

新型预制混凝土面板 锚碇式加筋挡土墙设计

徐飞¹, 邓波², 王孝兵¹

(1. 中交武汉港湾工程设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430040; 2. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027)

摘要:通过在加筋挡土墙筋带末端设置锚碇块, 提出了一种新型的预制混凝土面板锚碇式加筋挡土墙, 并结合欧美规范提出车辆荷载撞击极限状况下的结构验算方法。将国内外规范进行对比, 指出国内外加筋挡土墙规范的不同之处。实际工程应用表明, 该新型预制混凝土面板锚碇式加筋挡土墙结构更优、用料更省, 有广阔的应用前景。

关键词: 新型; 加筋挡土墙; 规范; 设计方法

中图分类号: TU 375

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)08-0031-04

Design of new-type precast reinforced concrete panel wall with anchor block

XU Fei¹, DENG Bo², WANG Xiao-bing¹

(1. CCCC Wuhan Harbor Engineering Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430040, China;

2. China Harbor Engineering Co., Ltd., Beijing 100027, China)

Abstract: A new-type precast reinforced concrete retaining panel wall with anchor block is proposed by setting anchor blocks at the end of the reinforcement. Based on the Euro code and American standard, we give the safety checking method under the extreme event limit state of vehicular impact. Also, by comparing domestic codes and foreign codes, we point out the differences between them. The practical application shows that this new-type precast reinforced concrete retaining panel wall with anchor blocks is better in structure and more economical in the use of materials. This new-type retaining wall has a broad application prospect.

Keywords: new type; reinforced retaining wall; code; design method

加筋挡土墙是由填料(土)、填料中一定数量的拉筋(又称筋带)以及墙面板组成的一个相互协调的整体复合结构。这种结构内墙背的土压力、拉筋的拉力及填土与拉筋的摩擦等相互作用, 并达到相互平衡, 保证了该复合体的稳定性。加筋改变了土体的性质, 提高了强度。作为一种新型的挡土结构, 由于其良好的技术经济效益而被越来越多的工程所采用, 加筋挡土墙在国外得到了较高的评价。它与传统的重力式挡墙结构相比, 具有结构新颖、造型美观, 结构简单、施工方便,

要求较低、节省材料, 施工速度快、工期短, 造价低廉、效益明显, 适应性强、应用广泛等特点。

本文以斯里兰卡某高速公路桥头加筋挡土墙为例, 参考美英规范, 对比国内规范, 在现有加筋挡土墙的基础上, 提出新型预制混凝土面板锚碇式加筋挡土墙的设计思路及方法。

1 新型预制混凝土面板锚碇式加筋挡土墙的构造

图1是加筋挡土墙的典型结构, 其主要构件为填料、筋带以及面板。实际工程中, 选用的筋

收稿日期: 2015-05-28

作者简介: 徐飞(1986—), 男, 工程师, 从事水运工程设计工作。

带材料多种多样,常见的有土工格栅、钢-塑复合带、纤维复合带、钢带或钢筋混凝土带^[1]。近年来,国内广泛使用土工合成材料^[2]。对于用得较多的条带式加筋材料,目前尚未有国家标准,对各类土工合成材料的耐久性目前也没有国家标准。因此,在实际工程应用中需要对土工材料耐久性有充分的考虑。

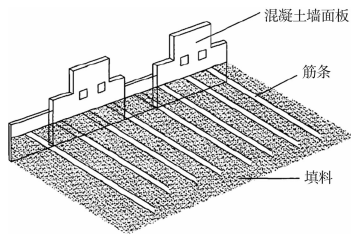


图1 典型加筋挡土墙

采用钢带作为筋带材料不存在上述土工筋带存在的问题,但是存在腐蚀以及造价较贵的问题。针对这一情况,通过在钢带末端设置锚碇块,减少了一部分筋带的长度,形成了一种新型的加筋挡土墙(图2)。

