



T型地连墙结构 m 法计算中的问题和改进

张 飞, 孙新鹏, 李荣庆

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 采用传统 m 法计算单锚 T 型地连墙结构内力时, 墙前土体反力往往会超过被动土压力, 因而需通过多次迭代计算, 不断调整土体 m 值, 直至满足要求, 计算过程繁琐。结合工程实例, 基于传统 m 法, 考虑土体变形对 m 值的影响, 提出采用分段 m 法计算 T 型地连墙结构, 有效解决了传统 m 法计算中存在的问题, 并在唐山港曹妃甸港区文丰通用杂货码头工程设计中得到成功应用。

关键词: T 型地下连续墙; 土体反力; 迭代计算; 分段 m 法

中图分类号: U 656.1⁺39; TU 47

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)S1-0148-05

Problems and improvement on calculation of T type underground continuous wall by m method

ZHANG Fei, SUN Xin-peng, LI Rong-qing

(CCCC Water Transportation Consultants Co.Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: When using traditional m method to calculate the internal force of single anchor T type underground continuous wall, the soil reaction force in front of wall tends to exceed the passive earth pressure. Therefore, several times of iterative computation are required to constantly adjust the value m of soil until it meets the requirements, and the process of calculation is cumbersome. Combined with practical work, based on the traditional m method, this paper considers the effect of soil deformation on the value m , and the segmentation m method is proposed to calculate the T type underground continuous wall. It has effectively solved the problem of traditional m method in calculation, and has been successfully applied in engineering design of general cargo terminal in Caofeidian port area of Tangshan port.

Keywords: T type underground continuous wall; soil reaction force; iterative computation; segmentation m method

地连墙结构具有结构简单、受力合理、对复杂地质条件适应性强等优点, 常用于地下工程、深基坑支护及码头工程中。在码头工程中, 常用的地连墙结构有带锚杆的地连墙结构、桩基地连墙结构、遮帘桩式地连墙结构及卸荷式地连墙结构等。常用的地连墙截面有矩形、T 型、工字型

及钻孔排桩型等。

地连墙结构计算牵涉到墙体和土体共同变形, 计算参数的选择直接影响到结果的精度。但实际上, 计算参数的选择大多依靠工程师的经验。目前规范^[1-2]建议采用弹性线法或竖向弹性地基梁法计算, 而对于刚度较大的 T 型地连墙, 弹性线法

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 张飞 (1985—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口水工结构设计。

表1 工程地质指标

土层 编号	土层 名称	液性指数 I_L	快剪		固快		$m/$ (kN/m^4)
			粘聚力/ kPa	摩擦角/ $(^\circ)$	粘聚力/ kPa	摩擦角/ $(^\circ)$	
	回填砂			28.0		28.0	6 000
① ₃	粉质黏土	1.05	13.5	25.1	20.3	27.3	2 000
① ₄	粉砂			28.9		28.9	4 000
② ₁	粉质黏土	0.81	32.0	22.5	26.4	26.0	2 800
	黏土夹层	0.76	24.3	1.3	28.0	17.3	3 000
② ₁	粉质黏土	0.81	32.0	22.5	26.4	26.0	2 800
② ₂	粉砂			29.1		29.1	4 000
	粉土夹层	0.56		28.0		28.0	3 800
② ₃	粉质黏土	0.60	25.8	14.3	25.4	21.9	3 600
	黏土夹层	0.55	49.7	5.2	32.0	17.2	3 800
③ ₁	粉质黏土	0.49	27.0	11.4	30.4	21.6	4 200
④ ₂	粉土	0.66	17.0	25.2	23.0	28.5	3 500
④ ₁	粉砂			29.1		29.1	4 000

2 计算方法

2.1 迭代修正 m 法

关于地连墙结构与土体的共同变形,日本的森重龙马曾改进了弹性地基梁法中地连墙外侧土压力的计算方法,对土体抗力进行了限值。主要思想是:未开挖的初始状态,地连墙结构位移为0,相应的土压力按照静止土压力考虑。随着土体开挖,地连墙结构将发生变形,作用于地连墙两侧的土压力会在初始静止土压力基础上发生变化。开挖侧的土体抗力将逐渐增大,但不应超过土体的被动土压力,另外一侧的土体抗力将逐渐减小,但不应小于土体的主动土压力。

为实现森重龙马法所提的改进方案,在计算中,需要对地基反力系数进行迭代修正,直至土体抗力不超过土体抗力极限值^[4]。迭代修正 m 法计算过程如下:

1) 按照传统的竖向地基梁法进行结构计算,得到初始土体抗力 P_i 。

2) 按照规范计算墙前开挖的被动土压力 P_1 及墙后的主动土压力 P_2 (由墙前泥面起算), 两者的差值 $P_j = P_1 - P_2$, 即为土体抗力的极限值。

3) 若 $P_i < P_j$, 土体抗力小于极限值, 则是合理的。若 $P_i > P_j$, 土体抗力超过极限值, 则是不合理的, 土体抗力势必会重分布, 结构受力也会随之改变。计算上, 通过对该位置土体水平地基反

