

Research on Design and Construction Technology of Assembly Retaining Wall Based on Anchor Bolt Connection

Jian Xu¹, Ze Liu², Tianqi Huang², Fan He²

¹Zhejiang Kuwait Engineering Consulting Co. Ltd., Hangzhou Zhejiang

²School of Civil Engineer, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Email: 05098225@163.com, csuzeliu@163.com

Received: Apr. 19th, 2018; accepted: May 7th, 2018; published: May 14th, 2018

Abstract

The connection node is the key to the design of the assembly retaining wall. On the basis of comparison and analysis of the advantages and disadvantages of different joints, an assembly retaining wall with anchor bolt connection is proposed. The wall unit consists of a prefabricated vertical plate and a prefabricated bottom plate, and several anchor bolts are reserved on the floor, and the same number of anchor holes is reserved at the bottom of the vertical plate, removing the gap between the vertical plate and the floor by the slurry technology, and the vertical plate and bottom plate are connected by bolts, nuts, and gaskets. The design calculation method and construction technology of the wall are given, and the engineering application is carried out, which can provide reference for the design and construction of similar projects.

Keywords

Retaining Wall, Assembly, Anchor Bolt Connection, Construction Technology

基于锚栓联接的装配式挡墙设计与施工工艺研究

徐健¹, 刘泽², 黄天祺², 何砚²

¹浙江省科威工程咨询有限公司, 浙江 杭州

²湖南科技大学土木工程学院, 湖南 湘潭

Email: 05098225@163.com, csuzeliu@163.com

收稿日期: 2018年4月19日; 录用日期: 2018年5月7日; 发布日期: 2018年5月14日

摘要

联接节点是装配式挡土墙设计的关键。在对比分析不同联接节点优缺点的基础上,提出了一种预留锚栓联接的装配式挡土墙。挡墙单元由预制立板和底板组成,在底板上预留锚栓,在立板底部预留锚栓孔,通过座浆消除立板与底板间间隙,通过锚栓、螺母、垫片将立板和底板联接在一起。给出了挡土墙的设计计算方法与施工工艺,并进行了工程应用,可为类似工程的设计与建造提供参考。

关键词

挡土墙, 装配化, 锚栓联接, 施工工艺

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

挡土墙是公路、铁路、市政、水利等行业建设中的常见结构,主要用于抵抗墙后土压力,维护墙后工程结构的稳定性。尽管目前已发展有各种形式的支挡结构,但工程中仍以浆砌片石(块石)重力挡土墙的应用最为广泛。这种挡墙具有取材方便、工艺简单、适用范围宽等优点,但也存在材料消耗量大、机械化程度低等不足,使得施工时工人劳动强度高、效率低、后期病害多。随着环保意识的不断发展、劳动力成本的不断攀升,这种挡墙越来越不能满足现代工程建设的需要。

预制化、装配化是提高工程结构施工质量和效率、降低现场施工人员劳动强度的重要途径。对于常为线性工程的挡土墙而言,量大结构简单,具有装配化的基础与前景。因此,许多工程技术人员与学者也尝试将其进行预制化、装配化。赵御祺提出双曲和锥面薄壳形装配式钢筋混凝土挡土墙[1]。曾向荣在北京城市铁路设计中采用预制装配式钢筋混凝土挡土墙作为路基支挡结构,缩短了挡土墙施工中立模、现浇、养护等施工工序所需的时间[2]。张程宏、纪文利等也分析了装配式挡土墙的设计特点[3] [4];段铁铮进一步讨论了装配式挡土墙标准化及系列化的必要性[5]。中国市政工程西南设计研究院编制了《城市道路-装配式挡土墙》设计图集[6]。张国栋对装配式挡土墙设计中的碰撞力和分段长度进行了初步分析[7]。这些研究对挡土墙的预制装配化起到了很好的促进作用。本文结合目前工程中的实际问题,在讨论挡土墙预制装配化基本思路与关键问题的基础上,提出了一种预留锚栓联接的装配式挡土墙,并进行了工程应用,可为类似工程的设计与建造提供参考。

