

Performance Test Research and Finite Element Analysis of Vertical Bearing Capacity of a New Trestle Lightweight Bottom Slab

Song Bai

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056038, China

Abstract

This research group has developed an integrated lightweight bottom plate (hereinafter referred to as the “bottom plate”) for the complete set of module trestle. It is mainly formed by C-type steel combination steel skeleton, filled with foam concrete to form a foam concrete light bottom plate. The test is divided up of three stages. The first stage is the laboratory stage, the bearing capacity of a single bottom plate is studied, the second stage is the factory foot trestle test, and the third stage is the optimized single plate working performance test based on the first two stages. Now, ABAQUS finite element software is used to simulate the single plate vertical bearing capacity performance in the first stage, and to compare and analyze the test results, so as to provide the theoretical basis and technical guidance for the next two stages of the test.

Keywords

light bottom plate; type steel skeleton; foam concrete; ABAQUS

某新型栈桥轻质底板竖向承载力性能试验研究与有限元分析

白松

河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056038

摘要

本课题组研发出了一种适用于成套式模块栈桥的一体化轻质底板(下文简称“底板”)。其主要由C型钢组合成型钢骨架,中间填充泡沫混凝土而形成泡沫混凝土轻质底板。试验分为三个阶段组成,第一阶段为试验室阶段,对单个底板的承载力进行研究,第二阶段为工厂足尺栈桥试验,第三阶段为在前两阶段基础上的优化单板工作性能试验。现利用ABAQUS有限元软件对第一阶段中单板竖向承载力性能进行模拟,与试验结果进行对比分析,为之后两阶段试验提供理论依据和技术指导。

关键词

轻质底板; 型钢骨架; 泡沫混凝土; ABAQUS

1 引言

工业建筑领域中栈桥作为一种重要的结构形式,在现代化发展过程中,钢结构栈桥更是以较多优势广泛应用在大跨度栈桥建设中,特别是在高度为15-20米的栈桥建设中,应用广泛,其优势主要包括有结构自身质量轻、施工周期短、抗震性能好、整体性好、材料强度高以及造价低。目前,这种钢结构栈桥正逐渐向着高、大以及重的方向进行发展^[1]。

模块式输煤钢栈桥底板一般为压型钢板-混凝土组合底板或KST板。混凝土底板强度高、刚度大,安全储备高,但是其自重重大,增加整个栈桥的用钢量^[2];KST板自重轻,便于安装,但是自身刚度小,在水平荷载作用下,易变形破

坏^[3]。因此,研发模块化钢栈桥新型轻质底板具有重要现实意义。

本课题组研发出了一种适用于成套式模块栈桥的一体化轻质底板(下文简称“底板”)。其主要由C型钢组合成型钢骨架,中间填充泡沫混凝土而形成泡沫混凝土轻质底板。与压型钢板-混凝土组合楼板比,自重较轻;较KST板,具有良好的力学性能(抗弯、抗剪及变形能力)可以取代栈桥的底部斜撑,降低用钢量,同时具有良好防水、耐磨性能。通过试验研究,表明该新型一体化底板可以满足作为成套式模块栈桥底板的各项技术要求,能够运用于实际工程当中。

2 试验概况

第一阶段主要包含型钢骨架研究和完成发泡混凝土填充的一体化轻质底板研究两部分。型钢骨架研究部分研究,分析了型钢骨架的侧向刚度;在一体化轻质底板研究部分,

【作者简介】白松(1998-),男,中国河北邯郸人,在读硕士,从事结构工程研究。

将型钢骨架包裹泡沫混凝土浇筑成底板(泡沫混凝土强度、容重),论文主要对底板的抗弯性能、竖向刚度进行研究。

2.1 支撑形式

跨中设置一道角钢连杆,分别在边两跨设置“K”字形斜支撑。支撑采用 L50×5 角钢。

2.2 轻质底板试验

选用 C100×50×20×2.5 的 C 型钢组成型钢骨架,型钢骨架支撑方式为“人”字形。型钢骨架空隙由 100mm 厚泡沫混凝土填充,容重控制在 600kg/m³ 左右,实测强度 1.2~1.3MPa。泡沫混凝土填充层中,部分区域添加防水剂,用于增强防水效果。

上面层为 20mm 厚聚合物水泥砂浆面层,起耐磨防水作用。部分区域中添加有防水剂,改善轻质一体化板抗渗性能,并用于后期试验中对比面层的抗渗性能。下面层沿板底 3.6m 方向 1/2 面积做 10mm 厚砂浆保护层,另 1/2 面积直接用泡沫混凝土代替 10mm 厚保护层。泡沫混凝土层与上面层之间设置 φ3@100 铁丝网片,泡沫混凝土层与下面层设置 φ3@100 钢丝网片。

