

NS-box 系统在地下基坑支护中的适用性研究

赵海丰^{1,2}, 汪大华², 贾 静¹, 李 强¹

(1. 长江三峡勘测研究院有限公司(武汉), 湖北 武汉 4300741; 2. 中国地质大学(武汉) 工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:以某地铁基坑为例,采用极限平衡法和有限元数值模拟对 NS-box 系统在基坑地下连续墙支护结构中的应用进行了计算和分析,并从技术经济性、施工速度、施工复杂程度、适用范围以及环境影响等方面与传统的地下连续墙支护结构进行对比研究。研究表明,NS-box 系统应用于地下连续墙结构是安全、可行的,其在施工工艺和环境保护等方面具有明显优势,可应用于基坑地下连续墙支护结构。

关 键 词:地下连续墙; 支护结构; NS-box 系统; 基坑

中图法分类号: TV551.4

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.14.018

1 NS-box 系统简介

近年来,我国基础设施建设得到了突飞猛进的发展,特别是城市,正逐渐向空中、地面和地下三维立体空间发展。目前,基坑工程是形成地下空间最直接和有效的方法,已经广泛应用于城市建筑工程、地铁工程、交通工程等领域。地下连续墙作为基坑支护结构的一种形式,具有集挡土、承重和防渗于一体的优点^[1],可应用于地质条件复杂的大型基坑中,特别是随着我国城市地铁工程的发展,更是得到了广泛的应用。

目前,国内的城市基坑支护工程受施工场地和施工速度等因素的限制,与城市交通及周边环境的冲突日趋严重,且钢筋的制作及安装又是对基坑支护结构的施工速度、占地面积以及环境的影响起重要作用的控制性环节^[2]。因此,需要寻找施工更为快捷、占地面积更小且对环境影响更小的技术措施。

NS-box 系统是日本新日铁住金株式会社生产的一种两端有平行翼缘的钢支护定型钢材,类型如图 1 所示。

NS-box 系统应用于地下连续墙是指采用 NS-box 构件代替钢筋笼放入沟槽中,浇筑混凝土形成的一道连续的钢结构混凝土墙体,具有施工便捷、对环境

影响小等特点。NS-box 系统在国内尚无应用的先例,关于其设计计算也没有一套成熟的方法可供参考。本文通过理论计算、数值模拟、对比分析等方法研究了 NS-box 系统在基坑地下连续墙支护结构中的可行性,为其推广应用提供必要的理论支持,为城市复杂区域的基坑开挖工程提供一种新的支护方案。

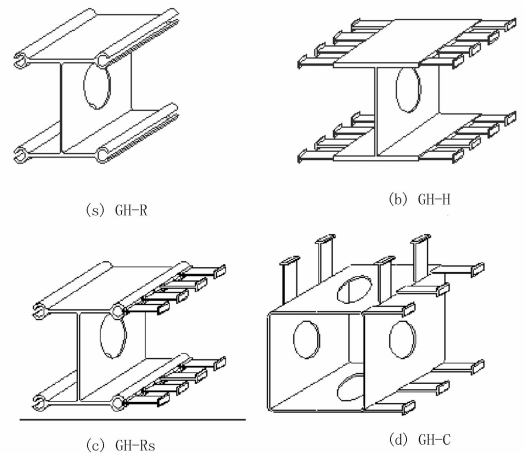


图 1 NS-box 系统构造

2 NS-box 系统基坑支护结构设计

以某地铁基坑工程为例,采用极限平衡法和数值模拟法对 NS-box 系统在地连墙基坑工程中的应用进

行计算和分析,并与桩撑方案进行对比。

2.1 基坑概况及工程地质条件

项目基坑东西向长约 260 m,宽约 30~60 m,南北向长约 220 m,宽约 30~46 m。标准段基坑深约 28 m。场地土层由上至下分别为:① 人工填土和淤泥层;② 第四系全新统冲积黏土层;③ 第四系全新统粉土、粉砂、淤泥质黏性土层;④ 第四系全新统冲积砂土层;⑤ 白垩-下第三系强风化泥质砂岩,土层分布及各层物理力学参数见图 2。