2. 挡土墙装配化的关键问题

挡土墙的预制装配化是指在将挡土墙拆分为构件的基础上,通过专用模具进行工厂化预制生产、标准化养护,达到强度后运输到施工现场后进行拼装后形成挡土墙。由于悬臂式挡墙、扶臂挡墙属轻型结构,对地基承载力要求低,二是由钢筋混凝土构成,便于低成本预制生产。现有的装配式挡土墙主要是以悬臂式挡墙或扶臂挡墙为基本墙型,先沿挡土墙纵向(路线方向)将挡墙划分为一个个标准长度的挡墙单元,再将挡墙单元拆分为立板、底板、肋板等构件进行预制、养护,然后将构件运输到现场进行拼装成型。

当以悬臂式挡墙或扶臂挡墙为基本墙型进行装配化设计时,如何将拆分后的构件可靠地连接起来是

挡土墙装配化的核心。在钢筋混凝土构件连接方面目前已发展有多种方法,如焊接、螺栓联接、榫接、灌浆套筒连接等。由于悬臂式或扶臂式挡墙为受弯剪构件,且一般在立板与底板相交处拆分,连接位置的弯矩、剪力均为结构受力最大的位置,为保证连接的可靠性,现有装配式挡土墙构件联接方式主要有以下几种方式[6][8][9]:

1) 预留钢筋(板)焊接法。构件时预制时将连接部位的钢筋预埋在挡墙立板或底板中,现场装配时通过焊接将预留钢筋连接起来,然后对连接部位进行二次浇注。

2) 预留钢筋现浇法。采用这种方式联接的挡土墙一般立板预制、底板现浇。在立板预制时将立板中抗弯受拉钢筋预留出足够的长度,在底板现浇时将预留钢筋以圆弧过渡方式伸入到后趾底板中。

3) 叠合板法。这种联接方式挡土墙的底板一般也是现浇,面板和扶壁板则采用预制双面叠合板组成。施工时,先现浇底板,待其达到强度要求后采用辅助支撑将预制叠合板拼装在一起,然后往叠合板内浇注内芯混凝土,最终形成完整的挡土墙。

由于挡土墙施工现场环境比较恶劣,机械化程度低,工人劳动强度高,使得实际工程中上述几个装配方法存在以下问题:方式 1)中的焊接质量难以得到保证,且存在后浇带,挡墙拼装后不同立即回填压墙后填土;方式 2)的底板多采用现浇甚至要分两次浇注,拼装后还需对底板进行养护,工期较长,且现场养护条件差,质量得不到保证;方式 3)需要使用大量辅助支撑构件,内芯混凝土也需现浇,且两层叠合板间空间狭小,当立板高度较大时,混凝土浇注质量得不到保证。因此设计合理的构件连接方式是挡土墙装配化的关键。在综合比较与试验研究的基础上,笔者提出了预埋锚栓联接法。

3. 锚栓联接装配式挡土墙

3.1. 锚栓联接装配式挡土墙的结构特点

以悬臂式挡墙为基础进行构件拆分。构件包括标准长度的底板和立板两部分,在底板上预留若干个锚栓,立板下部加粗并预留与锚栓数量、间距相同的锚栓孔,底板和立板的结构见图 1。当立板底板构件在预制场进行标准化预制、养护成型并运输到施工现场后,先将底板定位到工点,将立板垂直吊起缓慢降下,使底板上的锚栓插入立板上的锚栓孔内,再通过螺母、垫片等连接件将立板和底板锁定在一起形成挡土墙(见图 2)。除此之外,为了保证结构的整体性,底板在路基横断面方向上呈凹形,即在与立板底面接触位置,立板厚度比其它部位稍小,主要作用一是可以利用前趾板顶面高于立板底面的特点,使前趾板能发挥一定的抗剪作用,二是装配时可先在底板凹槽内灌入一层水泥浆,再吊装立板,以消除底板和立板之间的间隙,避免装配后地下水进入接合面,使锚栓产生锈蚀。底板在路线方向上呈台阶状,使相邻底板相互叠合,再通过连接螺栓、钢筋类的构件连接成一个整体,同时立板两侧面设计为凹凸结构,使相邻立板单元装配后能相互嵌合,提高挡土墙的整体性。