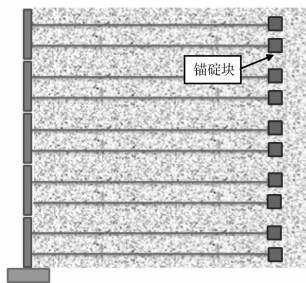


图2 新型加筋挡土墙

2 新型预制混凝土面板锚碇式加筋挡土墙设计及计算流程

1) 外部稳定。将加筋挡土墙作为整体(包括加筋填料),考虑墙后一般回填材料、活载对挡墙的作用,计算滑移以及地基承载力、地基沉降验算。

2) 内部稳定。考虑挡土墙内部的作用,计算面板受到的侧向土压力、筋带的抗拔力、锚碇块的抗拔力,验算内力是否平衡。

3) 整体稳定。主要验算挡墙的圆弧滑动稳定。设计流程见图3。

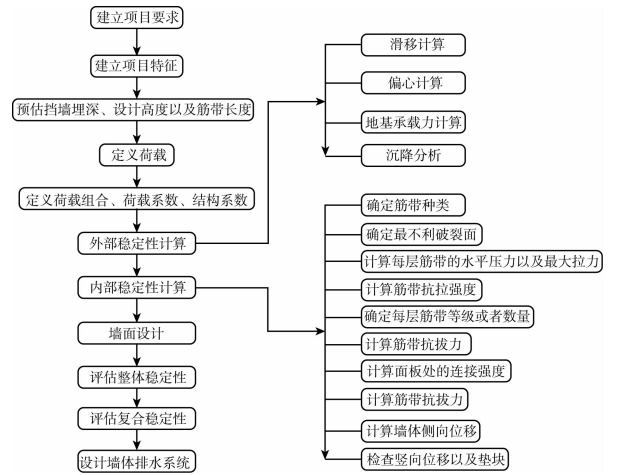


图3 加筋挡土墙标准极限状态设计流程^[3]

3 筋带抗拔设计

在没有引入锚碇块之前,典型的加筋挡土墙通过筋带与土体的摩擦力来抵抗筋带的拉力,实际上由于土工筋带以及不带肋的扁钢带与土体的摩擦系数很小,需要较长的筋带或者较多的筋带数量来增加受力面积才能满足抗拔要求。

在筋带末端设置锚碇块之后,锚碇块与筋带/土体摩擦力一同作用,相关计算如下^[3]:

$$\frac{P_{uj}}{f_p f_n} \geq T_{j/strip} \quad (1)$$

$$P_{uj} = P_{sj} + P_{aj} \quad (2)$$

$$P_{sj} = 2\mu B_s \sigma_{vj} L_{ej} \quad (3)$$

$$P_{aj} = 4K_p B_a t_a \sigma_{vj} \quad (4)$$

$$K_p = (1 + \sin\phi_1)/(1 - \sin\phi_1) \quad (5)$$

式中: P_{uj} 为第 j 层锚碇块极限抗拔力 (kN); f_p 为筋带抗拔力分项系数; f_n 为结构重要性系数; $T_{j/strip}$ 为第 j 层筋带最大极限拉力 (kN); P_{sj} 为被动区第 j 层筋带摩擦力 (kN); μ 为筋带与土体摩擦系数; B_s 为筋带宽度 (m); σ_{vj} 为作用在第 j 层筋带上的竖向压力强度 (kN/m²); L_{ej} 为第 j 层筋带有效长度 (m); K_p 为被动土压力系数; B_a 为锚碇块宽度 (m); t_a 为锚碇块高度 (m); P_{aj} 为锚碇块极限抗拔力。

4 顶层碰撞结构验算

现行国内规范没有给出在加筋挡土墙顶部护栏受到撞击的情况下如何对筋带强度以及抗拔进行验算。根据美国 NHI 规范,车辆撞击荷载在极

端事件 II 极限状态下考虑, 并且认为车辆撞击只影响加筋挡土墙的内部稳定^[4]。

根据 Bligh 等^[4]于 2009 年进行的实验室以及现场全尺寸试验, 推荐采用等效静荷载对第 1 层以及第 2 层筋带进行结构验算, 等效静荷载作用点位于路面以上 810 mm 处。具体采用的荷载值见表 1。