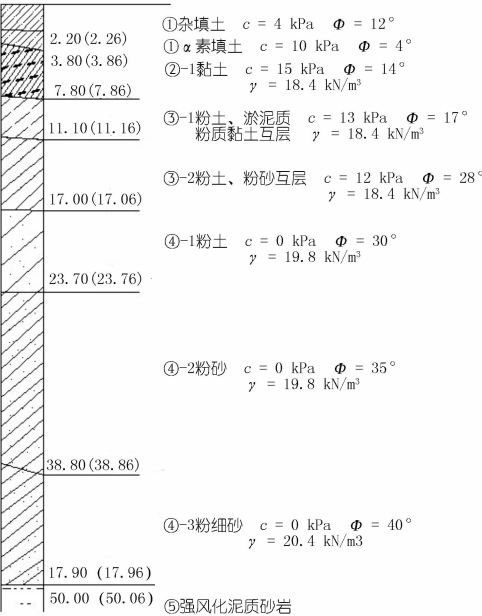


图 2 场地土层及物理力学参数

2.2 原有支护方案

综合考虑基坑地质情况以及周边场地环境,原基坑围护结构方案设计如下。

基坑深度 28.5~29.5 m,基坑主体围护结构采用地下连续墙围护结构形式,地下连续墙墙厚 1 200 mm,采用 C30 混凝土。支撑采用混凝土及 Φ600 的双拼钢管支撑,支撑间距约 4 m,支撑道数为 7~8 道,腰梁采用 I45 c 和混凝土组合腰梁。基坑平面内一般采用对撑,在端部与角部采用斜撑。基坑嵌固深度为 21.8~31.5 m,

2.3 NS-box 系统地连墙方案

设计采用地下连续墙支护结构。计算结果表明,支护结构弯矩值为 -2 424.54~1 735.89 kN·m,剪力值为 -1201.4~810.28 kN。根据内力计算结果,初步选定连续墙厚度为 900 mm。钢结构地下连续墙中 NS-box 选择 GH-R 和 GH-H 型,基坑四角选用 GH-C 型。型号为 GH-R800×28×25×19、GH-H800×750×28×25 和 GH-C800×800×25,混凝土强度

等级选用 C30,混凝土保护层厚度为 50 mm,钢材牌号选择 SM490 型,单位长度 (1 m) 的截面积为 18 105 mm²,惯性矩 $I = 61.61 \times 10^8 \text{ mm}^4$,截面模量 $W = 13.77 \times 10^6 \text{ mm}^3$,质量 386 kg。

相继采用极限平衡法和数值法对支护结构在基坑开挖过程中的受力变形进行计算。图 3 为采用极限平衡法计算所得结果^[3]。

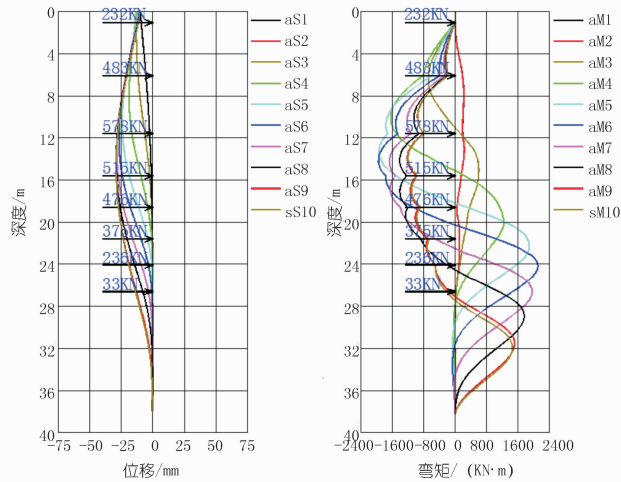


图 3 极限平衡法计算结果

由计算结果可知,计算支护结构最大弯矩为 2 023 kN/m,最大位移为 39 mm。

数值计算采用二维有限元结构模型,根据基坑岩土体力学性质,采用弹塑性的非线性有限元法,本构关系采用“Hardening Soil Small Model”模型,以计算基坑支护结构在基坑开挖过程中的变形特征。共分 25 种工况,计算了每种工况下基坑的受力及变形情况。

计算结果显示,支撑结构物的最大内力和最大位移出现在工况 20 的位置,此时开挖深度为 28.87 m,设置高度为 19.77 m,施作 2 层中板,支护结构最大变形 37.11 mm,最大弯矩 $M_{\max} = 2\,210 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

按照国家和湖北省建筑基坑支护的有关技术规范和规定,该基坑支护工程安全等级为一级^[4]。结合车站周边环境、道路交通以及武汉地区在建地铁车站基坑的技术要求,支护结构最大水平位移值: $\delta \leq 0.3\% H$ (不大于 40 mm),结构变形满足规范要求。

