β —某个曲线模块的中心角,
 n —点号, $n=1, 2, 3, \dots, 6$,
 u —挡墙墙面与基础倒角横向宽度, 单位: m,
 v —挡墙墙面与基础倒角竖向高度, 单位: m,
 $[\sigma_0]$ —设计地基容许强度, 单位: KPa,
 $\sigma_{1,2}$ —挡土墙墙趾和墙踵处的地基应力强度, 单位: KPa,
 σ_1 —挡土墙墙趾处的地基应力强度, 单位: KPa,
 σ_2 —挡土墙墙踵处的地基应力强度, 单位: KPa,
 σ' —作用在挡土墙基底中心的竖向力之和引起的地基应力强度, 单位: KPa,
 σ'' —对挡土墙基底中心的力矩之和引起的地基应力强度, 单位: KPa,
 P —作用在挡土墙基底的竖向力之和, 单位: KN,
 a —沿挡土墙纵向条形基础长度, 计算时取1m,
 M_p —作用在挡土墙基底中心的合力矩, 单位: KN.m,
 e —由作用在挡土墙基底中心的合力矩引起的偏心距, 单位: m,
 x' —挡土墙基底应力呈三角形分布时的分布长度, 单位: m,
 x_0 —墙趾点到截面形心的水平距离, 单位: m,
 K_c —挡土墙的抗滑安全系数,
 K_0 —挡土墙的抗倾覆安全系数。

[0012] 本发明挡土墙的构建方法, 第三步所述的确定挡土墙模块的钢锚杆、钢绞线的配置, 以及钢绞线的张拉方式; 确定模块的普通钢筋配筋方法是: 每个标准模块配8根竖向钢锚杆, 墙背和墙面箱壁各配4根, 配4束竖向预应力环氧涂层钢绞线, 墙背、墙面各配2束, 均匀分布, 边模块配置数量为标准模块的一半; 两束钢绞线之间通过底部埋设的PVC横连管, 形成回浆管路, 以保证压浆质量; 设置卸荷板或衡重台的挡墙, 竖向预应力钢绞线按下墙段和上墙段分别张拉, 均为一端张拉; 钢锚杆和钢绞线的具体配置是:

I、II型模块, 每个标准模块墙背、墙面各配2束竖向环氧涂层钢绞线, 边块墙背、墙面各配1束, 墙背每束配3根 $\phi^{s12.7}$ 环氧涂层钢绞线, 墙面每束配2根 $\phi^{s12.7}$ 环氧涂层钢绞线, 控制张拉强度1395Mpa, 每根张拉力为137.7KN, 施工时张拉力可根据实际墙高的土压力情况进行调整, 采用一端张拉, 一端以专用锚具锚固于基础钢筋混凝土中, 张拉端以专用锚具锚固于钢筋混凝土模块中; 每个标准模块设8根 $\Phi 28$ HRB400钢锚杆, 墙背、墙面各配4根, 均匀分布, 使用接驳器接长, 接头错开50cm布置, 锚杆孔内灌注掺岩石胶的1:2水泥砂浆, 挡墙纵向两个模块之间, 采用4根M24高强螺栓连接;

III、IV型模块, 每个标准模块墙背、墙面各配2束竖向环氧涂层钢绞线, 边块墙背、墙面各配1束, 墙背每束配3根 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线, 墙面每束配2根 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线, 控制张拉强度1395Mpa, 每根张拉力为193.9KN, 施工时张拉力可根据实际墙高的土压力情况进行调整, 采用一端张拉, 锚固端以专用锚具锚固于基础钢筋混凝土中, 张拉端以专用锚具锚固于钢筋混凝土模块中; 每个标准模块设8根 $\Phi 32$ HRB400钢锚杆, 墙背、墙面各配4根, 均匀分布, 使用接驳器接长, 接头错开50cm布置, 锚杆孔内灌注掺岩石胶的1:2水泥砂浆, 挡墙纵向两个模块之间, 采用4根M24高强螺栓连接;

开口箱模块的竖向钢锚杆、竖向预应力钢束配置,与标准模块相同;

在挡墙基础中,模块墙背、墙面的2束钢绞线之间,埋设 $\phi 75\text{mm}$ PVC横连管,保证压浆时,水泥浆从一孔压入另一孔溢出;挡土墙分段长度约为20~30米,总长度不足30米的,按实际长度分为1段,总长度不足60米的,按实际长度分为2段,中间设伸缩缝,缝宽30mm,地质变化处,应增设缝宽30mm的沉降缝,伸缩缝、沉降缝内填充低发泡聚乙烯闭孔泡沫板;

设有衡重台的Ⅲ、Ⅳ型模块,墙身采用两段张拉,即,第一次张拉下墙段挡墙基础至衡重台的钢绞线,张拉端锚固于衡重台上,第二次张拉上墙段衡重台至墙顶的钢绞线,均为一端张拉,锚固端锚固于衡重台实心板上,张拉端锚固于挡墙模块中;施工采用Ⅰ、Ⅱ型模块,竖向钢束为一端张拉,不需分段张拉;

采用锚索+模块化悬臂结构的挡土墙,下墙段每个标准模块设8根 $\Phi 32\text{HRB400}$ 钢锚杆,纵向两个模块之间,采用4根M28高强螺栓连接;墙背、墙面各配2束 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线,配置根数根据基底偏心力矩的计算情况确定,并不少于3根;

模块的普通钢筋配筋为:标准模块为箱型预制构件,顶底面每个边配2根 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋,四个角共配4根 $\Phi 16\text{HRB400}$ 斜筋,箍筋采用 $\Phi 12\text{HRB400}$ 钢筋,为闭合箍筋,间距200mm,角部间距100mm;钢筋中心距边缘距离为50mm,单面焊接长度10d;

开口箱模块的普通钢筋配筋,与标准模块相同,仍采用 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋,而在开口段做成相扣环形筋,现浇混凝土立柱配筋为:竖向主钢筋为 $\Phi 22\sim\Phi 25\text{ HRB400}$ 钢筋,间距为100mm~150mm,沿挡土墙横断面方向竖向主钢筋间距200mm~250mm布置,与挡墙基础预埋钢筋焊接,沿挡土墙的纵向,配 $\Phi 12\text{HRB400}$ 闭合箍筋,可按双肢配置环形箍筋;

挡墙基础混凝土的配筋为:基础底面配 $\Phi 22\sim\Phi 25\text{ HRB400}$ 钢筋,基础顶面配 $\Phi 20\text{ HRB400}$ 钢筋,间距200mm,分布钢筋采用 $\Phi 12\text{ HRB400}$ 钢筋,可分段做成环形箍筋。

[0013] 本发明挡土墙的构建方法,第三步所述的挡土墙总高度 $H>12\text{m}$,采用预应力锚索+模块化悬臂挡土墙,确定锚索长度 L_m 、直径和与水平面的夹角 α ,锚索设置的高度和间距、排距,索周极限摩阻强度,墙背有岩体时,确定锚索入岩长度的方法是:锚索的设置,以施加锚索预应力后,所有作用力对地基梁中心的力矩之和最小为原则配置,锚索设置长度 L_m 一般不大于40米,直径采用 $\phi 150\text{mm}$ 、 $\phi 180\text{mm}$ 规格,配置 $\phi^{s15.2}$ 钢绞线6~12根,控制张拉强度为1395MPa,锚索与水平面的夹角一般为 $\alpha=10^\circ\sim 35^\circ$,锚索最上一排布置高度为挡墙总高度3/5左右,设锚索现浇纵梁,锚索沿挡墙长度方向间距一般为4m,排距根据土压力模型计算确定,根据地勘提供的索周极限摩阻强度计算索长,墙背有岩体时,入岩长度一般为10~15m。

[0014] 本发明挡土墙的构建方法,第四步所述的工厂化预制的模块,现场组装模块;浇筑挡墙钢筋混凝土基础,埋设竖向预应力钢绞线锚具并穿索,错缝或通缝砌筑安装墙身箱形模块,安设钢筋锚杆,填筑钢锚杆孔砂浆,按层安设紧固模块纵向连接螺栓,张拉竖向预应力钢束,压浆封锚的方法是:

挡土墙的墙身、卸荷板模块,采用工厂化预制,汽车吊吊装,载重汽车运输,汽车吊现场配合安装;安装前,应先整平碾压地基,检测地基承载能力;然后浇筑钢筋混凝土基础,在基础上埋设钢锚杆和预应力钢束的波纹管,埋设竖向预应力钢绞线锚具并穿索,将钢绞线伸出基础顶面;墙身箱形模块在现场错缝安装,开口箱采用通缝安装,安装第一层模块

时,先在挡墙基础上铺设厚度20mm的1:2水泥砂浆,竖向预应力钢绞线在模块穿索,将墙身钢锚杆锚栓孔对齐挡墙基础的锚栓孔,先用木棍或钢管堵塞,防止杂物进入孔内,安砌第一块模块,同样方法安砌第二块、第三块,……,纵向的两块之间,为平缝对齐,不设结合砂浆;将两个模块之间的纵向连接螺栓初步紧固,第一层砌筑完成后,在其顶面箱壁上铺筑20mm的1:2水泥砂浆,将第二层模块吊装到位并穿索,对齐锚栓孔,安砌第二层模块完成后,将第一层模块的纵向连接高强螺栓紧固,依次逐层砌筑安装,到一定高度时,拔出堵塞钢锚杆孔的木棍或钢管,安插竖向钢锚杆,孔内填筑掺岩石胶的1:2水泥砂浆并捣实;开口箱为通缝安装,安装方法相同,开口箱模块安装与立柱浇筑交错进行,即安装一定高度的模块后,浇筑与其相同高度的立柱混凝土,待立柱混凝土强度达5MPa以上时,再继续安装模块;设有卸荷板的挡墙,安装卸荷板前,应将箱形模块内的纵向连接螺栓全部紧固,并作防锈封闭处理后,在箱形模块壁上铺筑20mm厚的1:2水泥砂浆,将上墙段的竖向预应力钢绞线封锚并穿索,将下墙段的竖向预应力钢绞线穿索,对齐上墙段的竖向钢锚杆孔,然后安砌墙身卸荷板,张拉下墙段竖向预应力钢绞线并压浆封锚,墙背回填至卸荷板高度时,焊接预制卸荷板和现浇段之间的钢筋,浇筑现浇段混凝土;在卸荷板上铺筑20mm厚的1:2水泥砂浆,将上墙段墙身模块吊装到位,上墙段竖向预应力钢绞线穿索,与下墙段墙身模块安装方法相同,逐层砌筑安装上墙段墙身模块,直至墙顶,安插竖向钢锚杆并填充锚杆孔砂浆,紧固纵向连接高强螺栓,张拉上墙段竖向预应力钢绞线并压浆封锚;安装墙身模块时,可在挡墙两侧设临时支架或临时对称填土,以方便施工;对总高度 $H \leq 6\text{m}$ 的挡土墙,墙背回填碾压可和挡墙墙身安装同步进行;张拉墙身竖向预应力钢束,按照墙背张拉一根钢绞线,然后墙面张拉一根,对称均衡进行张拉,墙背回填达到墙高一半以上时,张拉墙背比墙面多配置的钢绞线;墙身的钢绞线孔压浆,从一孔压入另一孔溢出,压浆饱满后,进行封锚。

[0015] 本发明挡土墙的构建方法,第四步所述的处理排水管和反滤包,墙背分层回填碾压至墙顶回填线,现浇挡墙封顶和护栏混凝土,进行墙面修整,完成挡土墙施工的方法是:挖除墙体安装时的临时回填土,采用临时支架施工的,拆除临时支架,分层碾压墙背回填土,至墙体排水管位置,安设排水管反滤包,墙体排水管纵向间距2米,竖向间距2.5米,梅花型布置,距墙顶2米范围,不设排水管,最下一排设置在墙面地面以上0.3米左右,墙身模块预制时,预留排水管孔,排水管坡度3%;现浇C30钢筋混凝土墙顶封顶, $h_4 \geq 0.2\text{m}$,配双层钢筋,底面配 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋网格,间距200mm,顶面配 $\Phi 12\text{HRB400}$ 钢筋网格,间距200mm,上墙段顶层模块的顶面,预制时预埋 $\Phi 16\text{HRB400}$ 短钢筋,与墙顶现浇层底面 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋焊接,然后浇筑封顶混凝土,使模块与现浇墙顶结合一体,保证模块墙身纵向在墙顶形成可靠刚接;浇筑时,应预埋混凝土墙式护栏钢筋或波形梁护栏立柱钢筋;若需要对墙顶进行绿化,则填筑模块芯土,填土顶面覆盖0.5米厚的耕植土,取消混凝土封顶,但仍应在箱壁设一定厚度的现浇钢筋混凝土,以确保模块纵向的刚接;安设护栏,完成由模块装配构成挡土墙施工;

所述的符号意义如下:

H —挡土墙的总高度,单位:m,

L_m —锚索长度,单位:m,

α —锚索与水平面的夹角,单位:度。

[0016] 本发明的有益效果:

1. 本发明模块化挡土墙的构建方法与现有技术的区别是,实现了挡土墙模块装配化施工,适应的应用条件能力强;采用了预应力技术,通过竖向连接钢锚杆、竖向钢绞线施加的预应力,纵向连接高强螺栓,使零散的模块组装成偏心受压的完整的悬臂式墙体,在无横向拉锚的情况下,实现挡土墙支挡土压力的功能;

本发明与现有的挡土墙的构建方法比较,有适应性强,设计更简单,施工和质量安全管控更容易,施工速度快、造价较低的优点,克服了现有加筋土、锚定板等装配式挡土墙小模块的不足,无需借助于拉筋带、土工格栅等拉锚,克服了现有装配式悬臂挡土墙随墙高变化的定型标准化难的问题;采用箱型空心构件、筏式基础,结构重力大幅降低,对地基强度要求相对较低,加之可以对基础墙趾、墙踵的悬出长度灵活选择,使其对地形、地基强度的适应能力显著增强,一般情况地基强度250KPa即可满足要求;因此设计时,主要根据墙高选择模块型号,根据现场条件选择基础悬出长度,使挡土墙的设计更容易、更简单;挡土墙的纵向分段长度,由以往的10米左右,可提高到20~30米左右,减少了挡土墙伸缩缝的设置数量;在其他类型挡土墙施工和监管中,有的因为挡土墙墙背开挖量大、边坡高,基槽边坡的安全防护要求较高,有的因为结构钢筋密度大,现场钢筋工作量大、周期长,施工管理存在一定困难,尤其是块、片石砌筑的挡土墙,劳动力密集而繁重,加之高空作业,施工质量安全管控很不容易,采用模块化施工后,需要的劳动力大为减少,现场工作量大幅减小,施工的质量安全管控更加容易;由于施工过程中,省却了现场支模、钢筋工作、混凝土浇筑、块石砌筑等,可使施工工期大幅缩短;模块化挡土墙与其他类型的挡土墙比较,由于采用箱型空心模块,采用高强度钢绞线,在混凝土用量、钢筋用量上都明显减少,随着墙高的增大,节约的效益更加显著,以高度12米挡土墙为例,模块化挡土墙与同高度扶壁式挡土墙比较,每米长度挡土墙混凝土用量、普通钢筋用量可减小约30%,高强钢绞线用量约增加0.1t,在不计基槽开挖和回填减少、工期缩短、环境影响减小等经济效益的情况下,每米长度挡土墙可节约建造直接成本约1万元,故,模块化挡土墙的经济效益十分显著;