表 1 等效静荷载取值

计算内容	筋带位置	等效荷载/(kN·m ⁻¹)
筋带强度计算	第 1 层	33.5
	第 2 层	8.8
筋带抗拔计算	第 1 层	19.0
	第 2 层	8.8

5 国内外规范对比

在进行斯里兰卡某高速公路桥头加筋挡土墙设计时, 采用的是美国规范 NHI《Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes》^[4]、《AASHTO LRFD Design Specifications》^[5]以及《Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills》(BS 8006:1995)^[3]。国内现行的关于加筋挡土墙设计的规范是 1991 年颁布的《公路加筋土工程设计规范》^[6]以及《公路挡土墙设计与施工技术细则》^[7]。

实际设计过程中, 采用国内规范对设计进行了复核, 发现两种规范计算结果存在一定差别。

5.1 计算模型

破裂面与每一层筋带的最大拉力处一致, 也就是说破裂面位于每一层筋带的最大拉力处。国内规范采用的是简化破裂面法(图 4), 简化破裂面的垂直部分与墙面板背面距离 b_h 采用 $0.3H$, 倾斜部分与水平面夹角 β 采用 $45^\circ + \varphi/2$ 。

美国 NHI 规范根据筋带材料的延展伸缩性提出了两种计算模型, 对于不可伸缩性筋带其破裂面为双线性(图 5a)), 而对于可伸缩性筋带其破裂面为线性(图 5b))。

5.2 土压力系数

国内外规范均认为在挡土墙顶面以下 6 m (20 ft) 处, 土压力系数存在突变, 但是具体的取值不尽相同。

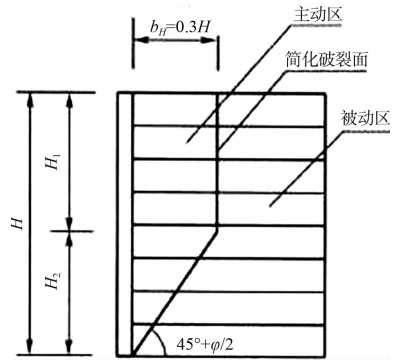
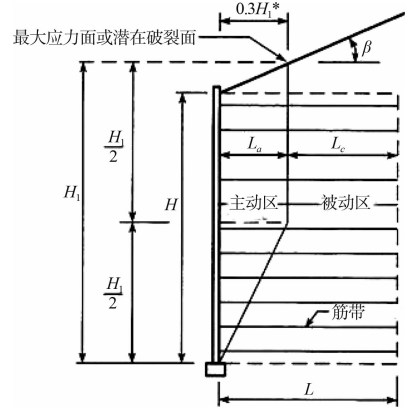
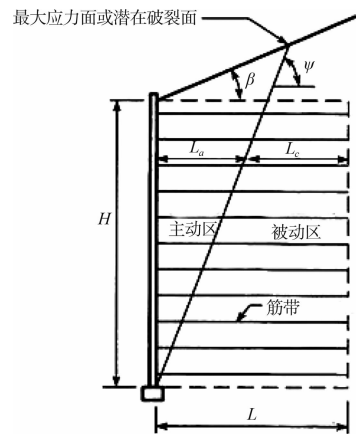


图 4 简化破裂面 (国内规范)



a) 破裂面为双线性



b) 破裂面为线性

图 5 简化破裂面 (NHI)^[3]

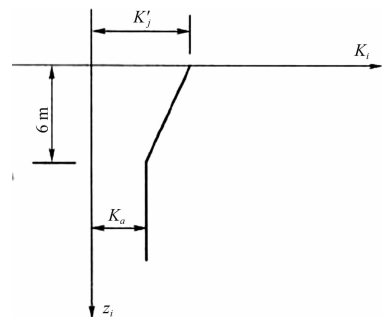


图 6 土压力系数 (国内规范)