3.2. 装配式挡土墙的设计方法

装配式挡土墙设计方法与普通挡土墙设计基本相同。设计流程是先按普通挡土墙进行尺寸拟定、土压力计算、校核挡土墙的抗滑移、抗倾覆稳定性以及基底应力,再将挡墙拆分为构件,完成配筋设计,然后考虑如何将相邻构件联接在一起,进行节点设计,最后完成挡土墙的细部结构与图纸绘制。土压力计算一般采用库仑土压力理论。稳定性校核要求与方法在挡土墙设计的相关规范上都有明确的要求,这里不再赘述。配筋设计一般也是根据构件内力特点按《钢筋混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010)进行设计即可。因此设计的关键点在于连接锚栓的设计计算。

根据悬臂式挡墙的结构特点,可建立如图 3 所示的锚栓分析模型。不考虑立板自重的影响,连接位置的弯矩和剪力主要来自立板后的土压力。

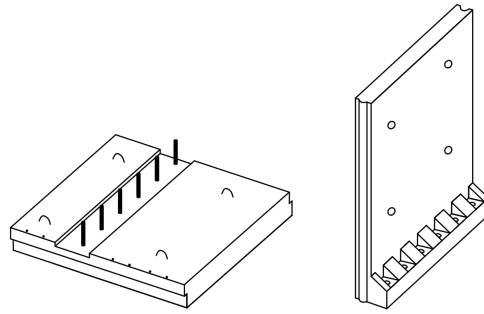


Figure 1. Structure diagram of the plate and baseboard
图 1. 底板与立板构件结构示意图

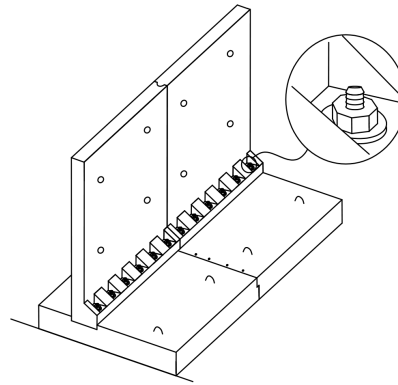


Figure 2. Retaining wall after assembling
图 2. 拼装后的挡土墙

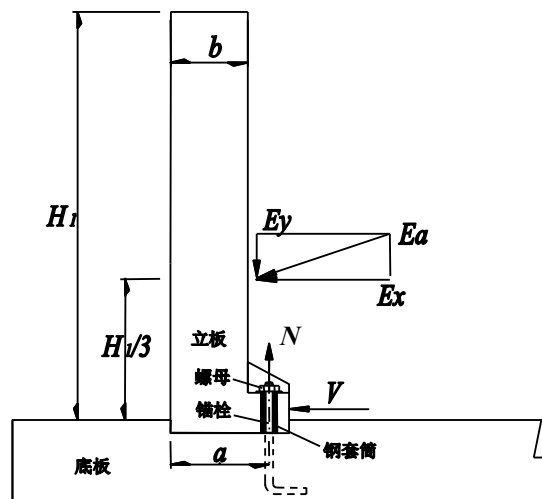


Figure 3. Calculation model of the anchor bolt
图 3. 锚栓计算模型

联接处的弯矩 M 和剪力 V 分别为:

$$M = \frac{1}{3} E_x H_1 - E_y b \quad (1)$$

$$V = E_x \quad (2)$$

锚栓将受到拉力 N 和剪力 V 的共同作用, 相应荷载下所需要的锚栓数量为:

$$n_N = \frac{4M}{\pi a d^2 f_t^b} \quad (3)$$

$$n_V = \frac{4E_x}{\pi d^2 f_v^b} \quad (4)$$

则挡墙单元长度内需要布置的锚栓数由式(5)确定。

$$n = \max(n_N, n_V) \quad (5)$$

上述式中, E_x 为挡墙单元长度内的土压力水平分量; E_y 为挡墙单元长度内的土压力竖向分量; H_1 为挡墙单元立板顶面到底板顶面的距离; b 为立板宽度; a 为锚栓距立板外侧的距离; d 为锚栓直径; f_t^b 为锚栓抗拉强度设计值; f_v^b 为锚栓抗剪强度设计值。