本发明模块化挡土墙的构建方法与现有的加筋土挡土墙、锚定板挡土墙、竖向预应力锚杆重力式挡土墙、装配式悬臂挡土墙、装配式扶壁挡土墙等的区别是,加筋土挡土墙是由0.49m(长) $\times$ 0.49m(高) $\times$ 0.25m(厚度),和0.99m(长) $\times$ 0.49m(高) $\times$ 0.25m(厚度)的两种小模块预制安装,模块间留1~2cm的砂浆砌筑缝,依靠0.5m一层钢塑拉筋带摩擦力实现支挡土压力的目的,钢塑拉筋带的设计使用寿命一般为50年,加筋土挡土墙模块或土工格栅拉筋模块,预制和砌筑安装都很繁琐,安装时轴线、标高和面坡坡度等较难控制,对安装、回填土的施工工艺要求较高,施工过程控制难,需要的劳动力多,施工周期长,墙内无法布设市政管线;锚定板挡土墙,由立柱、挡土板,钢筋锚杆和锚定板组成,立柱尺寸和配筋随挡墙高度变化较大,钢筋拉杆因锈蚀使用寿命一般为20年左右,而且锚定板的设置,对回填土的填筑碾压工艺要求较高,施工组织也比较复杂,墙内也无法布设市政管线,实际应用相对较少;而本发明模块化挡土墙,除设置锚索情况外,均属悬臂式挡土墙,预制构件尺寸较大,预制安装的效率较高,需要劳动力较少,施工机械化程度高,采用预制安装的施工工艺,可实现快速施工的目的,没有了密集拉筋带布设的问题,安装和墙背回填碾压施工组织相对要简单许多,墙背开挖量也会减小,墙背布设市政管线不受影响,设计使用寿命满足100年的要求,结构可靠度更高,虽然每米长度工程造价略高于上述几种拉锚式挡土墙,但在其他诸多方面具有无可比拟的优势;竖向预应力锚杆重力式挡土墙,是现场浇筑混凝土重力式

挡墙,且仅适用岩石地基的情况,与模块化挡土墙设计理念、施工工艺、适用范围有根本不同;现有的装配式悬臂挡土墙,是普通钢筋混凝土构件,基础为现浇构件,挡土面板为整体式预制安装构件,由于现有装配式悬臂挡土墙的挡土面板是整体预制块件,缺乏适应挡土墙高度变化的灵活性,因此不能形成标准化模块规模预制生产,一般应用仅限于总高度6米以下的挡土墙;本发明模块化挡土墙,采用竖向高度为0.48m,含砌缝0.5m高的模块,故能根据不同墙高采用不同型号模块进行组装,可灵活地适应墙高变化,且容易适应挡墙墙顶纵坡的变化,可根据墙顶纵坡度,将各层模块按阶梯状安装,层与层之间形成三角形缺口,再通过调整墙顶现浇混凝土的厚度,保持挡墙纵断面与墙顶纵坡度一致;虽然高度6米以下挡土墙,采用一种规格模块存在一些浪费,但对于空心构件来说,这种浪费是不大的,对快速施工意义却较大,结构更加安全可靠;模块化挡土墙与卸荷板、锚索的结合,使其适应的挡土墙高度范围更大,是现有的装配式悬臂挡土墙无法比拟的;装配式扶壁挡土墙,是钢筋混凝土构件,因随墙高变化,结构配筋和结构尺寸变化很大,不能实现标准化规模预制生产,在较陡坡面的地形上也无法应用;模块化挡土墙与装配式扶壁式挡土墙比较,无论是适用的地形、地质条件范围,还是适应墙高变化的能力,都表现更优异,而且每米挡墙长度的造价,模块化挡土墙的经济性优势显著,适合于推广应用;

本发明模块化挡土墙的与现有挡土墙另一个区别是,采用竖向预应力技术,模块化挡土墙采用竖向预应力形成墙背受压的偏心受压墙体,与悬臂梁结构墙背受拉正好相反,对墙体结构受力有利,竖向钢锚杆有控制变形的作用,开口箱的立柱,在竖向和纵向将模块结合为整体,横向刚度显著提高;纵向的高强螺栓,将挡墙分段的模块纵向连成一体,基础与墙体通过钢锚杆、预应力钢绞线构成一个刚体,整体稳定性、可靠性较高,筏式基础使地基应力总体趋于降低,空心构件和高强材料钢绞线的使用,使材料用量较大幅度减少,建筑材料效能有较大提高,由于模块化挡土墙的地基应力普遍较低,从本发明提供的实施例可看出,在墙背回填土和地基土的C、 ϕ 值,基底摩擦系数都取较小值的情况下,基底最大应力一般都在200 KPa以内,这是以往各类高大挡土墙设计施工无法实现的,说明模块化挡土墙适用于较软弱地基,单从这一点讲,就具有较大的现实经济效益,设计地基承载力要求可较大幅度降低,以往挡土墙建造中,墙背通过换填砂砾以提高内摩擦角的普遍做法,采用本发明模块化挡土墙后可取消,只需设置很小厚度透水填料即可,这在河道砂砾日益紧缺价格攀升的背景下,在挡土墙的建造中,可以节省大量的地基处理费用和换填费用,因此,模块化挡土墙还具有较大的潜在经济效益;而基础可以根据地形选择墙趾、墙踵的悬出长度,当墙面外地形较缓,墙背较陡时,采用墙趾悬出的形式,减少墙背原状土的开挖和回填,降低工程造价,当地基为水平或墙背地形较缓时,可选择墙踵悬出长度较大的形式,减小结构物永久占地面积,这种收缩坡脚的方法也适用于陡坡地形,较之现有的扶壁式、悬臂式挡土墙,单一的墙踵悬出的方式,能更灵活的适应地形;模块化挡土墙与卸荷板和锚索相结合,使其适应的挡墙高度范围大幅增加,抵御主动土压力的力学性能方面更合理、更优异,卸荷板起到变不利的土压力为有利的作用,两段式墙宽,形成衡重台,节省了工程投资,分段张拉,使高大挡土墙的墙体安装与墙背回填土能协调施工,加快了施工进度;对设有衡重台的模块化挡土墙,下墙段采用开口箱的构建方法比较有利,虽然开口箱构件在组装时,因现浇立柱和立柱钢筋工作,施工周期有所加长,但成墙后的整体性、挡土墙的横向刚度均有显著提高;对总墙高 $H > 12\text{m}$ 的高大挡墙,体外预应力锚索的引入,力臂大效能高,可靠度高,

对解决高大挡土墙设计难、施工难、费用高的问题,是技术上突破性进步,使高大挡墙的工程建设费用有较大幅降低,同时施工速度快、结构安全可靠;

2. 本发明模块化挡土墙的构建方法,实现了挡土墙的模块化施工,解决了挡土墙设计施工标准化、装配化难的问题,克服了以往高大挡墙设计施工难的问题,较大幅提高了生产建设效率,降低了建设费用成本,适应现代高速度、高质量发展新要求;同时可大幅减少支挡工程松散建筑材料的运输、堆放,现场拌和、浇筑,减少了环境污染点,对发展清洁建设和保护生态环境,具有十分有益的作用;

3. 本发明模块化挡土墙的构建方法,是工厂化生产,产品不会因存放时间较长而失效,可以长期存放,抢险施工时,可取消墙身模块层间的砂浆砌筑,增设地基梁模块,进行快速安装,取消砂浆砌筑后,对挡墙整体安全可靠度影响很小,这对于战备和抢险而言具有十分重要意义,能快速恢复受损的支挡工程或填补缺口,为建筑物提供支护,还可作为钢便桥的临时桥墩使用,对快速恢复损坏的交通运输线十分有益。

附图说明

[0017] 图1为挡土墙墙身箱形模块示意图;
图2为挡土墙墙身开口箱模块示意图;
图3为模块化挡土墙立面布置示意图;
图4为模块化挡土墙平面布置示意图;
图5为模块化挡土墙横断面示意图;
图6为模块化挡土墙开口箱安装立面布置示意图;
图7为模块化挡土墙开口箱安装平面布置示意图;
图8为模块化挡土墙开口箱构件平面示意图;
图9为模块化挡土墙现浇立柱钢筋平面布置示意图;
图10为实施例1高度6米模块化挡土墙立面布置示意图;
图11为实施例1高度6米模块化挡土墙平面布置示意图;
图12为实施例1高度6米模块化挡土墙横断面示意图;
图13为实施例1箱形模块普通钢筋构造平面示意图;
图14为实施例1箱形模块普通钢筋构造立面示意图;
图15为实施例2高度12米模块化挡土墙立面布置示意图;
图16为实施例2高度12米模块化挡土墙横断面示意图;
图17为实施例2高度12米下墙段开口箱模块平面大样示意图;
图18为实施例3高度18米模块化挡土墙立面布置示意图;
图19为实施例3高度18米模块化挡土墙横断面示意图;
图20为实施例3高度18米挡土墙下墙段模块普通钢筋构造平面示意图;

图中:1地面线;2挡墙基础;3竖向环氧涂层钢绞线;4竖向钢锚杆;5模块墙身;6现浇钢筋混凝土墙顶;7现浇钢筋混凝土立柱;8排水管;9反滤包;10基础现浇倒角;11模块纵向连接高强螺栓孔;12回填线;13基础开挖线;14护栏;15竖向钢束压浆PVC横管;16卸荷板预制段;17卸荷板现浇段;18基础抗滑齿墙;19模块填芯碎石土;20吊环;21现浇锚索纵梁;22预应力锚索;23衡重台现浇封顶;24模块纵向 $\Phi 16$ 钢筋;25模块横向 $\Phi 16$ 钢筋;26模块 Φ

12闭合箍筋;27模块Φ16斜筋;28模块立柱竖向钢筋;29伸缩缝。

[0018] 下面结合附图及实施例对发明作进一步说明:

参照图1至图20,挡土墙的地面线1位于拟建挡土墙处,是原状地层纵、横剖面的地表线;挡墙基础2位于模块墙身5的下方,与模块墙身5之间通过竖向环氧涂层钢绞线3和竖向钢锚杆4,以及现浇钢筋混凝土立柱7和模块立柱竖向钢筋28形成刚体,模块挡墙基础2和模块墙身5之间有水泥砂浆粘结,挡墙基础2墙面一侧的下方角点为墙趾点,墙背一侧的下方角点为墙踵点,挡墙基础2埋设于地面线1的下方,墙趾点垂直到地面线1或回填线12的距离为基础埋置深度;竖向环氧涂层钢绞线3位于挡墙基础2和模块墙身5之间、模块墙身5箱形模块墙面和墙背的实体箱壁混凝土中,下方一端以专用锚具锚固于挡墙基础2中,上方一端在张拉后锚固于模块墙身5中,竖向环氧涂层钢绞线3压注水泥浆后,与挡墙基础2和模块墙身5为刚性连接;竖向钢锚杆4位于挡墙基础2和模块墙身5之间、模块墙身5箱形模块墙面和墙背的实体箱壁混凝土中,插入挡墙基础2和模块墙身5的预留锚栓孔中,中间采用接驳器接长,竖向锚栓孔压注掺岩石胶的水泥砂浆后,与挡墙基础2和模块墙身5为刚性连接;模块墙身5位于挡墙基础2和现浇钢筋混凝土墙顶6之间,通过竖向环氧涂层钢绞线3、竖向钢锚杆4、现浇钢筋混凝土立柱7、模块立柱竖向钢筋28与挡墙基础2形成刚体,模块墙身5与现浇钢筋混凝土墙顶6之间为刚性连接,模块墙身5在挡土墙纵向,以模块纵向连接高强螺栓孔的高强螺栓,和现浇钢筋混凝土立柱7以及模块Φ12闭合箍筋26,形成刚性连接,模块墙身5上下层模块之间有水泥砂浆粘结,纵向箱壁之间无水泥砂浆粘结;现浇钢筋混凝土墙顶6位于模块墙身5的顶部,与模块墙身5和护栏14之间均为刚性连接;现浇钢筋混凝土立柱7位于模块墙身5的模块纵向箱壁之间,与模块墙身5为刚性连接,与挡墙基础2和现浇钢筋混凝土墙顶6之间为刚性连接;排水管8位于挡墙横断面方向模块墙身5的箱壁中,与模块墙身5之间为PVC管与混凝土的粘结,排水管8插入反滤包9中,挡墙纵向每个模块布置一根排水管,间距2m,竖向每5层模块,高度2.5m,布置一排;反滤包9位于挡土墙的墙背、排水管8在墙背的端头处,与排水管8为插入连接,与模块墙身5之间无连接;基础现浇倒角10位于挡墙基础2和模块墙身5之间,与挡墙基础2为刚性连接,与模块墙身5为砂浆粘接;模块纵向连接高强螺栓孔11位于模块墙身5纵向的箱壁上,一个箱壁布置4根高强螺栓,距横向内壁边缘 $\geq 150\text{mm}$,距模块顶、底面100mm,对称布置,在纵向将两个模块连接为一体;回填线12位于现浇钢筋混凝土墙顶6的内侧和挡墙基础2墙趾的上方,一般与现浇钢筋混凝土墙顶6的顶面持平,墙趾处则要保证挡墙基础2的埋置深度;基础开挖线13位于挡墙基础2的墙趾、墙踵点的外侧,坡比一般为1:1;护栏14位于现浇钢筋混凝土墙顶6的上方,外立面距挡墙墙面的距离不小于200mm,与现浇钢筋混凝土墙顶6刚性连接;竖向钢束压浆PVC横管15位于挡墙基础2之中,是两个竖向环氧涂层钢绞线3的预留孔之间的连通管,为 $\Phi 75\text{mm}$ PVC管,平面位置在竖向环氧涂层钢绞线3的预留孔中心线上,竖向位置在竖向环氧涂层钢绞线3预留孔的下端头与竖向钢锚杆4预留孔的下端头之间距离的1/2处,挡墙基础2浇筑时,埋入竖向钢束压浆PVC横管15的 $\Phi 75\text{mm}$ PVC管;预制卸荷板16位于下墙段模块墙身5的顶面和上墙段模块墙身5的底面,预制卸荷板16与上下墙的模块墙身5,通过竖向环氧涂层钢绞线3、竖向钢锚杆4、现浇钢筋混凝土立柱7、现浇立柱竖向钢筋28形成刚性连接;现浇卸荷板17位于挡墙墙背回填土中,通过焊接卸荷板顶底面钢筋,浇筑混凝土,与预制卸荷板16形成刚接,同时使预制卸荷板16沿挡墙纵向在此刚接;基础抗滑齿墙18位于挡墙基础2的墙踵下方,与挡墙基础2为