图 6 为国内规范对土压力系数的取值。

当 $z_i \leq 6$ m 时,

$$K_i = K'_0 \left(1 - \frac{z_i}{6} \right) + \frac{K_a z_i}{6} \quad (6)$$

当 $z_i > 6$ m 时,

$$K_i = K_a \quad (7)$$

式中: K'_0 为静止土压力系数, $K'_0 = 1 - \sin\varphi$; K_a 为主动土压力系数, $K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ 。

美国规范对不同筋带的土压力系数进行了细化。对于除大分子聚合物之外的土工合成织物筋带, 规范规定其土压力系数与库伦主动土压力系数一致。对于钢带以及钢格栅, 其土压力系数沿挡土墙高度分布形式与土工合成织物筋带存在差别, 见图 7。

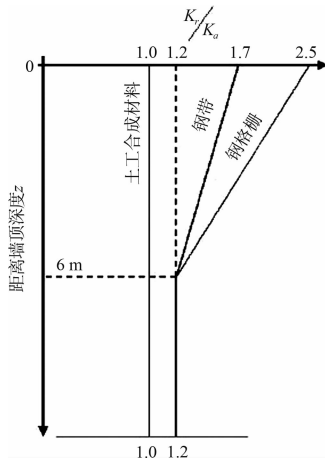


图 7 土压力系数 (NHI)^[3]

5.3 似摩擦系数

国内规范对似摩擦系数按表 2 取值。

表 2 填料与筋带之间的似摩擦系数 f'

填料类型	黏性土	砂类土	砾碎石类土
似摩擦系数	0.25 ~ 0.40	0.35 ~ 0.45	0.40 ~ 0.50

注: 带肋钢带的似摩擦系数可提高 0.1, 墙高大于 12 m 的高挡土墙似摩擦系数取低值。

NHI 规范规定, 在缺乏现场筋带拉拔测试数据的情况下, 可以采用半经验公式^[4]。对于带肋钢带其似摩擦系数按下列公式取值:

$$z < 6 \text{ m} \quad F^* = \tan\varphi = 1.2 + \lg C_u \quad (8)$$

$$z \geq 6 \text{ m} \quad F^* = \tan\varphi \quad (9)$$

式中: C_u 为填料不均匀性系数 (D_{60}/D_{10}); φ 为填

料内摩擦角。式(8)在挡土墙顶面取最大值 2.0。

对于土工筋带,

$$F^* = \frac{2 \tan\varphi}{3} \quad (10)$$

国内规范对于带肋筋带似摩擦系数的取值比较保守, 对于填料为砾碎石类土的情况, 似摩擦系数最大值取为 0.6, 而美国规范在顶层筋带处可取为 2.0。似摩擦系数取值的差异对筋带长度的设计有较大的影响。

6 结语

1) 通过在筋带末端设置锚碇块, 减少了筋带的长度, 形成一种新型的加筋挡土墙。新型的加筋挡土墙筋带更省、经济效益更明显。

2) 通过对比国内外规范, 发现国外规范对不同种类的筋带分别给出了不同的计算公式。伸缩性不同的筋带对于内部受力状况是不一样的, 因此国外规范更为严谨。而对于似摩擦系数的选取, 国内规范比国外规范更保守。NHI 规范中给出的似摩擦系数是在标准填料状况下使用的, 因此针对特定的工程项目, 需要对填料的特性进行评估, 或者进行现场试验, 从而给出更为合理的取值。

参考文献:

- [1] 何光春, 刘传源. 加筋土技术在河内码头及护岸工程中的应用[J]. 港口工程, 1999(6): 29-32.
- [2] 何光春. 加筋土技术的应用及进展[J]. 河港工程, 2001(2): 15-19.
- [3] BS 8006: 1995 Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills[S].
- [4] NHI. Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes[R]. Washington D C: NHI, 2001.
- [5] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications[S]. 5th ed, 2010.
- [6] JTJ 015—1991 公路加筋土工程设计规范[S].
- [7] 中交第二公路勘察设计研究院有限公司. 公路挡土墙设计与施工技术细则 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

(本文编辑 武亚庆)