3.3. 锚栓联接装配式挡土墙的施工工艺

一、挡土墙构件预制生产工艺

装配式挡土墙的构件预制生产流程见图 4。与常规预制钢筋混凝土结构的生产流程基本相同, 包括诸如原材料计算、钢筋加工、混凝土搅拌、浇注、养护、脱模等工序, 各工序的质量控制也可以按常规预制钢筋混凝土结构的标准, 但在施工时以下几个问题还是要重点关注。

1) 模板工程。模板是决定装配式挡墙构件质量的基础。装配式挡墙的构件一般比较大, 生产时量也比较大, 模板一般都要采用钢模, 有条件时应采用液压钢模。在钢模加工时要充分注意混凝土浇注时可能造成模板变形, 使预制出来的构件尺寸偏差比较大, 因而加工钢模的钢板不宜太薄, 对于长大的平面部位, 应采用肋板加固以提高模板的刚度。

2) 预留件的定位控制。预留件往往用于构件间的连接, 其位置直接影响到构件在现场拼装是否能顺利进行。因此, 在构件预制时预留件的位置控制非常重要。一方面, 在钢筋加工时要控制预留件的尺寸与位置, 保证预留件焊接、绑扎的可靠性; 另一方面, 在混凝土浇注时要对预留件的位置进行反复核对, 避免因混凝土流动与振捣使预留件跑偏。有条件时应设计专用模具对预留件进行定位控制。

二、挡土墙现场装配工艺

锚栓联接装配式挡土墙的装配工艺流程如图 5 所示。在挡土墙拼装前应完成基底开挖, 必要时要对地基进行处理。待挡土墙构件预制养护并达到出厂标准后, 采用运输设备将其运输到工点现场(见图 5(a))。先将若干块底板单元吊装到位, 使相邻底板相互搭接并用连接短钢筋插入到底板两侧的连接孔内(见图 5(b)); 再用木条制作的挡浆条卡入底板上预留的凹槽内, 将预先配制好的水泥浆(宜用高强座浆料配制)倒入底板预留凹槽内(见图 5(c)); 再将立板垂直吊起, 缓慢落下, 使底板下锚栓插入立板底部预留的锚栓孔内(见图 5(d)); 检查立板位置与垂直度后通过螺母垫片将底板和立板锁紧(见图 5(e)); 最后用水泥砂浆将立板下部的凹槽(锚栓顶部)填满并抹平, 完成挡土墙的拼装(见图 5(f)), 随后可进行墙后土的回填与压实施工。

4. 工程应用

浙江 31 省道北延绍兴至萧山段工程大源互通位于绍兴柯桥区。当地经济发达, 环境保护意识强, 对工程建设土地占用与开山采石等控制非常严格, 而且地势平坦、水系发达、地基承载力较小。为了减少土地占用与工后沉降, 保证路基支挡结构的质量, 设计采用了锚栓联接装配式挡土墙。挡土墙单元长度为 2 m, 每个挡墙单元分别由预制底板与立板组成, 墙高 $H = 4\text{m}$, 其中立板高 3.58 m, 顶厚 0.3 m, 底厚