刚性连接;模块填芯碎石土19位于模块墙身5的内部,用于填筑密实模块墙身5的中间空心部分,与模块墙身5和挡墙基础2之间均无连接;吊环20位于模块墙身5的内部,布置在模块墙身5的墙面和墙背的箱壁上,离开箱内倒角100~200mm处,竖向在模块墙身5的模块高度1/2处,墙背、墙面的箱内壁各设2根,共设4根,材料一般为 $\Phi 16$ 钢筋,吊环20与模块墙身5为刚性连接,与模块纵向 $\Phi 16$ 钢筋25、模块 $\Phi 12$ 闭合箍筋26、模块 $\Phi 16$ 斜筋27、竖向环氧涂层钢绞线3、竖向钢锚杆4之间均无连接;现浇锚索纵梁21位于衡重台现浇封顶23和模块墙身5的挡墙墙面的一侧,与衡重台现浇封顶23为刚性连接,与模块墙身5为砂浆连接,与预应力锚索22之间为刚性连接;预应力锚索22位于现浇锚索纵梁21和挡墙内侧的岩土之间,穿过模块墙身5时为无粘结管道连接,与现浇锚索纵梁21为刚性连接,与挡墙内侧的岩石为刚性连接;衡重台现浇封顶23位于上下墙段模块墙身5之间,与上、下墙段模块墙身5之间通过竖向环氧涂层钢绞线3、竖向钢锚杆4,以及模块墙身5顶面预制时扦插的短钢筋形成刚性连接,与现浇锚索纵梁21为刚性连接,与预应力锚索22为无粘结管道连接;模块纵向 $\Phi 16$ 钢筋24位于模块墙身5箱形构件的挡墙横断面的内外箱壁中,距构件顶面、底面、侧面的距离均为50mm,内外箱壁各布置4根,与模块墙身5为刚性连接,与模块横向 $\Phi 16$ 钢筋25、模块 $\Phi 12$ 闭合箍筋26、模块 $\Phi 16$ 斜筋27均为焊接连接;模块横向 $\Phi 16$ 钢筋25位于模块墙身5箱形构件的挡墙纵向箱壁中,即设置模块纵向连接高强螺栓孔11的箱壁中,距构件顶面、底面、侧面的距离均为50mm,两侧箱壁各布置4根,与模块墙身5为刚性连接,与模块纵向 $\Phi 16$ 钢筋24、模块 $\Phi 12$ 闭合箍筋26、模块 $\Phi 16$ 斜筋27、模块立柱竖向钢筋28均为焊接连接;模块 $\Phi 12$ 闭合箍筋26位于模块墙身5箱形构件的四个箱壁中,以及现浇钢筋混凝土立柱7中,距构件顶面、底面、侧面的距离均为50mm,设置间距为200mm,角点处为100mm,与模块墙身5为刚性连接,与模块纵向 $\Phi 16$ 钢筋24、模块横向 $\Phi 16$ 钢筋25、模块 $\Phi 16$ 斜筋27均为焊接连接;模块 $\Phi 16$ 斜筋27位于模块墙身5箱形构件的四个角部,以及现浇钢筋混凝土立柱7中,距构件顶面、底面、侧面的距离均为50mm,每个角顶、底面各设1根,与模块墙身5为刚性连接,与模块纵向 $\Phi 16$ 钢筋24、模块横向 $\Phi 16$ 钢筋25均为焊接连接;模块立柱竖向钢筋28位于现浇钢筋混凝土立柱7中,距构件顶面、底面、侧面的距离均为50mm,在现浇钢筋混凝土立柱7与模块墙身5箱形构件的挡墙横断面的内外箱壁的结合部,各配5~6根,间距80~100mm,在现浇钢筋混凝土立柱7中由模块横向 $\Phi 16$ 钢筋25形成的环形相扣钢筋的角点处各配1根,现浇立柱竖向钢筋28的钢筋直径 $d \geq \Phi 22\text{mm}$,现浇立柱竖向钢筋28与模块横向 $\Phi 16$ 钢筋25为焊接连接,与挡墙基础2中的同规格预埋钢筋为焊接连接;伸缩缝29位于挡土墙模块墙身5和挡墙基础2的纵向的分段处,一个分段长度20~30m,伸缩缝宽度20~30mm,自墙顶至基础贯通,缝内填充低发泡聚乙烯闭孔泡沫。

具体实施方式

[0019] 下面结合实施例对本发明作进一步说明:

实施例1

参照图10至图14,挡土墙高度6米,墙顶坡线为水平,公路I级车道荷载宽度7.5米,墙背填土为粉粘土,容重 $\gamma_0=18.5\text{KN/m}^3$,内摩擦角 $\phi=26^\circ$,内粘聚力 $C=15\text{KPa}$,地基强度为250KPa,地基水平,地基土容重 $\gamma_1=19\text{KN/m}^3$,基底摩擦系数0.35,采用模块化设计该挡墙。

[0020] 设计方法步骤如下:

(1) 采用高度 $H=6\text{m}$ 模块化悬臂式挡土墙,地基为土质地基,非浸水地区,确定基础埋深 1.5m ,确定墙踵基础悬出 $b_3=1.7\text{m}$,墙趾基础悬出 $b_4=1.0\text{m}$,墙面与基础设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$,通过基础模块伸出的预埋钢筋,结合为一体;

(2) 采用I型模块,预制构件长度 $L_0=2\text{m}$,宽度 $b_0=1.3\text{m}$,高度 $h=0.48\text{m}$,墙背箱壁厚度 $b_{11}=0.3\text{m}$,墙面箱壁厚度 $b_{12}=0.35\text{m}$,模块沿挡墙纵向箱壁厚度 $a_1=0.25\text{m}$,箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$,墙顶现浇钢筋混凝土厚度 $h_4=0.4\text{m}$,基础总宽度 $b=4.0\text{m}$;设计计算参数,墙顶填土水平,作用荷载分布宽度 7.5m ,等代土层厚度 0.811m ,墙背填土容重 $\gamma_0=18.5\text{KN/m}^3$,内摩擦角 26° ,内粘聚力 $C=15\text{KPa}$,墙背直立光滑,墙背与填土摩擦角 8.67° ,设计地基强度 250KPa ;

按库伦公式计算土压力得到:

主动土压力 $E_a=121.3\text{KN}$, $E_x=90.4\text{KN}$, $E_y=80.9\text{KN}$,作用点高度 $Z_y=1.405\text{m}$,

整个墙踵上土的重力 70.9KN ,距墙趾的力臂 $Z_{w1}=2.791\text{m}$;

所述的符号意义如下:

E_a —挡土墙墙背主动土压力,单位:KN,

E_x —挡土墙墙背主动土压力的水平分力,单位:KN,

E_y —挡土墙墙背主动土压力的竖向分力,单位:KN,

Z_y —挡土墙墙背主动土压力作用点距基底的高度,单位:m,

Z_{w1} —挡土墙墙踵上土的重力重心距墙趾的距离,单位:m,

计算基底应力分布:

计算挡墙截面形心到墙趾的水平距离 x_0 ,

$x_0=(1.3\times 0.4\times 1.65+0.35\times 4.8\times 1.175+0.3\times 4.8\times 2.15+4.0\times 0.8\times 2.0)/6.84=1.8023\text{米}$;

墙体重力: 13.52KN (墙顶现浇)+ 97.5KN (箱体)+ 83.2KN (基础)= 194.22KN ,

土压力竖向分力 $E_y=80.9\text{KN}$,作用点距墙趾 2.3m ,墙踵上土的重力 70.9KN ,距墙趾的力臂 $Z_{w1}=2.791\text{m}$,土压力水平分力 $E_x=90.4\text{KN}$,作用点距基底 $Z_y=1.405\text{m}$,

总的竖向力: $\Sigma P=346.02\text{KN}$,基础宽度 $b=4\text{m}$,

对地基梁中心($b/2$)的力矩:

$M_p=70.9\times (2.791-2)+80.9\times (2.3-2)+194.22\times (1.8023-2)-90.4\times 1.405=-85.057\text{KN}\cdot\text{m}$ (向墙趾方向转动),

$\sigma_{1,2}=\sigma'\pm\sigma''$;其中 $\sigma'=P/ab$, $\sigma''=6M_p/ab^2=6Pe/ab^2$,条形基础长度方向 a 取 1m ,

$\sigma'=P/b=346.02/4=86.505\text{ KPa}$, $\sigma''=6M_p/b^2=6\times 85.057/4^2=31.896\text{ KPa}$,那么,

地基应力强度:

墙趾 $\sigma_1=86.505+31.896=118.40\text{ KPa}<1.2\times [\sigma_0]=300\text{ KPa}$,地基强度符合;

墙踵 $\sigma_2=86.505-31.896=54.61\text{ KPa}$,

竖向力校核: $(54.61+118.40)\times 4/2=346.02\text{ KN}$,正确,

偏心距: $e=M_p/\Sigma P=85.057/346.02=0.246\text{m}<0.167\times 4=0.67\text{m}$,

抗滑稳定性验算:抗滑力= $346.02\times 0.35=121.11\text{KN}$,

$K_c=121.11/90.4=1.34>1.3$;满足要求。

[0021] 抗倾覆稳定性:

计算对墙址的力矩,倾覆力矩 $=E_x \times 1.405 = 127.01 \text{KN.m}$;

抗倾覆力矩 $=194.22 \times x_0 + E_y \times 2.3 + 70.9 \times Z_{w1} = 733.99 \text{KN.m}$;

抗倾覆安全系数, $K_0 = 733.99 / 127.01 = 5.78 > 1.5$;满足要求。

[0022] (3) 确定模块挡墙钢绞线的配置,标准模块墙背侧每块配2束3根 $\phi^s 12.7$ 环氧涂层钢绞线,墙面侧每块配2束2根 $\phi^s 12.7$ 环氧涂层钢绞线,标准强度1860Mpa,张拉预应力按 $0.6f_{pk}$ 控制,每根钢绞线的张拉应力110.1KN,边块墙背、墙面箱壁各配1束钢绞线,采用在基础锚固,在墙顶一端张拉的张拉方式;

模块墙身5底部的土压力水平力力矩:倾覆力矩 $=90.4 \times (1.405 - 0.6) = 72.77 \text{KN.m}$,

模块墙身5底部的预应力力矩:预应力力矩 $=110.1 \times 1.15 = 126.62 \text{KN.m}$,

每个标准模块配 $\Phi 28 \text{HRB400}$ 竖向钢锚杆8根,墙背、墙面箱壁各4根,每根长度5.5米,伸入地基板中0.35米,预留孔直径 $\Phi 120 \text{mm}$,接驳器连接,孔内灌注1:2掺岩石胶砂浆;

墙身抗剪验算: $E_x = 90.4 \text{KN}$,每个块件配8根 $\Phi 28$ 钢锚杆(未计入纵向连接高强螺栓的抗剪),每米4根,容许剪应力: $4 \times 615.8 / 10^6 \times 330000 \times 0.4 = 325.1 \text{KN}$,墙身抗剪强度满足要求;

模块普通钢筋配置:沿模块 L_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16 \text{HRB400}$ 钢筋,每根长度1.9m;沿模块 b_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16 \text{HRB400}$ 钢筋,L型,每根长度 $1.2 + 0.4 = 1.6 \text{m}$;箍筋采用 $\Phi 12 \text{HRB400}$ 闭合箍筋,间距0.2m,角部间距0.1m,长度分别为1.42m、1.32m、1.22m;顶底面四个角共配8根 $\Phi 16 \text{HRB400}$ 斜筋,每根长度1.1m;箱体内壁设4根 $\Phi 16$ 吊环,每根长度0.65m;在钢绞线锚具前端,配 $100 \text{mm} \times 100 \text{mm}$ 的 $\Phi 8$ 钢筋网片2个,间距150mm。

[0023] 纵向连接螺栓:每个模块单侧箱壁配4根M24高强螺栓;

现浇钢筋混凝土基础的配筋为,基础底面配 $\Phi 22 \text{HRB400}$ 钢筋,基础顶面配 $\Phi 20 \text{HRB400}$ 钢筋,长度为3.9m,间距均为200mm,分布钢筋采用 $\Phi 12 \text{HRB400}$ 钢筋,间距200mm,基础倒角配 $\Phi 16 \text{HRB400}$ 钢筋,间距200mm。

[0024] (4) 采用C30钢筋混凝土I型预制模块,预留钢锚杆和预应力钢束孔、螺栓孔,按排水孔布置预留排水管孔,每个标准模块 0.79m^3 重约1.98t,汽车吊吊装,在现场按边模块、标准模块错缝安装,安装时,对齐锚栓孔、钢绞线孔,每层间铺筑20mm厚的1:2水泥砂浆,安插竖向钢锚杆,可按2次安插,接驳器连接接长,钢锚杆竖向接缝错开0.5m,锚栓孔灌注岩石胶砂浆,捣固密实;每层模块砌筑安装就位后将纵向连接高强螺栓紧固,并作防锈密封处理;钢绞线在基础封锚,模块穿索,墙顶模块安装完成后,张拉竖向预应力钢绞线,压浆封锚;

现浇墙顶和护栏C30钢筋混凝土,将墙顶现浇混凝土配置的纵、横向钢筋,与顶层模块箱壁顶面伸出的预埋钢筋焊接,使现浇层和模块浇筑成一体;墙背分层回填碾压,挡墙墙背填土可按安装高度的一半进行施工,处理排水管和反滤包,最下一排排水管布置在墙面地平以上0.3m左右,采用 $\Phi 75 \text{mm PVC}$ 管,横向坡度3%,预制墙体块件时预留管孔,排水管纵向间距2m,竖向排距2.5m,梅花型布置;墙背分层回填碾压至墙顶,进行墙面修整,完成模块化挡土墙施工。

[0025] 实施例2

参照图15至图17,挡土墙高度12米,墙顶坡线为水平,公路I级车道荷载宽度7.5米,墙背填土为粉粘土,容重 $\gamma_0 = 18.5 \text{KN/m}^3$,内摩擦角 26° ,内粘聚力 $C = 15 \text{KPa}$,地基水平,地

基土容重 $\gamma_1=20\text{KN/m}^3$, 基底摩擦系数0.4, 试采用模块化设计该挡墙。

[0026] 方法步骤如下:

(1) 挡土墙的总高度 $H=12\text{m}$, 土质地基, 非浸水地区, 确定基础埋深 2.5m , 采用墙址基础悬出 $b_4=2.5\text{m}$, 踵基础悬出 $b_3=1.0\text{m}$, 墙面与基础设现浇倒角 $u=0.5\text{m}$, $v=0.5\text{m}$; 在距基底 $h_5=7.3\text{m}$ 处设预制卸荷板;