3 NS-box 系统应用于地连墙的可行性分析

NS-box 系统应用于地连墙支护结构具有施工便捷、施工空间要求相对较小、对环境影响小等优点。为了论证 NS-box 系统应用于地下连续墙支护结构的适用性,本文从技术经济性、施工速度、施工复杂程度、适用范围以及环境影响几个方面,对采用 NS-box 系统替代钢筋笼应用于地下连续墙基坑支护方案进行对比

分析。

3.1 NS - box 系统的经济性分析

根据设计方案, NS - box 系统应用于地下连续墙支护结构可适当减小地下连续墙的宽度, 其主要原因在于采用 NS - box 系统的单位含钢量(288 kg/m²) 要高于传统的地下连续墙(195 kg/m²) , 每平米支护结构主要工程量及造价详见表 1。考虑到两方案的支撑体系一致, 仅对地连墙部分进行工程投资计算。经计算, 传统支护结构的造价为 2 468 元/m², NS - box 系统支护结构的造价为 2 518 元/m²。经济性对比结果显示, 两方案的工程投资基本相当。

表 1 不同支护方案每平米工程量及造价对比

项目	土石方	C30 混凝	钢材/	工程造价/
	开挖/m ³	土/m ³	kg	
传统地连墙	1.2	1.2	195.0	2468.0
NS - box 地连墙	0.9	0.9	288.0	2518.0

3.2 NS - box 系统施工工艺分析

3.2.1 施工速度

(1) NS - box 系统的安装速度快于普通钢筋制作安装速度。NS - box 系统可事先在工厂进行加工, 现场直接拼装即可; 而传统的地下连续墙施工需要在现场制作钢筋笼, 然后进行吊装, 且吊装速度明显慢于 NS - box 系统, 而且占地较大, 影响城市交通。

(2) NS - box 系统地下连续墙的成槽速度优于传统的地下连续墙。通过计算, NS - box 系统能降低墙体厚度, 减小成槽土方量, 从而加快了地下连续墙的成槽速度。

(3) NS - box 系统地下连续墙的混凝土浇注速度优于传统的地下连续墙。由于 NS - box 系统应用于地下连续墙采用了较薄的墙体, 所需的混凝土量变小, 由此可以减小混凝土的浇注时间, 从而加快施工速度。

(4) NS - box 系统地下连续墙的废浆处理速度优于传统的地下连续墙的处理速度。由于 NS - box 系统地下连续墙采用了较薄的墙体, 所产生的废浆量较小, 由此可以减小废浆处理的工作量, 从而加快施工速度。

综上, 从施工速度上考虑, NS - box 系统地下连续墙方案要优于传统的地下连续墙方案。

3.2.2 施工复杂程度

传统的地下连续墙施工方法在国内已经积累了大量的施工经验, 施工复杂程度一般, 施工质量容易得到保证。NS - box 系统在地下连续墙中的应用虽然在国内尚没有相关的施工经验, 但 NS - box 系统为工厂制作好的成品, 只需在现场拼接安装即可, 相比钢筋笼施工来说, 更为简单。通过相应的培训, 施工和技术人员

能在较短的时间内掌握该项施工技术并保证施工质量。

综合以上因素, NS - box 系统的施工不存在特别的施工难度, 目前的地下连续墙施工技术水平可以较好地满足施工要求。

3.3 NS - box 系统适用范围分析

两者除了在配筋的方式上不一样外(一个采用钢筋, 而另外一个采用 NS - box 系统代替钢筋), 其他施工工艺基本相同, 故两者适用范围基本一致。但 NS - box 系统更加适用于工程场地复杂、施工场区面积较小、施工工期要求较高的工程。

3.4 环境影响分析

(1) 施工噪音对环境的影响。两者都采用洗槽机成孔, 成孔所产生的噪音均较小, 但是传统地下连续墙的钢筋笼需要现场制作, 钢筋弯曲及焊接等制作过程会产生一定噪音, 而 NS - box 系统采用工厂制作, 现场安装。因此, NS - box 系统地下连续墙施工所产生的噪音更小。