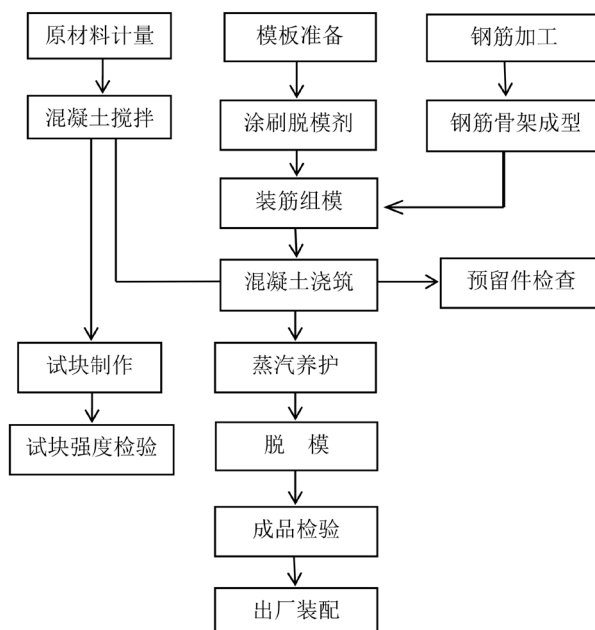


Figure 4. The production process of components
图 4. 构件生产工艺流程

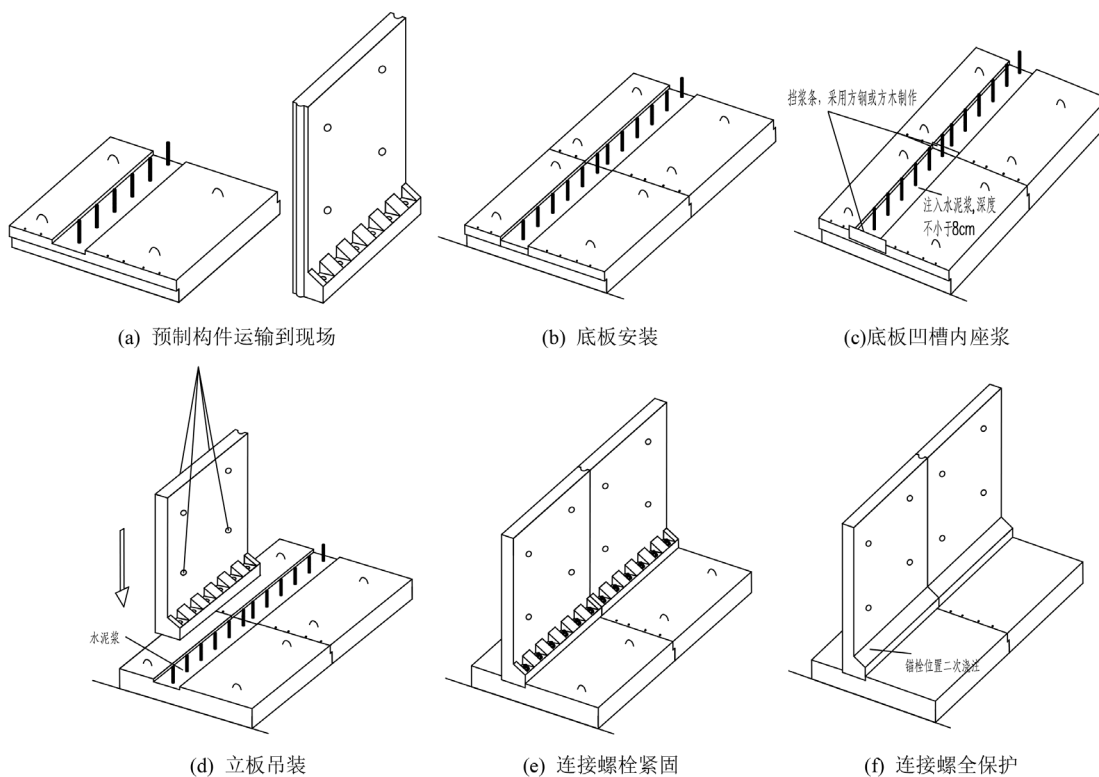


Figure 5. Assembly process of retaining wall
图 5. 挡墙装配工艺

0.6 m; 底板长 4.5 m, 厚 0.5 m; 采用 C30 钢筋混凝土预制而成。图 6 为挡土墙的部分设计图。图 7 为预制后的立板和底板构件。

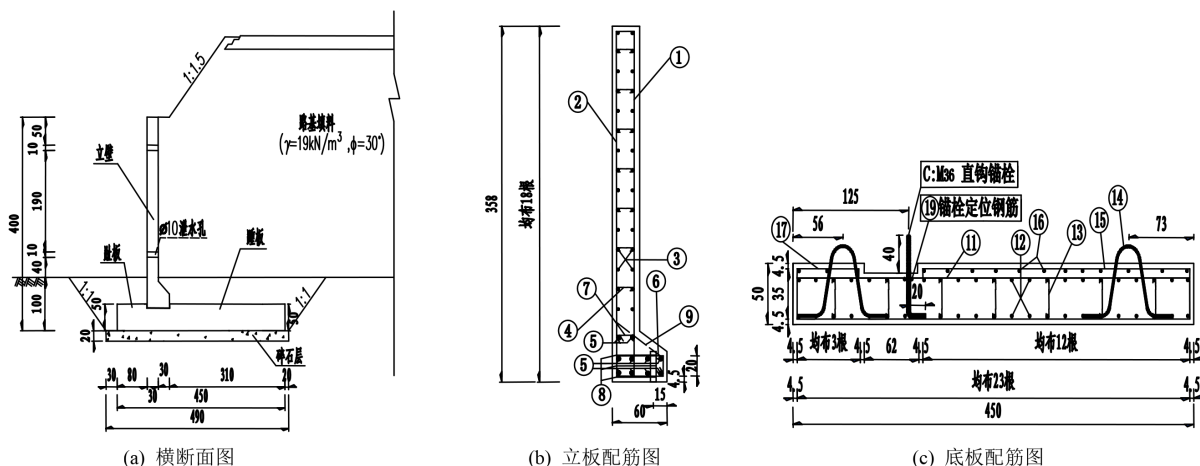


Figure 6. The design of assembly retaining wall (part)
图 6. 装配式挡墙设计图(部分)



Figure 7. Prefabricated components
图 7. 预制好的构件

5. 结语

标准化、预制化、装配化是工程结构发展重要方向。作为线性工程的挡土墙不仅具有装配化的条件，也容易实现装配化，特别是交通工程、水利工程中，挡土墙的装配化不仅可以有效保证支挡结构的质量，而且现场施工效率高、工人劳动强度低，具有很好的发展前景。本文在对比分析不同连接节点优缺点的基础上，提出了一种预留锚栓联接的装配式挡土墙，分析了锚栓联接装配式挡土墙结构特点、设计计算方法与施工工艺，并进行了工程应用，可为类似工程的设计与建造提供参考。

目前国内外针对装配式挡土墙已经开展了较多的研究，也开发了多种结构形式、多种连接方式的装配式挡土墙。本文提出的这种结构主要特点在于一方面可以进行全装配化，减少现场施工时工作条件差、劳动强度高使施工质量得不到保证的不足，也可以使现场条件进行半预制化(底板现浇、立板预制)，以减少预制件的运输量；另一方面结构没有后浇带，装配式后即可进行墙后填土的施工，无需等待，可有效加快施工进度。