(2) 采用高度 $H=12\text{m}$ 模块化卸荷板式挡土墙, 下墙段采用开口箱预制构件, 长度 $L_0=2\text{m}$, 宽度 $b_{01}=2.2\text{m}$, 高度 $h=0.48\text{m}$, 墙背箱壁厚度 $b_{11}=0.4\text{m}$, 墙面箱壁厚度 $b_{12}=0.5\text{m}$, 挡墙纵向箱壁厚度 $a_1=0.3\text{m}$, 一端开口长度 1.1m , 安装时浇筑 $1.1\times 0.6\text{m}$ 的立柱, 箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$, 预制块件重约 2.65t , 墙顶现浇钢筋混凝土厚度 $h_4=0.2\text{m}$, 基础总宽度 $b=5.7\text{m}$, 齿墙尺寸 $b_5=1.0\text{m}$, $h_3=0.6\text{m}$, 布置在墙踵处; 上墙段采用I型标准构件, 预制构件长度 $L_0=2\text{m}$, 宽度 $b_{02}=1.3\text{m}$, 高度 $h=0.5\text{m}$, 墙背箱壁厚度 $b_{21}=0.3\text{m}$, 墙面箱壁厚度 $b_{22}=0.35\text{m}$, 挡墙纵向箱壁厚度 $a_2=0.25\text{m}$, 箱体内壁四个角设倒角, $x=0.1\text{m}$, $y=0.1\text{m}$, 预制块件重约 1.98t ; 卸荷板布置在距基底 $h_5=7.3\text{m}$ 处, 悬出 $b_8=2.3\text{m}$, 衡重台总宽度 $b_7=3.2\text{m}$, 卸荷板端头高度 $h_6=0.35\text{m}$, 根部高度 $h_7=0.5\text{m}$, 变化段长度 $b_9=1.5\text{m}$; 设计计算参数, 墙顶填土水平, 作用荷载分布宽度 7.5m , 等代土层厚度 0.541m , 墙背填土容重 $\gamma_0=18.5\text{KN/m}^3$, 内摩擦角 26° , 内粘聚力 $C=15\text{KPa}$, 墙背直立光滑, 墙背与填土摩擦角 8.67° , 基底摩擦系数0.4, 基底作厚度2米砂砾或岩渣换填, 设计地基强度 $[\sigma_0]=300\text{KPa}$; 上、下墙段模块的中空部分均填筑碎石土芯土, 容重 $\gamma_0=20\text{KN/m}^3$;

按库伦公式计算得到土压力计算结果:

位置	E_a (kN)	E_x (kN)	E_y (kN)	Z_y (m)	Z_x (m)
上墙土压力	128.139	63.586	111.249	8.121	6.441
卸荷板端部土压力	12.830	12.683	1.934	7.050	7.000
下墙土压力	174.484	172.490	26.302	3.400	4.700

卸荷板上填料重(包括超载) $=139.120$ (kN) 重心坐标 (2.367, -3.133) (相对于墙面坡上角点);

上墙段模块填筑芯土的重力 43.88 (kN), 重心距墙趾的距离为 3.175m , 下墙段模块填筑芯土的重力 105.56 (kN), 重心距墙趾的距离为 3.65m ;

所述的符号意义如下:

E_a —挡土墙墙背主动土压力, 单位: kN,

E_x —挡土墙墙背主动土压力的水平分力, 单位: kN,

E_y —挡土墙墙背主动土压力的竖向分力, 单位: kN,

Z_y —挡土墙墙背主动土压力作用点距基底的高度, 单位: m,

Z_x —挡土墙墙背主动土压力作用点到墙趾的水平距离, 单位: m,

Z_{w1} —挡土墙卸荷板上土体的重心到墙趾的水平距离, 单位: m;

计算基底应力及分布:

计算挡墙截面形心到墙趾的距离 x_0 ,

$$x_0=(1.3\times 0.2\times 3.15+0.35\times 4.5\times 2.675+0.3\times 4.5\times 3.65+3.0\times 0.5\times 4.0+1.5\times 0.35\times 6.25+1.5\times 0.15\times 6.0/2+5.8\times 0.5\times 2.75+5.8\times 0.4\times 4.5+5.7\times 1.0\times 2.85+1.0\times 0.6\times 5.2+0.5\times 0.5/2\times 2.3333)/16.97=3.4176\text{米};$$

墙体重力 $16.97 \times 25 = 424.25 \text{ kN}$,土压力竖向分力 $\Sigma E_y = 139.485 \text{ kN}$,卸荷板上土的重力 139.12 kN ,距墙趾的力臂 $Z_{w1} = 4.867 \text{ m}$,填筑芯土的重力 149.44 kN ,土压力水平分力 $\Sigma E_x = 248.76 \text{ kN}$,

总的竖向力: $\Sigma P = 424.25 + 139.49 + 139.12 + 149.44 = 852.3 \text{ kN}$, $b = 5.7 \text{ m}$,

对地基梁中心($b/2$)的力矩:

$M_p = 111.249 \times (6.441 - 2.85) + 1.934 \times (7.0 - 2.85) + 26.302 \times (4.7 - 2.85) + 139.12 \times (4.867 - 2.85) + 43.88 \times (3.175 - 2.85) + 105.56 \times (3.65 - 2.85) + 424.25 \times (3.4176 - 2.85) - 63.586 \times 8.121 - 12.683 \times 7.05 - 172.49 \times 3.4 = 1076.3 - 1192.26 = -115.96 \text{ kN.m}$, (向墙趾方向转动),

$$\sigma_{1,2} = \sigma' \pm \sigma'';$$

$$\sigma' = P/ab,$$

$$\sigma'' = 6M_p/ab^2 = 6Pe/ab^2, \text{条形基础长度方向} a \text{取} 1 \text{ m},$$

$$\sigma' = P/b = 852.3/5.7 = 149.53 \text{ kPa}, \sigma'' = 6M_p/b^2 = 6 \times 115.96/5.7^2 = 21.41 \text{ kPa},$$

地基应力强度:

$$\text{墙趾 } \sigma_1 = 149.53 + 21.41 = 170.94 \text{ kPa} < 1.2 \times [\sigma_0] = 360 \text{ kPa}, \text{地基强度符合};$$

$$\text{墙踵 } \sigma_2 = 149.53 - 21.41 = 128.12 \text{ kPa},$$

竖向力校核: $(128.12 + 170.94) \times 5.7/2 = 852.32 \text{ kN}$, 正确;

$$\text{偏心距: } e = M_p/\Sigma P = 115.96/852.3 = 0.136 \text{ m} < 0.167 \times 5.7 = 0.95 \text{ m},$$

抗滑稳定性验算: 总滑动力 $\Sigma E_x = 248.76 \text{ kN}$,

$$\text{抗滑力 } f_1 = 852.3 \times 0.4 = 340.92 \text{ kN},$$

$$K_c = 340.92/248.76 = 1.37 > 1.3, \text{满足要求};$$

抗倾覆稳定性:

$$\text{计算对墙趾的力矩, 倾覆力矩} = 1192.26 \text{ kN.m};$$

$$\text{抗倾覆力矩} = 111.249 \times 6.441 + 1.934 \times 7.0 + 26.302 \times 4.7 + 139.12 \times 4.867 + 43.88 \times 3.175 + 105.56 \times 3.65 + 424.25 \times 3.4176 = 3505.34 \text{ kN.m};$$

$$\text{抗倾覆安全系数, } K_0 = 3505.34/1192.26 = 2.94 > 1.5; \text{满足要求}.$$

[0027] (3) 确定模块挡墙钢绞线的配置根数、位置, 下墙段墙背侧每块配2束4根 $\phi^s 15.2$ 环氧涂层钢绞线, 墙面侧每块配2束2根 $\phi^s 15.2$ 环氧涂层钢绞线, 标准强度 1860 MPa , 张拉预应力按 $0.75f_{pk}$ 控制, 每根钢绞线的张拉应力 193.9 kN ,

$$\text{下墙段模块墙身底部的土压力水平力力矩: 倾覆力矩} = 63.586 \times 7.321 + 12.683 \times 6.25 + 172.49 \times 2.6 = 993.26 \text{ kN.m},$$

$$\text{下墙段模块墙身底部的预应力力矩: 预应力力矩} = 2 \times 193.9 \times 2.05 = 795 \text{ kN.m};$$

下墙段预应力钢绞线锚固于挡墙基础中, 张拉端锚固于卸荷板中;

上墙段墙背侧每块配2束3根 $\phi^s 12.7$ 环氧涂层钢绞线, 墙面侧每块配2束2根 $\phi^s 12.7$ 环氧涂层钢绞线, 标准强度 1860 MPa , 张拉预应力按 $0.6f_{pk}$ 控制, 每根钢绞线的张拉应力 110.1 kN ,

$$\text{上墙段模块墙身底部的土压力力矩: 倾覆力矩} = 63.586 \times (8.121 - 7.3) = 52.2 \text{ kN.m},$$

$$\text{上墙段模块墙身底部的预应力力矩: 预应力力矩} = 110.1 \times 1.15 = 126.62 \text{ kN.m},$$

上墙段预应力钢绞线一端锚固于卸荷板中,张拉端锚固于预制模块箱壁中;

下墙段每块配竖向8根 $\Phi 32$ HRB400钢锚杆,每根长度6.8米,伸入地基板中0.35米,预留孔直径 $\Phi 120$ mm;

上墙段每块配竖向8根 $\Phi 28$ HRB400钢锚杆,每根长度5.0米,伸入卸荷板中0.35米,预留孔直径 $\Phi 120$ mm;

模块普通钢筋配置:上墙段沿模块 L_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16$ HRB400钢筋,每根长度1.9m,沿模块 b_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16$ HRB400钢筋,每根长度1.6m,采用 $\Phi 12$ HRB400闭合箍筋,间距0.2m,角部间距0.1m,长度分别为1.42m、1.32m、1.22m顶底面四个角共配8根 $\Phi 16$ HRB400斜筋,每根长度1.1m,箱体内壁设4根 $\Phi 16$ 吊环,每根长度0.65m;纵向连接高强螺栓:每个模块单侧配4根M24高强螺栓;

下墙段沿模块 L_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16$ HRB400钢筋,每根长度1.9m,沿模块 b_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16$ HRB400钢筋,每根长度2.5m,开口段钢筋伸出构件0.73m,做成闭合筋,模块 $\Phi 12$ 闭合箍筋26采用 $\Phi 12$ HRB400闭合箍筋,间距0.2m,角部间距0.1m,长度分别为1.72m、1.52m、1.32m,顶、底面四个角共配8根 $\Phi 16$ HRB400斜筋,每根长度1.3m,箱体内壁设4根 $\Phi 16$ 吊环,每根长度0.65m;钢筋距边缘保护层厚度50mm,单面焊接长度10d;

下墙段模块为开口箱预制构件,安装时设1.1m(横断面方向) $\times$ 0.6m(挡墙纵向)的现浇立柱,现浇立柱配筋为:沿预制构件边缘纵向配6根 $\Phi 22$ HRB400钢筋,墙背侧、墙面侧共配12根,间距0.1m,沿挡墙横断面方向单边配4根 $\Phi 22$ HRB400钢筋,共配8根,其中4根设置在箱壁 $\Phi 16$ 钢筋形成的闭合环的角内侧,间距分别为0.18m和0.37m,立柱竖向钢筋长度6.4m,通长布置,其中伸入地基梁中0.4m,按2m高度左右接驳器连接一次,50%的接头错开0.5m,按2m高度左右浇筑一次立柱混凝土;模块的 $\Phi 16$ 斜筋,预制时伸出构件外,立柱浇筑前与箱壁 $\Phi 16$ 钢筋焊接;箱壁的 $\Phi 12$ 箍筋,合成一个闭合箍筋,布置间距不变;

纵向连接螺栓:每个模块单侧配4根M24高强螺栓;现浇立柱处取消螺栓连接;

卸荷板采用预制C30钢筋混凝土实心板,总长度4.5米,分为长度2.2米预制和2.3米现浇段,预制宽度1米,厚度0.5米,现浇段长度2.3米,厚度0.35~0.5米,待挡墙墙背回填至卸荷板高度后,焊接与预制段的钢筋,浇筑混凝土;卸荷板配HRB400普通钢筋,顶面每米宽度配6根 $\Phi 20$ 钢筋,间距180mm,保护层厚度50mm,底面每米宽度配6根 $\Phi 16$ 钢筋,间距180mm,保护层厚度50mm,沿挡墙纵向分布筋采用 $\Phi 12$,间距200mm,净保护层厚度30mm;

卸荷板验算,采用C30混凝土,卸荷板悬出长度 $l_0=2.3$ 米,板端头厚度0.35米,根部厚度0.5米,钢筋中心至边缘距离50mm,卸荷板以上填土高度4.7米,计算容重 20KN/m^3 ,结构重要度系数1.0,恒载系数1.2,车辆荷载等代土层厚度0.541米,则作用在悬臂板的均布荷载集度, $q_0=(4.7+0.541)\times 20\times 1.2=125.8\text{KN/m}$,设计弯矩:

$M_d = q_0 \times l_0^2 / 2 = 125.8 \times 2.3^2 / 2 = 332.74 \text{ KN}\cdot\text{m}$,板底面每米配6根 $\Phi 16$,则受压区高度, $x=0.029\text{m}$,板顶面配筋计算面积:

$A_g = 13800 \times 1.0 \times 0.029 / 330000 = 1213\text{mm}^2$,配6根 $\Phi 16$ 面积为1207 mm^2 即可,每米实配6根 $\Phi 20$ 面积1885.2 mm^2 ,满足要求;

现浇钢筋混凝土基础的配筋为,基础底面配 $\Phi 25$ HRB400钢筋,基础顶面配 $\Phi 20$ HRB400钢筋,长度为5.6m,间距均为200mm,分布钢筋采用 $\Phi 12$ HRB400钢筋,间距200mm,基础倒角配 $\Phi 16$ HRB400钢筋,间距200mm。

[0028] (4) 预制C30钢筋混凝土模块,下墙段开口箱为一种规格,安装时竖向为通缝,上墙段为I型箱型构件,分边块和标准模块,安装时竖向错缝安装;模块预制时预留钢锚杆和预应力钢束孔、螺栓孔,按排水孔布置预留排水管孔,下墙段开口箱标准块件 1.06m^3 重约 2.65t ;采用汽车吊吊装,在现场进行组装,竖向每层间铺筑厚度 20mm 的水泥砂浆,安装时,挡墙墙背填土可按安装高度的一半进行,下墙段预应力钢束张拉后,可回填至卸荷板高度,箱体内部土回填,随挡墙安装高度同时进行,小型打夯机压实;安插竖向钢锚杆,下墙段可按2次安插,接驳器连接接长,接缝错开 0.5m ,上墙段可一次安插,锚栓孔灌注1:2岩石胶砂浆,捣固密实;安装时,钢绞线在基础封锚,模块穿索,按分段安装高度浇筑现浇钢筋混凝土立柱7,卸荷板模块安装完成后,张拉预应力钢束,压浆封锚,然后浇筑卸荷板现浇段,安装上墙段模块,张拉预应力钢束,压浆封锚,上墙段墙背回填碾压;

现浇挡土墙封顶和护栏C30钢筋混凝土,挖除临时回填土或拆除支架,处理排水管和反滤包,排水管布置在墙面地平以上 0.3m 左右,采用 $\Phi 75\text{mm}$ PVC管,横向坡度 3% ,预制墙体模块时预留管孔,排水管纵向间距 2m ,竖向排距 2.5m ,梅花型布置;墙背分层回填碾压至墙顶,进行墙面修整,完成模块化挡土墙施工。

[0029] 实施例3

参照图18至图20,挡土墙高度 18m ,墙顶坡线为水平,公路I级车道荷载宽度 7.5m ,墙背填土为粉粘土,容重 $\gamma_0=18.5\text{KN}/\text{m}^3$,内摩擦角 26° ,内粘聚力 $C=15\text{KPa}$,地基水平,地基土容重 $\gamma_1=19\text{KN}/\text{m}^3$,基底摩擦系数 0.35 ,采用模块化设计该挡墙。