力系数 K_i 进行修正, 修正思路是当土体抗力超过极限值, 土体屈服, 土体继续变形但抗力无法继续增加, 可通过减小水平地基反力系数来降低土体抗力的方法模拟土体屈服, 修正后的水平地基反力系数 K_j 按照下式计算:

$$K_j = P_j / P_i \cdot K_i \quad (1)$$

4) 采用修正后水平地基反力系数 K_j 重新进行计算, 对结果进行检查, 若有计算位置土体抗力大于极限值, 即 $P_i > P_j$, 则用式(1)对水平地基反力系数继续修正, 使其减小。若曾修正过的计算位置处土体抗力小于极限值, 即 $P_i < P_j$, 则也用式(1)对水平地基反力系数继续修正, 使其增大。

5) 重复3)、4)步, 迭代计算, 直至所有计算位置土体抗力不超过极限值, 完成计算。

迭代修正 m 法计算方法明确易懂, 但地质条件及结构较为复杂时, 迭代次数多, 过程繁琐。

2.2 分段 m 法

基本思路: 土体未屈服时, 土体水平地基反力系数为一个定值; 而土体屈服后, 土体水平地基反力系数等于0(或取一极小值)。通过这种分段赋值的方法, 来模拟土体屈服, 保证土体抗力不超过极限值。分段 m 法计算过程如下:

1) 依据迭代修正 m 法第2步计算土体抗力的极限值 P_j , 依据规范^[1] 确定土体水平地基反力系数 K 。

2) 土体的变形限值 L_j 按照下式计算:

$$L_j = P_j / K \quad (2)$$

3) 水平地基反力系数分段赋值: 当土体变形 $L_i < L_j$ 时, 土体未发生屈服, 土体地基反力系数 K 按照规范^[1] 为一定值; 当土体变形 $L_i > L_j$ 时, 土体发生屈服, 此时土体地基反力系数 $K = 0$ (或取一极小值), 即土体屈服, 变形增加但土体抗力不继续增加。

4) 将分段赋值后的水平地基反力系数 K 代入计算模型, 完成计算(图 2)。

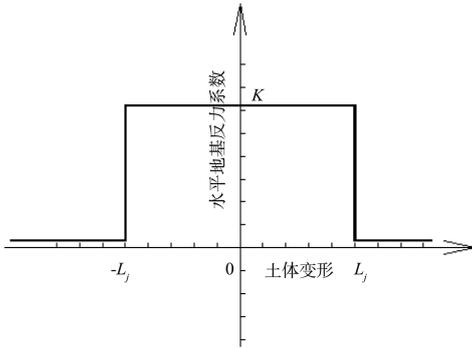


图 2 分段水平地基反力系数 K 赋值

分段 m 法计算方法更为科学, 对土体屈服的模拟更为合理, 且一次计算即可, 避免了繁琐的迭代过程, 能很好地解决迭代修正 m 法存在问题。

3 计算结果对比

分段 m 法在唐山港曹妃甸港区文丰通用杂货泊位工程设计中得到成功应用, 取得良好的效果。

分别采用传统 m 法、迭代修正 m 法及分段 m 法对文丰码头 T 型地连墙结构进行计算, 取单个地连墙段(4.5 m 宽)进行建模, 模型见图 3。

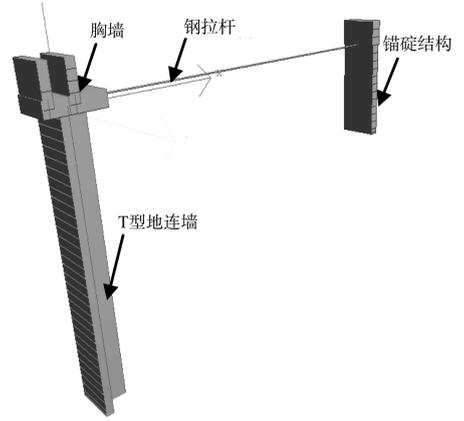


图 3 曹妃甸文丰码头模型

经计算: 分段 m 法与迭代修正 m 法计算结果较为接近, 地连墙弯矩、剪力及位移分布也比较一致。而传统 m 法计算结果因未考虑土体屈服, 计算结果差异较为明显, 这需要引起足够的重视(表 2、图 4)。

表 2 T 型地连墙内力计算结果 (单个地连墙段)

计算方法	最大正弯矩/ (kN·m)	最大负弯矩/ (kN·m)	最大剪力/ kN	最大位移/ mm
传统 m 法	15 000	10 200	3 810	34.2
迭代修正 m 法	17 153	9 065	3 785	30.2
分段 m 法	16 930	8 893	3 732	29.7