但也存在一定的不足，一是预制加工精度要求较高，否则可能使构件连接不顺；二是构件重量比较大，对运输与现场吊装有较高的要求。

基金项目

浙江省交通科技项目(2016041, 2017033)，湖南省自然科学基金(2017JJ2087)。

参考文献

- [1] 赵御祺. 悬臂式薄壳挡土墙[J]. 建筑结构, 1981(6): 60-61.
- [2] 曾向荣. 部分预制装配式钢筋混凝土挡土墙在城市轨道交通工程中的应用技术[J]. 地铁与轻轨, 2001(4): 24-27.
- [3] 张程宏. 装配式挡土墙设计特点及其在市政道路中的应用[J]. 城市道桥与防, 2012(4): 30-32.
- [4] 纪文利, 唐广辉. 装配式钢筋混凝土挡土墙的设计与施工[J]. 铁道标准设计, 2003(10): 111-112.
- [5] 段铁铮. 装配式挡土墙标准化及系列化问题探讨[J]. 特种结构, 2004, 21(3): 78-81.
- [6] 城市道路装配式挡土墙[S]. 国家标准设计, 07MR402.
- [7] 张国栋, 蒋陆一, 张玉轻. 装配式挡土墙设计中碰撞力和分段长度浅谈[J]. 市政技术, 2010(2): 31-33.
- [8] 孙宝昌. 装配式钢筋混凝土悬臂挡墙[J]. 东北水利水电, 1991(10): 10-15.
- [9] 章宏生, 沈振中, 徐力群, 等. 新型装配扶壁式挡土墙的抗震性能研究[J]. 中国农村水利水电, 2017(3): 121-125.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: hjce@hanspub.org