[0030] 方法步骤如下:

(1) 挡土墙总高度 $H=18\text{m}$,土质地基,非浸水地区,设计基础埋深 3.0m ,墙踵基础悬出 $b_3=3.0\text{m}$,墙趾基础悬出 $b_4=1.5\text{m}$,墙面基础设倒角 $u=0.5\text{m}\times v=0.5\text{m}$;在距基底 11.6m 处设预应力锚索,

(2) 采用锚索+模块化悬臂挡墙,挡墙总高度 $H=18\text{m}$,上墙段墙高 6.2m ,下墙段墙高 $h_5=11.8\text{m}$,衡重台宽 $b_7=1.9\text{m}$,衡重台采用厚度 0.4m 的钢筋混凝土现浇板,与锚索纵梁浇筑为一个整体;上墙段采用I型标准模块,预制构件尺寸: $L_0=2\text{m}$, $b_{02}=1.3\text{m}$, $h=0.48\text{m}$,墙背箱壁厚度 $b_{21}=0.3\text{m}$,墙面箱壁厚度 $b_{22}=0.35\text{m}$,挡墙纵向箱壁厚度 $a_2=0.25\text{m}$;下墙段为非标模块,预制构件尺寸: $L_0=2\text{m}$, $b_{01}=3.2\text{m}$, $h=0.48\text{m}$, $b_{11}=0.4\text{m}$, $b_{12}=0.5\text{m}$, $a_1=0.3\text{m}$,墙宽方向中间设横隔板厚度 0.3m ,墙顶现浇钢筋混凝土厚度 $h_4=0.2\text{m}$,基础总宽度 $b=7.7\text{m}$, $h_1=1.2\text{m}$, $h_2=0.8\text{m}$,基础变高段 $b_6=2\text{m}$,齿墙宽度 $b_5=1.5\text{m}$,厚度 $h_3=1.0\text{m}$,布置在墙踵处;预应力锚索布置在距基底 11.6m 处,采用 $\Phi 150\text{mm}$ 锚索,索长 $L_m=40\text{m}$,与水平面夹角 $\alpha=20^\circ$;设计计算参数,墙顶填土水平,作用荷载分布宽度 7.5m ,等代土层厚度 0.541m ,墙背填土容重 $\gamma_0=18.5\text{KN}/\text{m}^3$,内摩擦角 26° ,内粘聚力 $C=15\text{KPa}$,墙背直立光滑,墙背与填土摩擦角 8.67° ,设计地基强度 500KPa ;

按库伦公式计算得到土压力计算结果:

上墙段土压力

$E_a=118.120\text{ (kN)}$ $E_x=86.334\text{ (kN)}$ $E_y=80.614\text{ (kN)}$,

作用点高度 $Z_y=1.306\text{ (m)}$ (距基底总高度 13.106m);

下墙段土压力

$E_a=666.398\text{ (kN)}$ $E_x=658.783\text{ (kN)}$ $E_y=100.455\text{ (kN)}$,作用点高度 $Z_y=4.987\text{ (m)}$,

衡重台上填料重(包括超载) = 108.965 (kN) 重心坐标 $(1.933, -4.133)$ (相对于

墙面坡上角点)；

所述的符号意义如下：

E_a —挡土墙墙背主动土压力,单位:KN,

E_x —挡土墙墙背主动土压力的水平分力,单位:KN,

E_y —挡土墙墙背主动土压力的竖向分力,单位:KN,

Z_y —挡土墙墙背主动土压力作用点距基底的高度,单位:m,

Z_x —挡土墙墙背主动土压力作用点到墙趾的水平距离,单位:m,

Z_{w1} —挡土墙衡重台上土体的重心到墙趾的水平距离,单位:m;

计算基底应力分布：

计算截面形心 x_0 距墙趾的距离，

$$x_0 = (1.3 \times 0.2 \times 2.15 + 0.35 \times 6.0 \times 1.675 + 0.3 \times 6.0 \times 2.65 + 3.2 \times 0.4 \times 3.1 + 0.5 \times 10.2 \times 1.75 + 0.3 \times 10.2 \times 3.15 + 0.4 \times 10.2 \times 4.5 + 5.7 \times 1.2 \times 2.85 + 2 \times 0.8 \times 6.7 + 2 \times 0.4 / 2 \times 6.3667 + 1.5 \times 1.0 \times 6.95 + 0.5 \times 0.5 / 2 \times 1.3333 + 0.4 \times 1.1 \times 1.3) / 28.58 = 93.6628 / 28.58 = 3.2772 \text{米};$$

墙体重力 $28.58 \times 25 = 714.5 \text{KN}$,土压力竖向分力 $\Sigma E_y = 181.069 \text{KN}$,衡重台上土的重力 108.965KN ,到墙趾的水平距离 $Z_{w1} = 3.433 \text{m}$,土压力水平分力 $\Sigma E_x = 745.117 \text{KN}$,

锚索设置,沿纵向每4米配置1根索,每索配10根 $\Phi^{s15.2}$ 钢绞线,标准强度 1860MPa ,张拉预应力按 $0.75f_{pk}$ 控制,每根钢绞线的张拉应力 193.9KN ,

每根索力 $10 \times 193.9 = 1939 \text{KN}$,锚索水平倾斜角 20° ,水平力 1822.064KN ,竖向力 663.177KN ,折合纵向1米的水平力 455.516KN ,竖向力 165.794KN ,作用点在距基底 11.6米 处。

[0031] 总的竖向力： $\Sigma P = 714.5 + 181.069 + 108.965 + 165.794 = 1170.33 \text{KN}$,

计入锚索水平力后的总的水平力： $\Sigma E_x = 745.117 - 455.516 = 289.60 \text{KN}$,

$$\sigma_{1,2} = \sigma' \pm \sigma'', \sigma' = P/b, \sigma'' = 6M_p/b^2,$$

$$\sigma' = P/b = 1170.33/7.7 = 151.99,$$

对地基梁中心($b/2 = 3.6 \text{m}$)的力矩：

$$M_p = 80.614 \times (2.8 - 3.85) + 100.455 \times (4.7 - 3.85) + 108.965 \times (3.433 - 3.85) + 165.794 \times (1.5 - 3.85) + 714.5 \times (3.2772 - 3.85) + 455.516 \times 11.6 - 86.334 \times 13.106 - 658.783 \times 4.987 = 23.564 \text{KN.m}, (\text{向墙踵方向转动}),$$

$$\sigma'' = 6M_p/b^2 = 6 \times 23.564/7.7^2 = 2.38,$$

$$\text{墙趾处: } \sigma_1 = 151.99 - 2.38 = 149.61 \text{KPa}$$

$$\text{墙踵处: } \sigma_2 = 151.99 + 2.38 = 154.37 < 1.2 \times [\sigma_0] = 600 \text{KPa}, \text{地基强度符合};$$

竖向力校核： $(154.37 + 149.61) \times 7.7/2 = 1170.32 \text{KN}$,正确；

$$\text{偏心距: } e = M_p/\Sigma P = 23.564/1170.33 = 0.02 \text{m} < 0.167 \times 7.7 = 1.29 \text{m},$$

抗滑稳定性验算：总滑动力 $\Sigma E_x = 745.117 - 455.516 = 289.60 \text{KN}$,

$$\text{抗滑力 } f_1 = 1170.33 \times 0.35 = 409.62 \text{KN},$$

$$K_c = 409.62/289.60 = 1.41 > 1.3, \text{满足要求};$$

抗倾覆稳定性：

$$\text{计算对墙趾的力矩,倾覆力矩 } M_p = 86.334 \times 13.106 + 658.783 \times 4.987 =$$

4416.8KN.m,

抗倾覆力矩 $M_K=80.614 \times 2.8+100.455 \times 4.7+108.965 \times 3.433+165.794 \times 1.5+714.5 \times 3.2772+455.516 \times 11.6=8946.17\text{KN.m}$;

抗倾覆安全系数, $K_0=8946.17/4416.8=2.03>1.5$;满足要求。

[0032] 锚索抗拉拔验算:

锚索锚固长度36.5米,在墙背回填段13米,索周极限摩阻强度60KPa,进入原状土层23.5米,索周极限摩阻强度200KPa,索拉拔力 $f_1=1939\text{KN}$,索径150mm,抗拉拔力,

$f_2=0.15 \times \pi (13 \times 60+23.5 \times 200)=2582\text{KN}$,

$f_2/f_1=2582/1939=1.33$,满足要求;

若遇基岩,锚索入岩10~15m即可满足要求。

[0033] (3) 确定钢绞线的配置根数、位置,下墙段墙背侧每块配2束3根 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线,墙面侧每块配2束3根 $\phi^{s15.2}$ 环氧涂层钢绞线,标准强度1860MPa,张拉预应力按 $0.75f_{pk}$ 控制,每根钢绞线的张拉应力193.9KN,

下墙段模块墙身底部的作用力矩:倾覆力矩 $=455.516 \times 10.8-86.334 \times 12.306-658.783 \times 4.187=1098.82\text{KN.m}$,墙背箱壁受压、墙面受拉;

下墙段墙身竖向预应力力矩:0;

墙面箱壁竖向预应力钢绞线受拉,应力强度为850 MPa<1395 MPa;

下墙段预应力钢绞线锚固于挡墙基础中,张拉端锚固于现浇衡重台中;

上墙段墙背侧每块配2束3根 $\phi^{s12.7}$ 环氧涂层钢绞线,墙面侧每块配2束2根 $\phi^{s12.7}$ 环氧涂层钢绞线,标准强度1860MPa,张拉预应力按 $0.6f_{pk}$ 控制,每根钢绞线的张拉应力110.1KN,

上墙段衡重台顶面的土压力力矩:倾覆力矩 $=-86.334 \times 1.306=-112.75 \text{ KN.m}$,

上墙段衡重台顶面的预应力力矩:预应力力矩 $=110.1 \times 1.15=126.62\text{KN.m}$,

上墙段预应力钢绞线锚固于衡重台实体板中,张拉端锚固于预制模块箱壁中;

下墙段每块配竖向8根 $\Phi 32\text{HRB400}$ 钢锚杆,每根长度11.2米,伸入地基梁中0.6米,预留孔直径 $\Phi 120\text{mm}$;

上墙段每块配竖向8根 $\Phi 28\text{HRB400}$ 钢锚杆,每根长度6.5米,伸入衡重台实体板中0.35米,预留孔直径 $\Phi 120\text{mm}$;

模块普通钢筋配置:上墙段沿模块 L_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋,每根长度1.9m,沿模块 b_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 16\text{HRB400}$ 钢筋,每根长度1.6m,采用 $\Phi 12\text{HRB400}$ 闭合箍筋,间距0.2m,角部间距0.1m,长度分别为1.42m、1.32m、1.22m顶底面四个角共配8根 $\Phi 16\text{HRB400}$ 斜筋,每根长度1.1m,箱体内壁设4根 $\Phi 16$ 吊环,每根长度0.65m;纵向连接高强螺栓:每个模块单侧配4根M24高强螺栓;

下墙段沿模块 L_0 方向顶底面各配6根 $\Phi 20\text{HRB400}$ 钢筋,每根长度1.9m,沿模块 b_0 方向顶底面各配4根 $\Phi 20\text{HRB400}$ 钢筋,每根长度3.5m,采用 $\Phi 12\text{HRB400}$ 闭合箍筋,间距0.2m,角部间距0.1m,顶底面四角共配16根 $\Phi 16\text{HRB400}$ 斜筋,长度分别为1.3m、1.15m,箱体内壁设4根 $\Phi 20$ 吊环,每根长度0.75m;钢筋距边缘保护层厚度50mm,单面焊接长度10d;

纵向连接螺栓:上墙段每个模块单侧配4根M24高强螺栓,下墙段每个模块单侧配6根M28高强螺栓;

衡重台采用C30钢筋混凝土实心板,长度3.2m,厚度0.4m,衡重台实心板配HRB400普通钢筋,顶面沿挡墙纵向每米宽度配6根 $\Phi 12$ 钢筋,间距180mm,保护层厚度50mm,底面沿挡墙纵向每米宽度配6根 $\Phi 16$ 钢筋,间距180mm,保护层厚度50mm,箍筋配 $\Phi 12$ 钢筋,间距200mm,净保护层厚度30mm;衡重台现浇板钢筋与下墙段顶层模块顶面伸出的竖向钢筋焊接为一体;衡重台顶底板钢筋伸入锚索纵梁并焊接为一体,一同浇筑;

现浇钢筋混凝土基础的配筋为,基础底面配 $\Phi 28$ HRB400钢筋、基础顶面配 $\Phi 22$ HRB400钢筋,长度为7.6m,间距均为200mm,分布钢筋采用 $\Phi 12$ HRB400钢筋,间距200mm,基础倒角配 $\Phi 16$ HRB400钢筋,间距200mm。

[0034] (4) 预制C30钢筋混凝土模块,预留钢锚杆和预应力钢束孔、螺栓孔,按排水孔布置预留排水管孔,下墙段预制时还应注意预留锚索孔,下墙段箱体每块 1.8m^3 重约4.5t;衡重台实心板整体现浇,长度3.2m,厚度0.4m;模块汽车吊吊装,在现场进行组装,安装时,挡墙墙背填土可按安装高度的一半进行,安插竖向钢锚杆,也可分段安插,接驳器连接,钢锚杆竖向接缝错开0.5m,钢锚杆孔灌注岩石胶砂浆,捣固密实;安装时,钢绞线在基础封锚,模块穿索,衡重台下的模块安装完成后,张拉下墙段预应力钢束,压浆封锚;墙背回填碾压至衡重台高度,下墙段预应力钢束张拉完成;上墙段安装1米高后,可进行锚索钻孔、注浆,分两阶段张拉钢绞线,锚索钢绞线第一次张拉后,墙背回填碾压至墙顶,再进行锚索钢绞线第二次张拉,压浆封锚;

现浇墙顶和护栏C30钢筋混凝土,挖除临时回填土或拆除支架,处理排水管和反滤包,排水管布置在墙面地平以上0.3米左右,采用 $\Phi 75\text{mm}$ PVC管,横向坡度3%,预制墙体块件时预留管孔,排水管纵向间距2米,竖向排距2.5米,梅花型布置;墙背分层回填碾压至墙顶,进行墙面修整,完成模块化挡土墙施工。