(2) 对交通环境的影响。对于城市基坑, 特别是位于市中心的地铁基坑等, 必须考虑施工对城市交通的影响。NS - box 系统地下连续墙所需要的施工场区面积更小, 对交通的阻碍范围相对较小; 施工速度更快, 阻碍交通的时间更短。因此, NS - box 系统地下连续墙施工对交通的影响较传统的地下连续墙小。

(3) 对附近居民生活环境的影响。相比传统的地下连续墙, NS - box 系统地下连续墙避免了钢筋笼制作带来的声污染、光污染和噪音污染。同时, NS - box 系统的应用减小了地下连续墙壁厚, 能有效减少泥浆外用量和混凝土用量, 缩短施工时间, 对周边居民生活环境影响相对较小。

综上所述, NS - box 系统具有施工噪音较小、施工周期短等优点, 对施工场区周边环境的影响更小。

4 结 论

(1) 分别采用“天汉”软件和 plaxis 软件对基坑支护结构的内力和变形进行计算。计算结果显示, 两者计算结果基本相当, 均能满足规范要求。

(2) NS - box 系统应用于地下连续墙与传统的施工工艺基本相同, 由于其自身刚度较大, 能有效地提高地下连续墙的刚度, 从而减小地下连续墙墙体的厚度。

(3) 与传统的基坑支护方案相比, NS - box 系统的应用具有施工速度快、对周边环境影响小等优点, 比较适合应用于城市等对施工速度和环境影响要求较高的区域。

(4) 通过每平方米的造价比较,含 NS-box 系统的地下连续墙造价与传统的地下连续墙基本相当,NS-box 系统可作为特定环境下城市地下连续墙支护结构的优选方案。

参考文献:

[1] 中国土木工程学会土力学及岩土工程分会主编. 深基坑支护技术

指南[M]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2012.

[2] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工程工业出版社,2009.

[3] 赵海丰,桂树强. H+Hat 组合型钢桩在基坑工程中的适用性研究[J]. 人民长江,2012,(5).

[4] GB42/159-2004 基坑工程技术规程[S]. (编辑:赵凤超)

Study on applicability of NS-box system in supporting structure of foundation pit

ZHAO Haifeng^{1,2}, WANG Dahua², JIA Jing¹, LI Qiang¹

(1. Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China; 2 Faculty of Engineering, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China)

Abstract: Taking a subway foundation pit as an example, the application of NS-box system in underground diaphragm wall supporting structure of foundation pit is calculated and analyzed by means of limit equilibrium and finite element numerical simulation. The underground diaphragm wall support of NS-box system is compared with the traditional support in terms of technology and economy, construction speed, construction complexity, application scope and environmental impacts. The results show that the application of NS-box system in underground diaphragm wall support is safe and feasible with remarkable advantages in construction technology and environmental protection.

Key words: underground diaphragm wall; supporting structure; NS-box system; foundation pit

(上接第 50 页)

Application of multiple linear regression in inversion of tunnel ground stress

SHI Cunpeng, WANG Jiaxiang, CHEN Changsheng, WANG Wangsheng, HU Wei

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: To overcome the drawbacks of insufficient measuring point of ground stress, it is necessary to invert the ground stress field by multiple linear regression method. Aiming at a deep-buried tunnel, according to the ground stress data measured by hydraulic fracturing method, the inversion of ground stress is carried out. Based on the introduction to the basic inversion theory and error analysis, the inverted results of ground stress are provided. The results show that the calculated results by multiple linear regression is in accordance with the measured data, so it is feasible to be applied in the evaluation of ground stress in the presented tunnel section; due to the influence from horizontal tectonic stress and fracture structure, the ground stress in the presented section reveals some spatial variability.

Key words: hydraulic fracturing method; multiple linear regression; inversion of ground stress; deep buried tunnel

(上接第 57 页)

Estimation method of shear strength of rock mass discontinuity without filling and its application

ZHONG Hua, YANG Huoping, HE Jinming

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: The shear strength parameters of rock mass discontinuity are basic parameters in anti-sliding stability calculation of structure foundation. In small-scale project, the value of the parameter is taken by the experienced engineer through the analysis and classification of the characteristics of discontinuity; while, in large-type project, it is obtained by test. The former method depends on the experience of engineer, and the latter can not cover all discontinuities because the test can only be performed to partial typical discontinuity. We described how to estimate the shear strength parameters of some specific discontinuities quantitatively, and the method is practical and convenient.

Key words: shear strength; rock mass discontinuity; roughness of fracture; rock face strength; Murum Hydropower Station