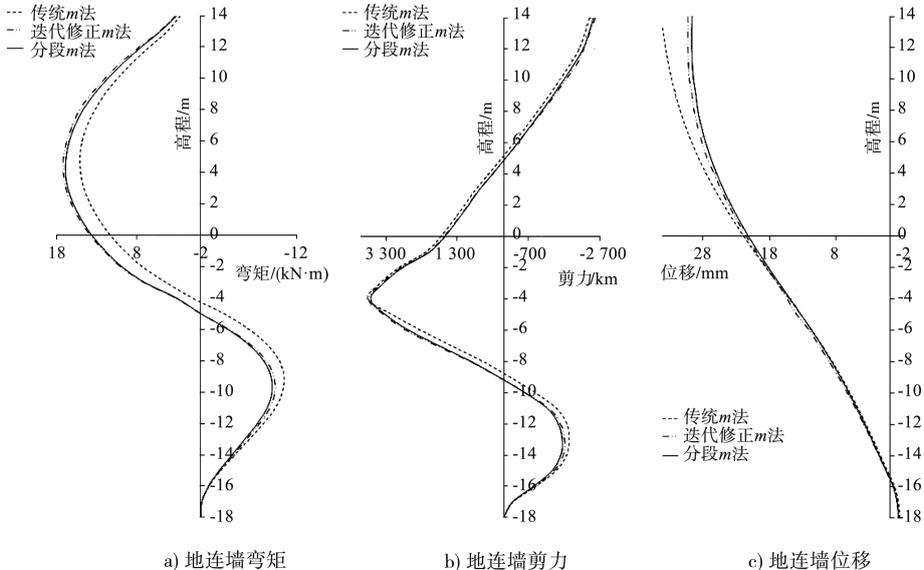


图 4 T 型地连墙内力位移分布

4 结论

1) 分段 m 法及迭代修正 m 法能较好地考虑土体屈服, 计算结果较为一致, 但分段 m 法无需迭代, 简单高效, 更具有优势。传统 m 法无法考虑土体屈服引起的内力重分布, 在本项目中, 计算结果差距较为明显, 应该引起重视。

2) 一般情况下, 对于常规的海相沉积底层, 考虑土体屈服后, 会引起地连墙内力重分布。T 型地连墙泥面以上正弯矩有增大的趋势, 泥面以下负弯矩有减小的趋势, 剪力在泥面以下有减小的趋势。

3) T 型地连墙刚度大, 能较好地控制结构位移量, 计算得到的位移最大点出现在拉杆的位置。

经现场测量, 码头运行至今已有 2 年多时间, 实测位移量均小于 10 mm, 效果良好。

参考文献:

[1] JTS 167-3—2009 板桩码头设计与施工规范[S].
 [2] JTJ 303—2003 港口工程地下连续墙结构与施工规程[S].
 [3] 中交水运规划设计院有限公司.唐山港曹妃甸港区文丰通用杂货泊位工程初步设计[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2013.
 [4] 别社安,李增志,赵冲久.地连墙结构 m 法计算中的问题和改进[J].土木工程学报,2003(10):19-23.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 128 页)

6 结语

1) 国际上对于 E-Navigation 的研究已进入攻坚阶段, 随着各国对 CSSA、MSP 等关键技术研究的深入, E-Navigation 相关标准体系和技术将会更加细化和完善。对于航海保障综合信息系统总体架构的研究将会推动我国在 E-Navigation 领域取得更多的研究成果。

2) 为适应国际航运发展的新形势、新要求, 推进航海保障向精细化管理、网络化监测、智能化操作方向发展, 基于 E-Navigation 的 CSSA 架构及 MSP 服务集, 提出一套准确、安全、高效的航海保障综合信息系统架构体系, 为构建布局合理、层次分明、功能完善、性能可靠的航海保障体系

奠定基础。

3) 按照 CSSA 基础架构, 对航海保障综合信息系统各层结构组成进行描述, 为我国相关部门和研究部门推动国际 E-Navigation 战略计划的实施提供参考。

参考文献:

[1] 孙腾达.IMO E-Navigation 介绍[J].航行安全分委会信息简报,2011(25):39-46.
 [2] 李树兵.基于 E-Navigation 的港口航道综合保障系统[J].交通企业管理,2015,30(9):53-55.
 [3] 朱勇强,马敏,兰文君,等.E-Navigation(e-航海)2014 年研究报告[R].北京:交通运输部海事局,2015.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 141 页)

2) 地基内排水板排水效果较好。加载过程中, 首先在 10 d 左右时间有约 30% 的附加应力以较快速率转化为地基有效应力, 其余部分则均匀消散, 后期沉降收敛较慢, 尤其沉降速率在 2 mm/d 左右时, 持续时间较长, 对上部结构施工影响较大, 应采取措施消除。

参考文献:

[1] 高大钊.软土地基与地下工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2005:154-170.

[2] JTS 167-2—2009 重力式码头设计与施工规范[S].
 [3] JTJ 300—2000 港口及航道护岸工程设计与施工规范[S].
 [4] 王元战,华蕾娜,祝振宇.软土地基条件下大型圆筒海岸结构稳定性计算方法[J].岩土力学,2005,26(1):41-45.
 [5] 刘建起,吕宝柱.非沉入式无底圆筒结构基底应力及抗倾稳定性研究[J].岩土工程学报,1995,17(1):32-37.
 [6] 交通运输部天津水运工程科学研究所.大连港东部地区搬迁改造项目填海工程水工永久护岸工程一标段护岸观测分析总报告[R].天津:交通运输部天津水运工程科学研究所,2010.

(本文编辑 郭雪珍)