[0035] 以上记载,仅为利用本发明技术内容的实施例,任何熟悉本项技术/技艺者运用本发明所做的修饰、变化,皆属本创作主张的专利范围,而限于实施例所揭示者。

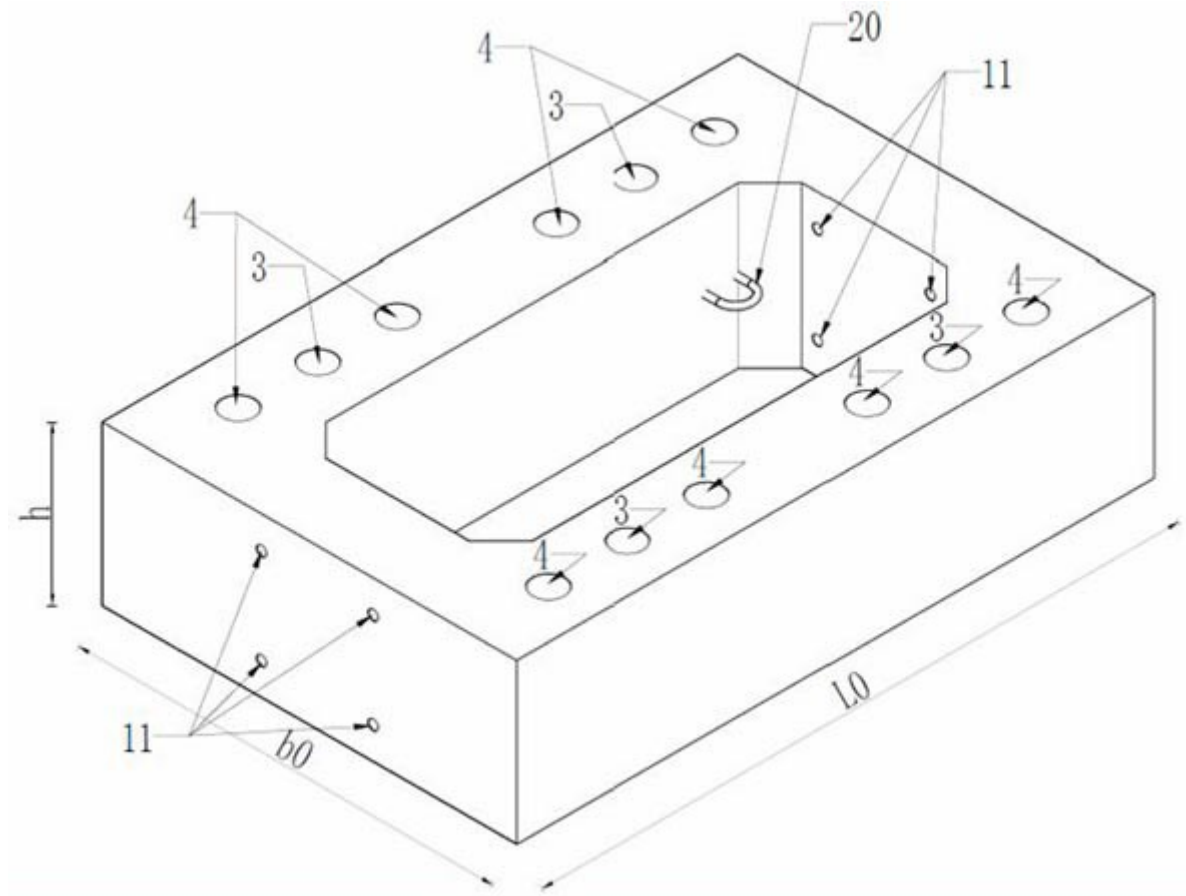


图1

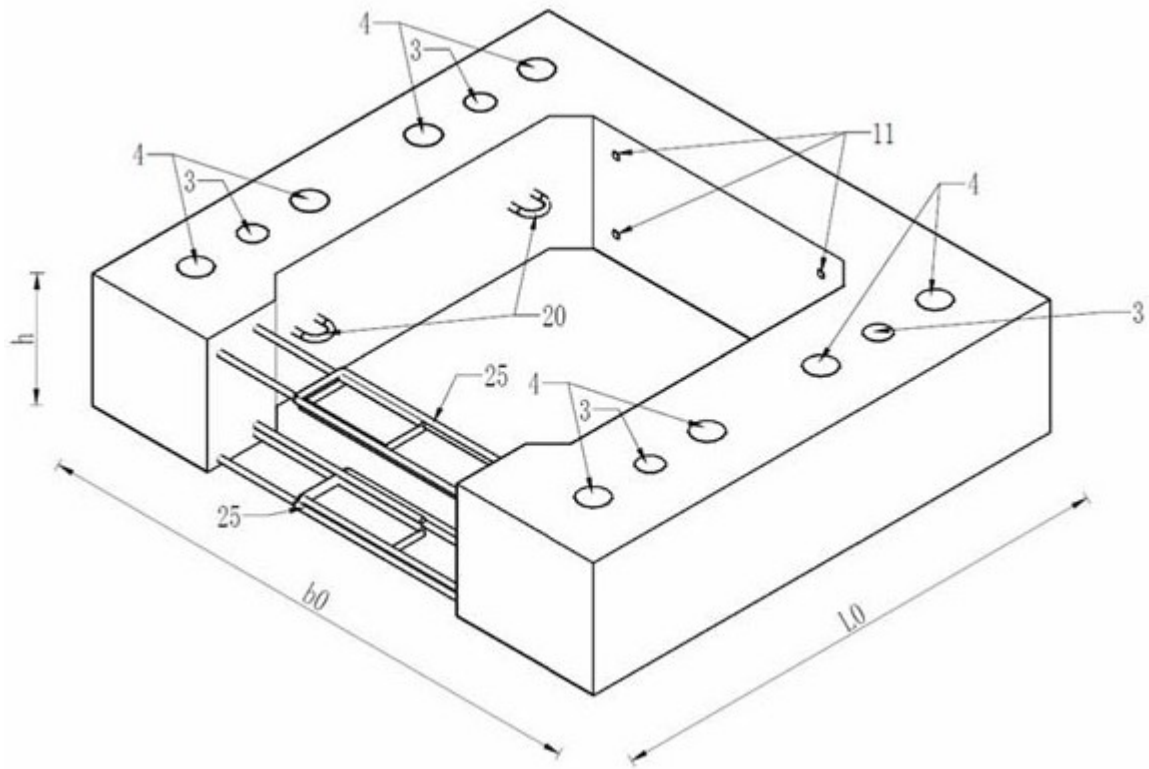


图2

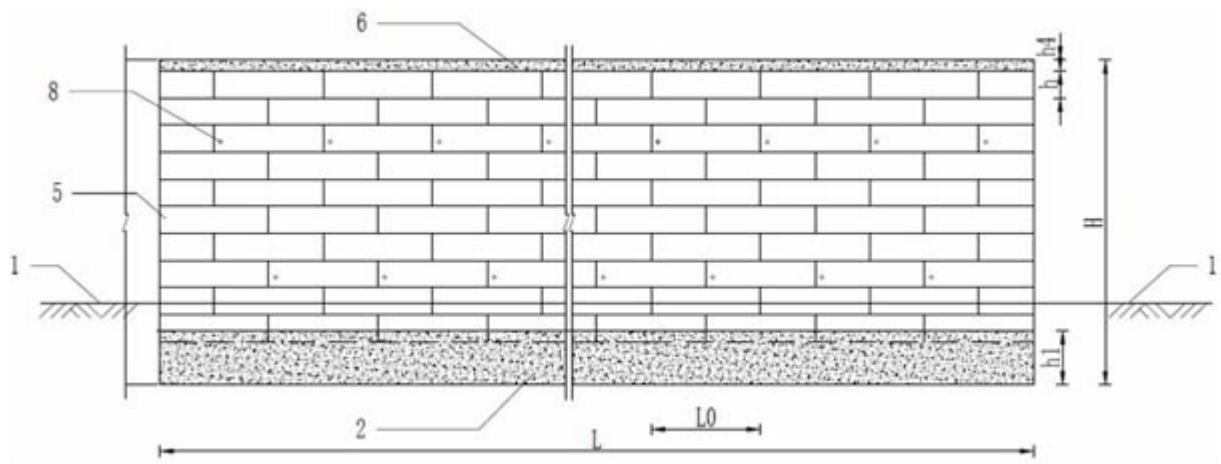


图3

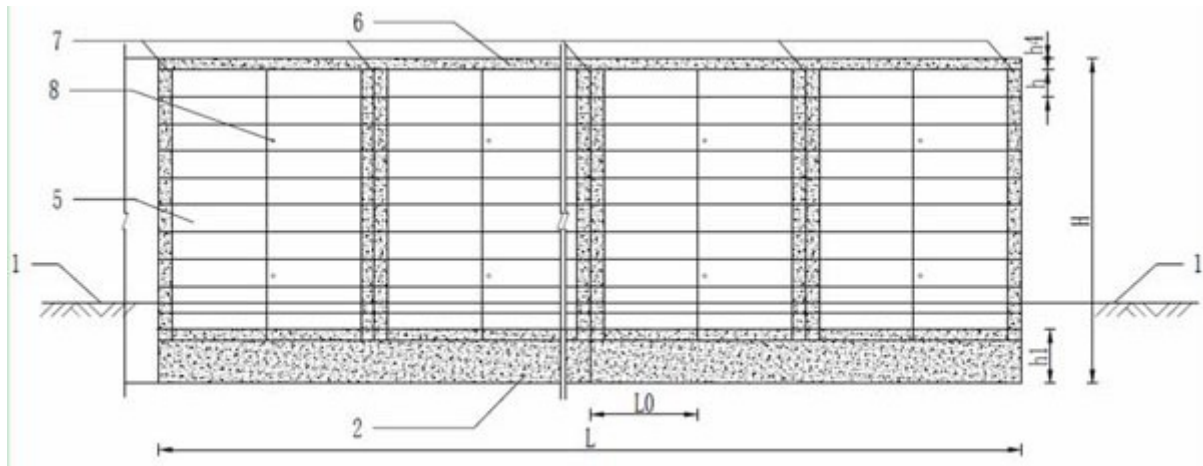


图6

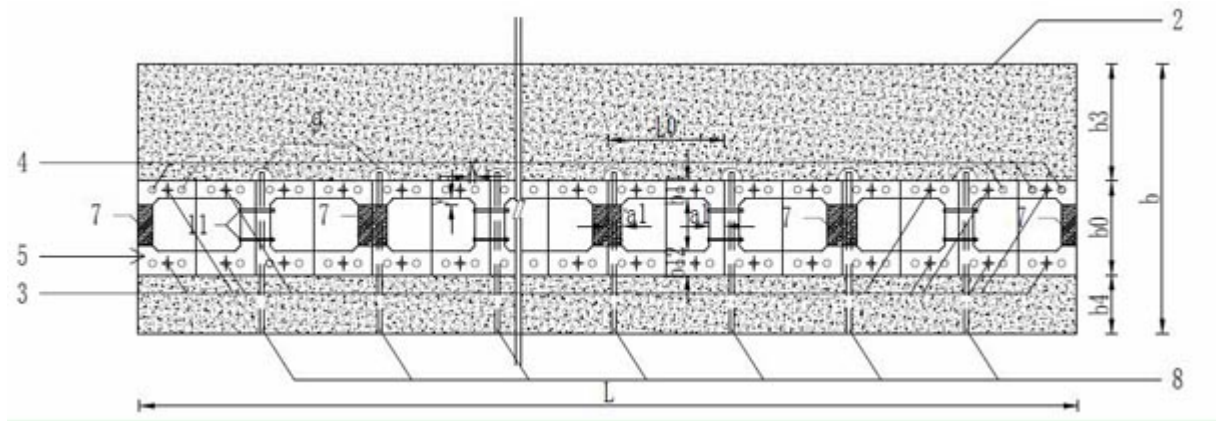