采用钢板及其他配重块加载法加载,设计荷载为 50kN(4.63kN/m²),标准荷载为 30kN(2.78kN/m²)。正式加载,共分为 8 级,前两级分别加载设计荷载的 1/5,即每级荷载 10kN(0.93kN/m²),自第三级开始,每级加载设计荷载的 1/10,即每级荷载 5kN(0.46kN/m²)。

测试仪表为精密百分表或位移计,构件处共布置 11 个挠度测点,分别布置在板的两边跨,各布置 3 个测点,板中间沿跨度方向布置 5 个测点。其中,中心测点均布置在下表面,与支座搭接处测点均布置在上表面。在静载试验中分别测试各级荷载作用下底板测点的挠度变化情况。除此之外,单独在支座处设置位移监测点,在观察底板的挠度变化时,考虑支座处的变形。

挠度分析:

在各级荷载下,底板荷载与挠度基本呈线性关系,挠度最大位置为跨中,最大挠度值为 5.34mm,加载至底板设计荷载时,底板大致处于弹性工作阶段。

3 有限元模型的建立与挠度变形的分析

3.1 有限元模型材料及截面参数

定义冷弯薄壁型钢材料为钢材,根据规范 JGJ138—2016《组合结构设计规范》规定规格为 Q235,材料弹性模量为 2.06×10⁵N/mm²,泊松比为 0.3,线膨胀系数 1.2×10⁻⁵,容重 78.50kN/m³。

根据泡沫混凝土应用技术规程(JGJ/T341—2014)自定义泡沫混凝土各个物理参数分别为:泊松比 0.2,线膨胀系数 8×10⁻⁶,容重实测 6kN/m³,以线性回归公式可估算出弹性模量 1.68×10²MPa。

定义截面特性:冷弯薄壁型钢为卷边冷弯槽型(C100×

50×20×2.5),支撑为角钢(L50×5;L40×4)。使用壳单元模拟,使计算结果更易收敛,构件使用合并命令结合为一整体,模拟焊接;泡沫混凝土底板用实体单元建立(截面 3600mm×2980mm×130mm)。型钢本构方程^[4]和泡沫混凝土本构方程^[5]根据相关文献及规范选用。

3.2 底板在竖向荷载作用下的有限元分析

3.2.1 竖向荷载作用下底板受力性能分析

按照之前试验中的加载制度设定分析步,分别计算底板模型在每一级竖向荷载下的应力与应变。对竖向荷载作用下的结构应力与应变云图进行观察,可得出底板发生了竖向变形,对比每一级加载后的裂缝图,发现裂缝首先出现在第五级加载时底板中部应变最大处,利用有限元模拟,可以算出应力约为 0.45MPa 时,底板片泡沫混凝土开始开裂。

3.2.2 竖向荷载作用下底板的变形分析

底板构件中在第八集加载下的最大挠度为 3.1mm,考虑长期效应后挠度为 4.96mm,小于允许挠度 14.9mm(1_v/200),满足规范要求。

根据有限元模拟出的数据与试验得出的曲线做比较,发现对应的两条曲线近似成比例,中部为 1.72,东西部为 2.98。

中部与两侧比例不同,可能是由于实际试验中钢骨架中两侧角钢与 C 型钢没有很好的焊接在一起导致。

为了验证猜想的正确性,在 Abaqus 中将两侧角钢(L40)删去,其余条件不变,重新进行有限元计算分析,结果显示对应的两条曲线的比例,中部为 1.61,东西部为 2.28。与实验结果更加贴近,可知实际试验中角钢与 C 型钢并没有实现很好的连接。

4 结语

论文对底板的受力性能进行了有限元分析,结论如下:

①轻质底板有很好的抗弯承载力性能,满足规范要求,可以用于实际工程使用。

②有限元可以很好的模拟底板在受力时的工作性能,可以通过有限元模拟与实际试验结果对比来分析试验中的不足和可改进的地方,进而为接下来的试验及应用提供理论支持和技术指导。

参考文献

- [1] 朱吉,孙铭,苏从毅.长距离输送钢栈桥结构形式的设计与选择[J].食与食品工业,2014,21(3):66-68.
- [2] 陈仪.现浇双向钢筋桁架楼承板受力性能试验研究[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [3] 张望喜,易伟建.某钢结构单层工业厂房雪灾倒塌分析[J].自然灾害学报,2010,19(5):119-124.
- [4] 吴敏玲.冷弯薄壁型一泡沫混凝土钢结构分析研究[D].广州:广州大学,2016.
- [5] JGJ/T 341—2014 泡沫混凝土应用技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.