图7

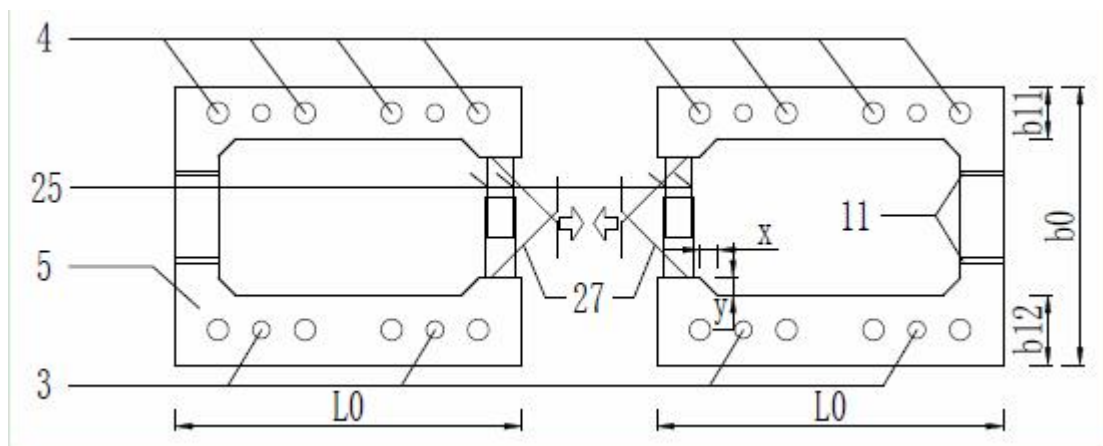


图8

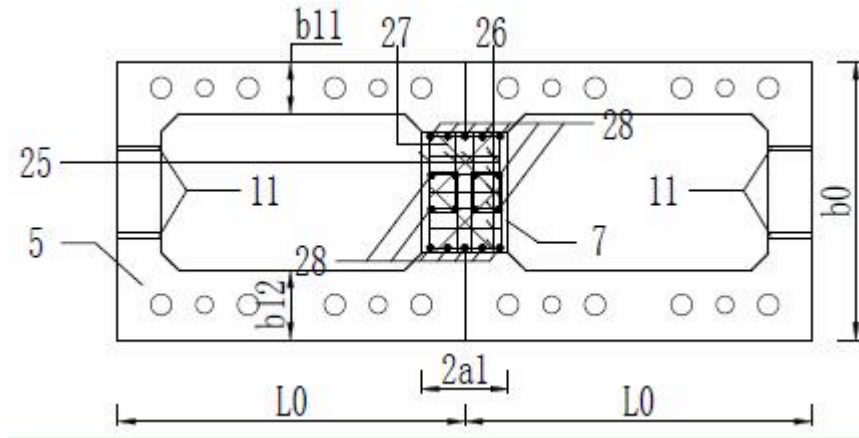


图9

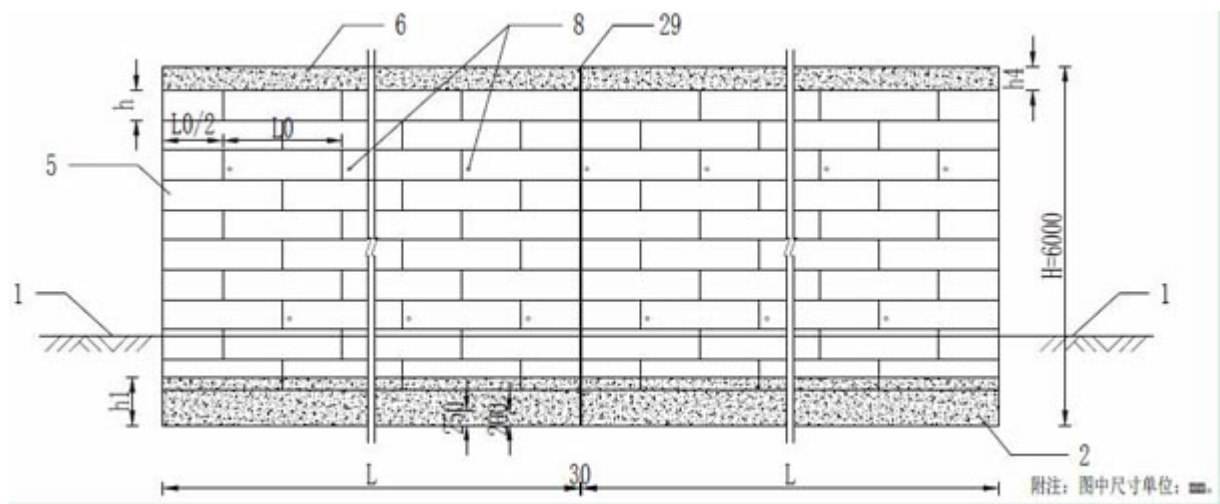


图10

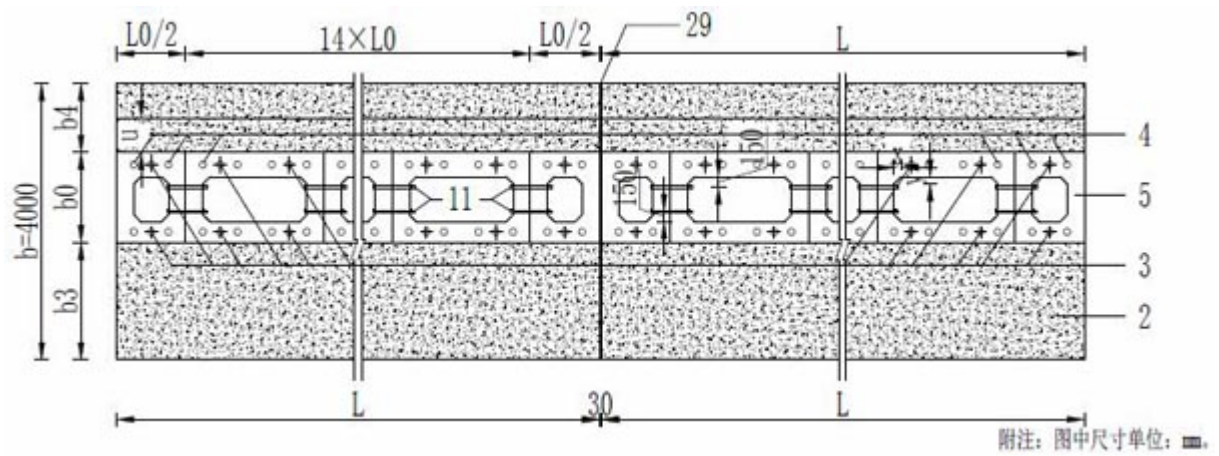


图11

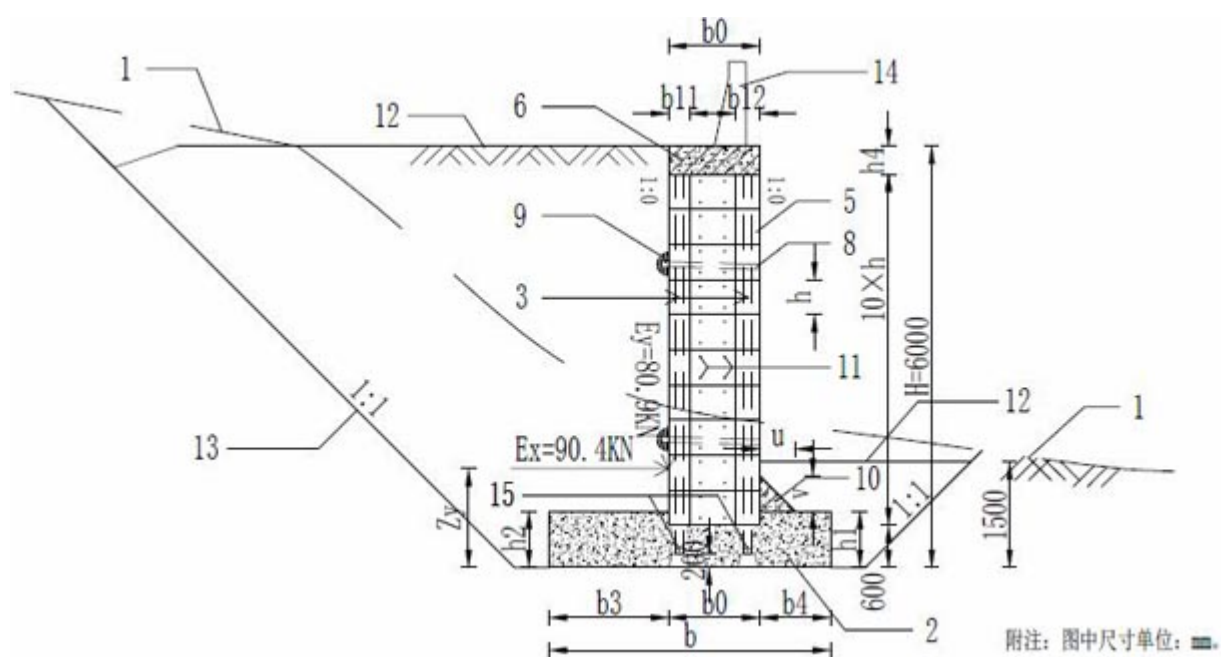


图12

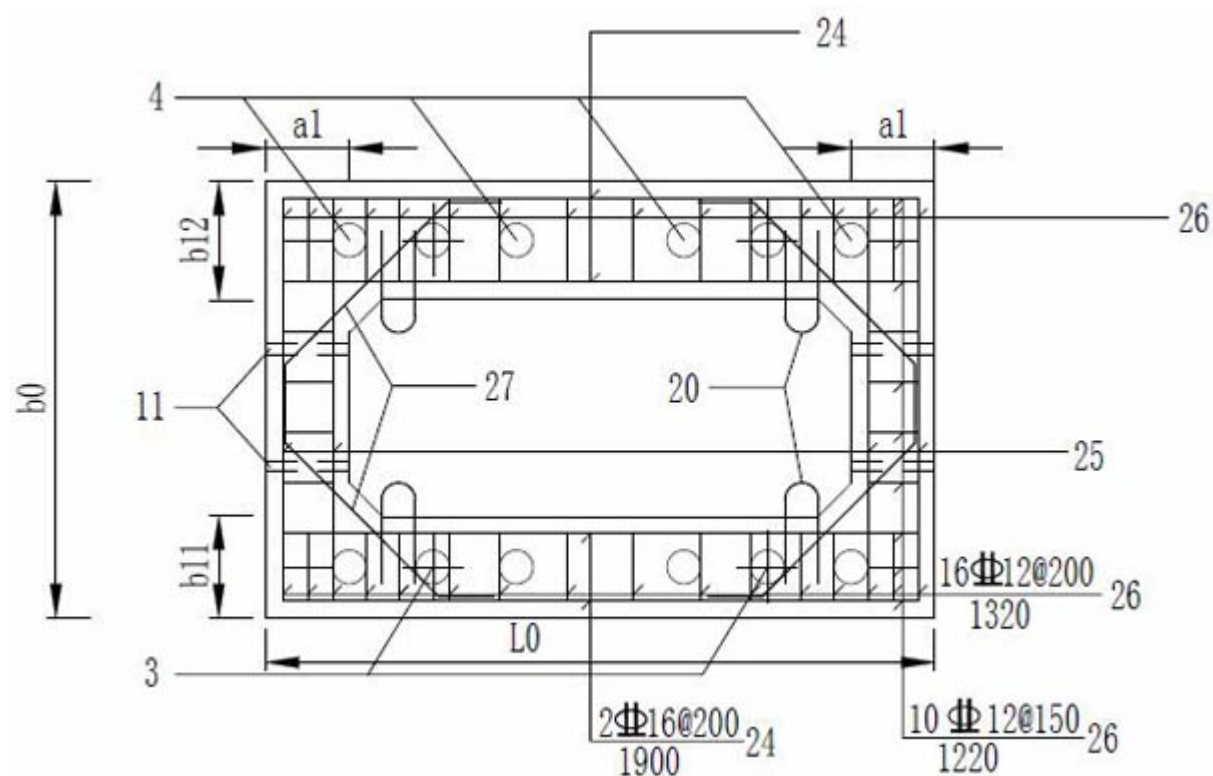


图13

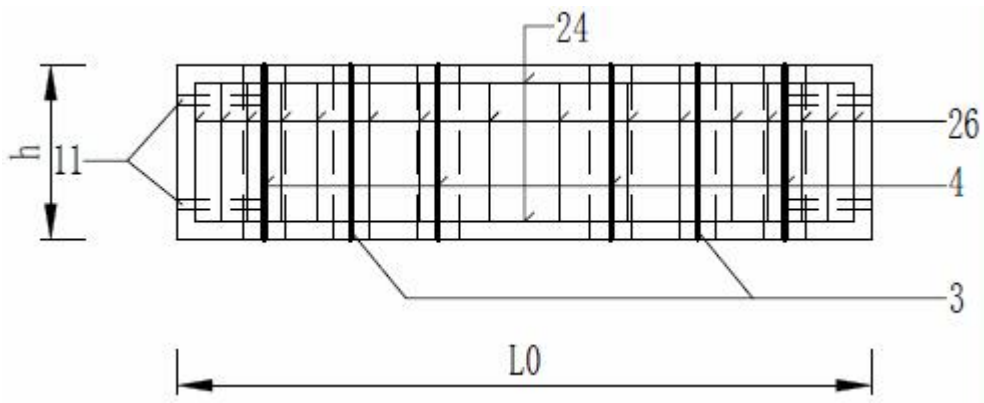


图14

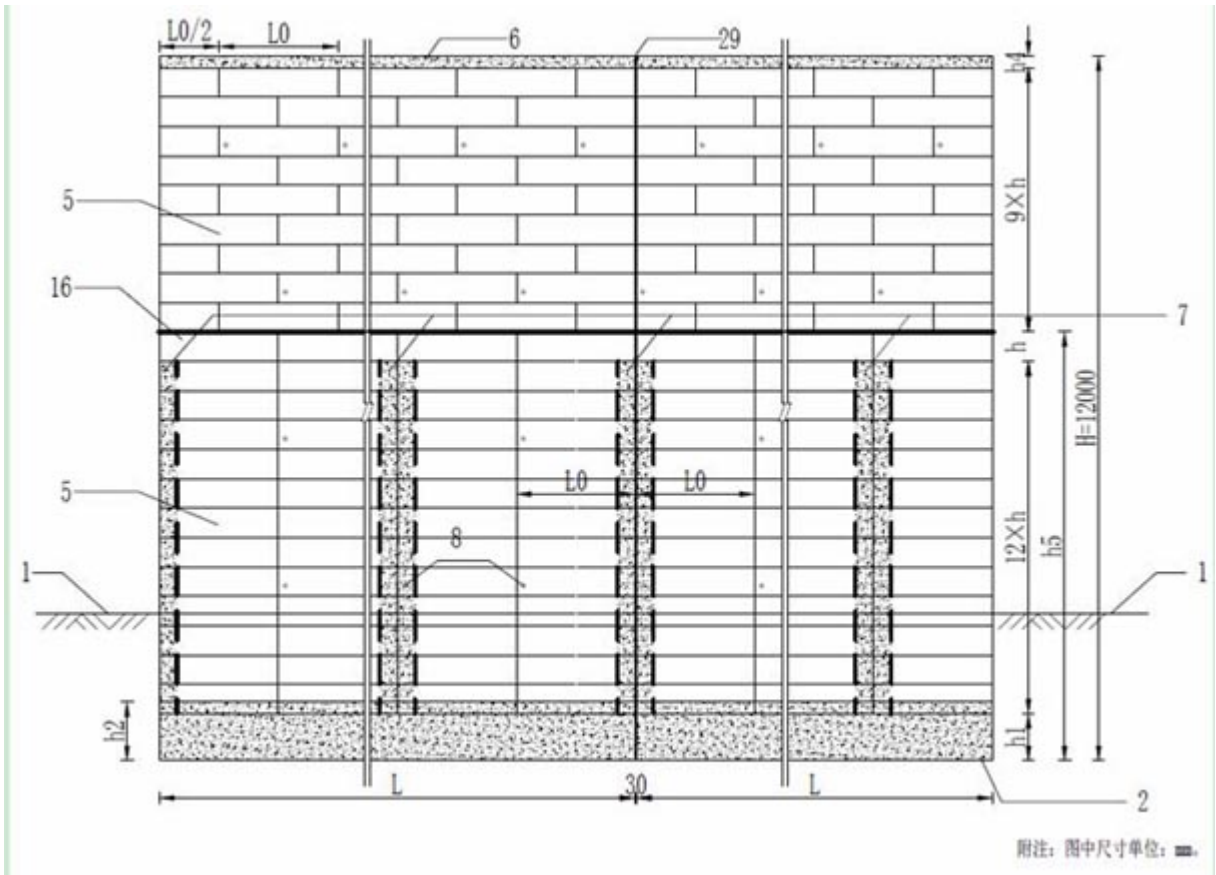


图15

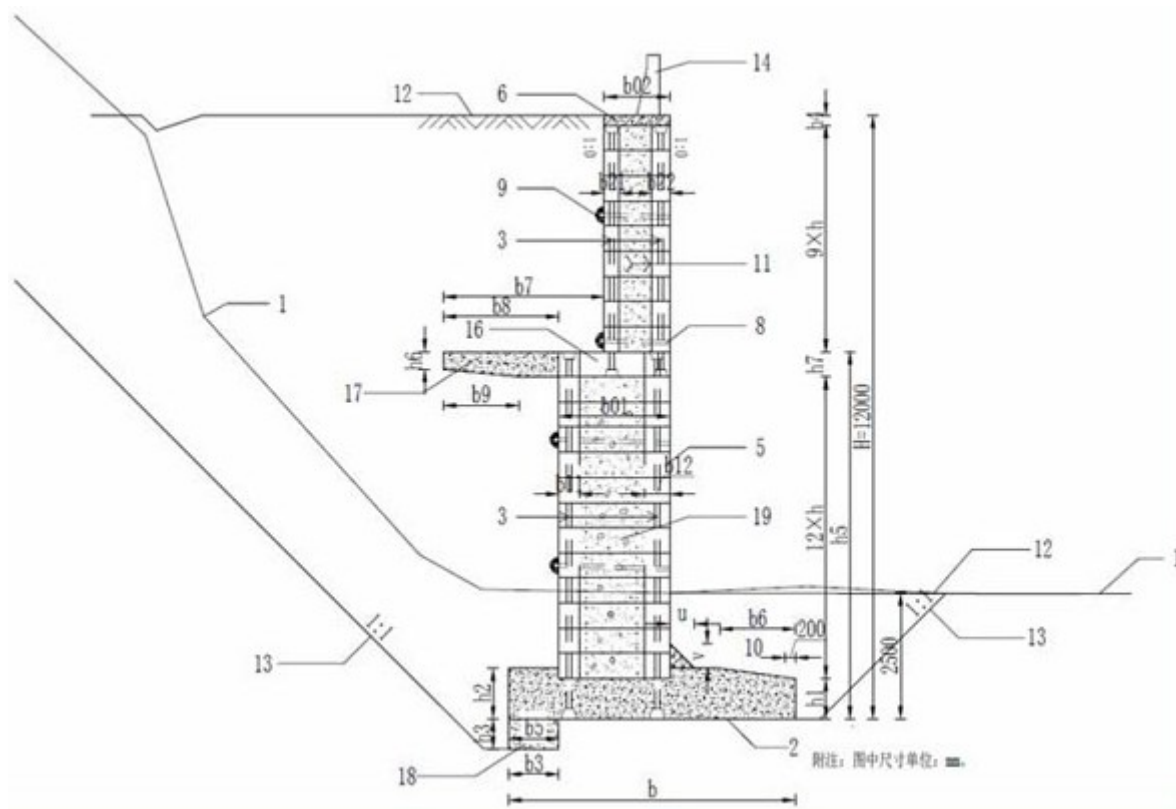


图16

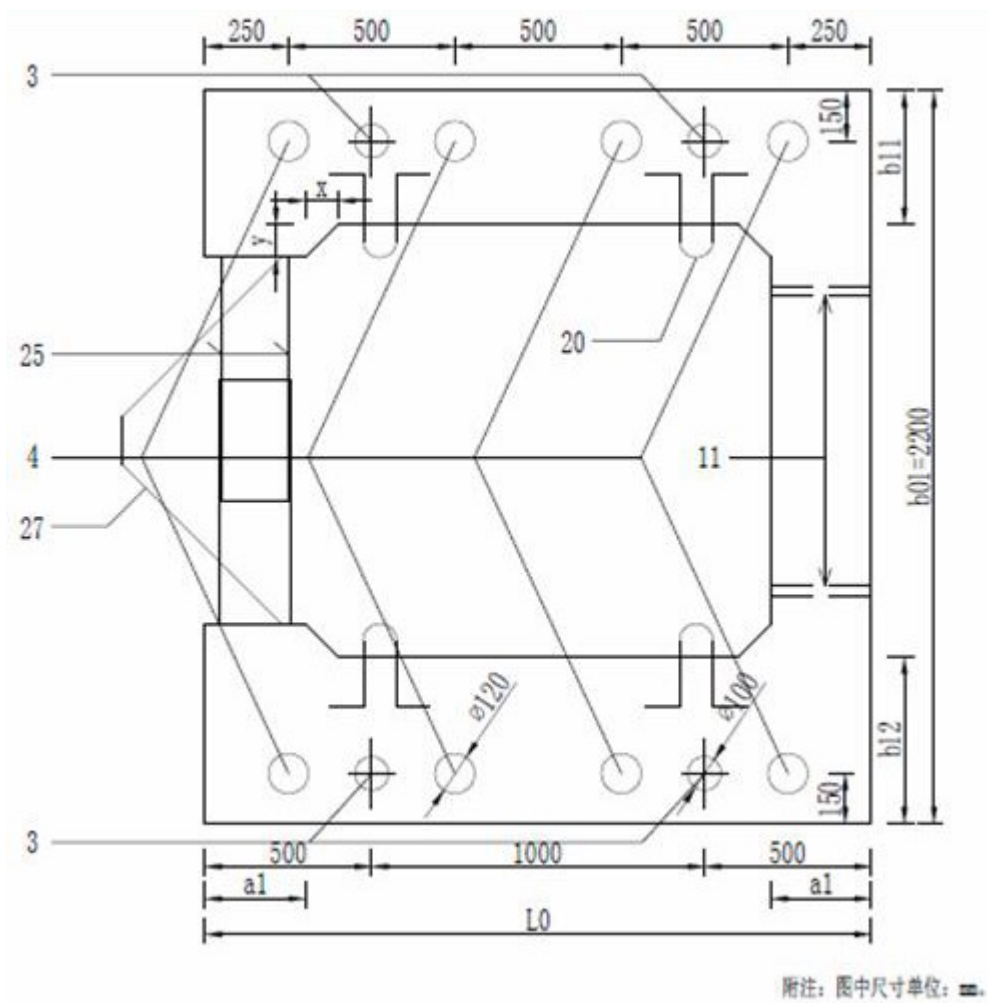


图17

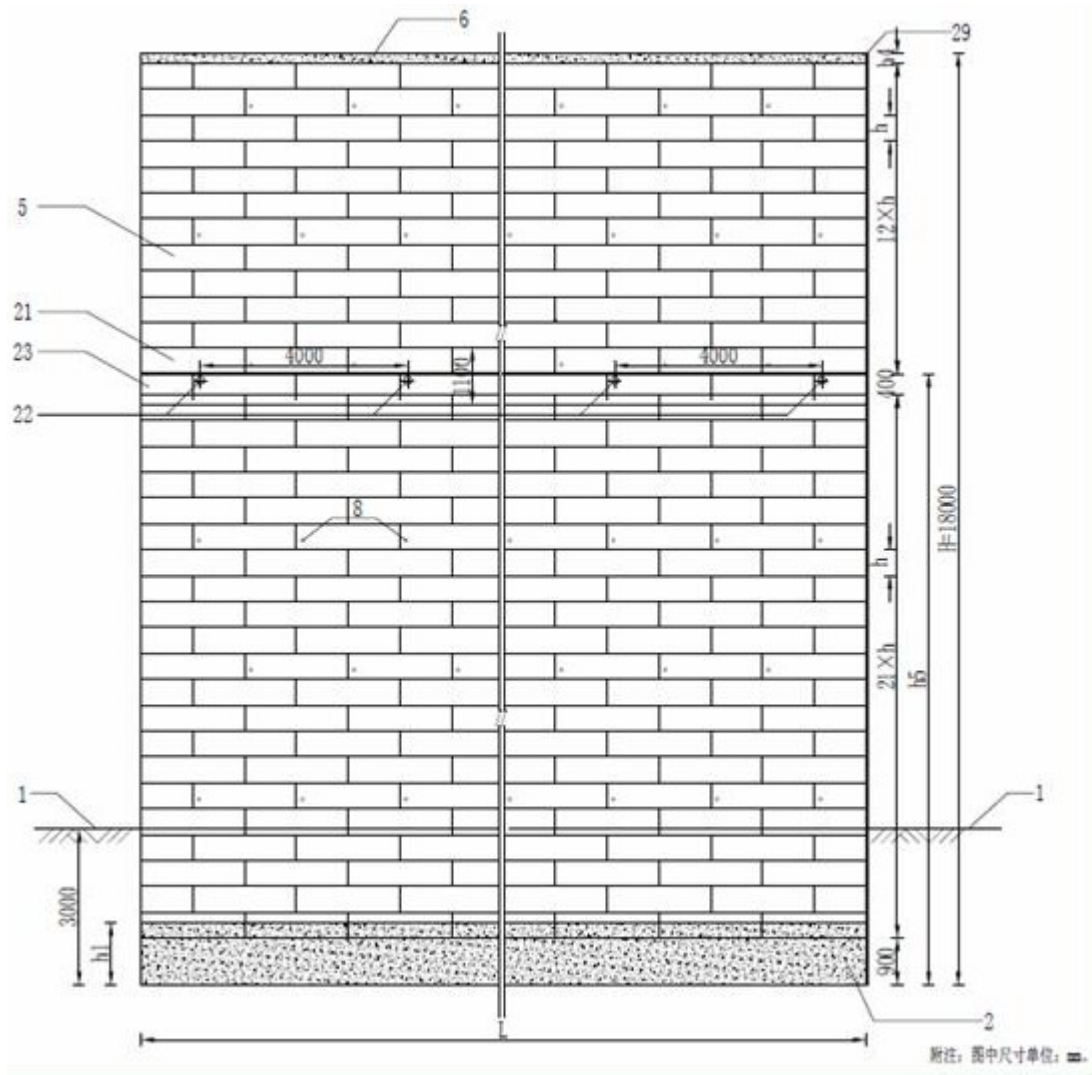


图18

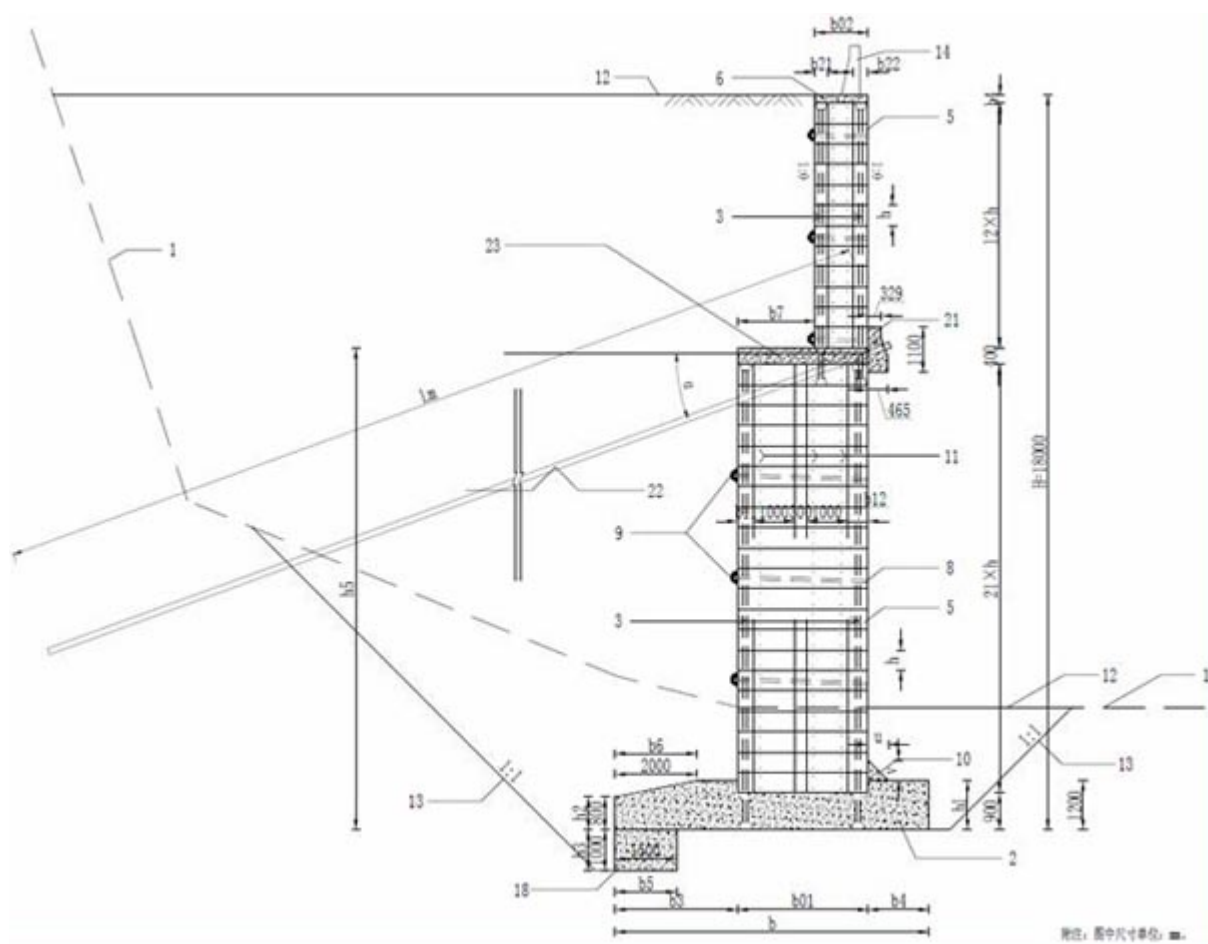


图19

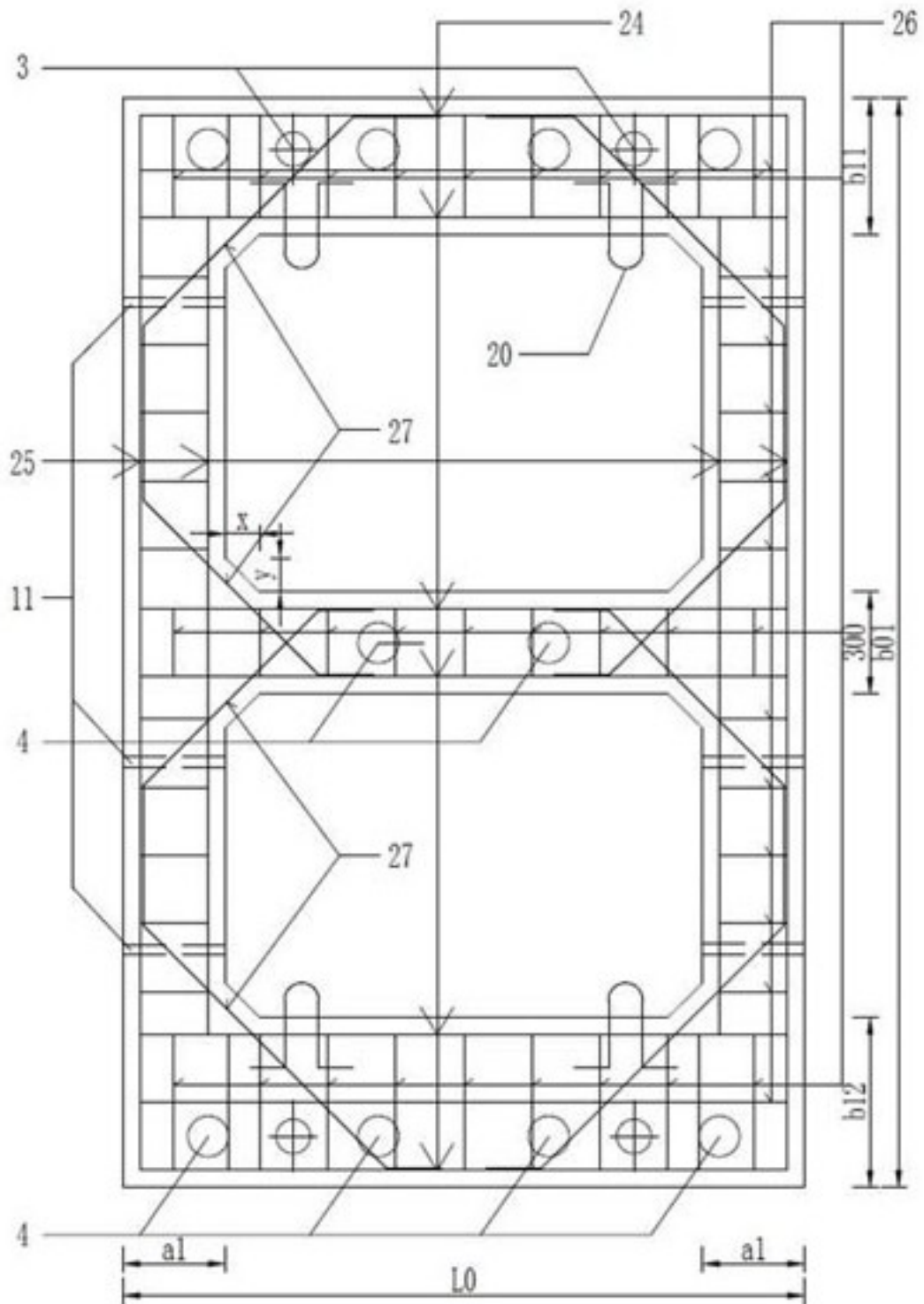


图20