

# 横梁加筋方式以控制双T板端部裂缝的技术研究

王晓亚

上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海

收稿日期: 2024年5月4日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

## 摘要

本文以上海地区李尔亚洲总部大楼项目中的预制混凝土构件双T板为研究对象, 分析了项目所使用的预应力双T板, 考虑其为满足常规跨度而突破了设计宽度, 导致双T板端部出现裂缝的原因, 通过对端部横梁加筋与端部顶板斜筋及内腋角位置加筋, 具体为450 mm肋梁高度的双T板端部横梁(横梁100 mm高)加筋( $\phi^R6@100$ ); 600 mm或800 mm肋梁高度的双T板端部横梁(横梁150 mm高)加筋, 并针对加筋后的试件进行标准试验分析。结果显示, 加固后试件的屈服承载力、峰值承载力、屈服跨中挠度、峰值跨中挠度都有提高, 分别约为1.56倍、1.47倍、1.98倍、1.46倍。理论结合实际, 提出了预应力双T板裂缝控制的具体加筋措施, 为以后双T板施工积累了经验。

## 关键词

装配式建筑, 双T板, 裂缝控制, 横梁加筋

# Technical Research on Beam Reinforcement Method to Control End Cracks of Double T-Plates

Xiaoya Wang

Shanghai Urban Construction Municipal Engineering (Group) Co., Ltd., Shanghai

Received: May 4<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 24<sup>th</sup>, 2024; published: May 31<sup>st</sup>, 2024

## Abstract

Taking the prefabricated concrete component double T-plates in the Li'er Asia headquarters build-

ing project in Shanghai as the research object, this paper analyzes the prestressed double T-plates used in the project. Considering the reason why it broke through the design width to meet the conventional span, resulting in cracks at the end of the double T-plates, the end crossbeam is reinforced, and the top plate diagonal reinforcement and inner armpit corner position are reinforced. Specifically, the end crossbeam (100 mm high) of the double T-plates with a 450 mm rib beam height is reinforced ( $\phi^R6@100$ ); a double T-plate end beam with a height of 600 mm or 800 mm ribs (150 mm high beam) was reinforced, and standard test analysis was conducted on the reinforced specimens. The results showed that the yield bearing capacity, peak bearing capacity, yield mid-span deflection, and peak mid-span deflection of the reinforced specimens all increased, with values of approximately 1.56 times, 1.47 times, 1.98 times, and 1.46 times, respectively. Combining theory with practice, specific reinforcement measures for crack control in prestressed double T-plates have been proposed, accumulating experience for future double T-plates construction.

## Keywords

Prefabricated Buildings, Double T-Plates, Crack Control, Beam Reinforcement

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 概述

随着我国经济的高速发展，装配式建筑这种新型建筑施工模式应运而生。近年来，国家大力推行装配式建筑，装配式建筑的预制混凝土构件质量直接影响建筑物的质量[1] [2] [3] [4]。其中，双 T 板为构件中最重要的结构物之一，它是板、梁结合的预制钢筋混凝土承载构件，由宽大的面板和两根窄而高的肋组成。随着装配式建筑装配率的日益提升，双 T 板由现浇转为工厂预制后，大量问题暴露在了工厂端，由制梁台座在灌注混凝土时或以后出现了不均匀沉降引起[5]，工厂不注重制梁台座的地基处理[6]，或在灌注混凝土前没有对制梁台座进行预压等[7]，都会导致双 T 板裂缝的出现。上海李尔亚洲总部大楼项目使用了预制预应力双 T 板，在其实施过程中基于项目供应双 T 板的特点，尤其是肋梁部位设置预应力钢绞线是一种具有代表性的双 T 板，它的端部是力学最不利的薄弱位置[8]，因此本文基于加固前后跨中挠度的加固处理，提出控制裂缝的措施和建议。

## 2. 工程概况

李尔亚洲总部大楼项目位于上海市杨浦区江浦路 831 号。本工程总用地面积约 7961.8 m<sup>2</sup>，为商业服务业、商用办公用地。是一栋地上 11 层、地下 2 层的商办综合办公楼，建筑总面积 28804.5 m<sup>2</sup>，其中主楼地上建筑面积 19810.8 m<sup>2</sup>，垃圾收集站 80 m<sup>2</sup>，地下建筑面积 8913.7 m<sup>2</sup>，建筑结构形式为装配整体式 - 现浇剪力墙结构。图 1 为李尔亚洲总部大楼竣工建筑效果。

本工程地上结构采用预制装配式结构，预制构件类型为预制柱、预制梁、双 T 板及预制楼梯。图 2 为本次工程中所用双 T 板实拍图。

本项目所用双 T 板的结构方面是与常规双 T 板一样，是由宽大的面板和两根窄而高的肋组成，其剖面如图 3 所示。其面板既是横向承重结构，又是受弯纵肋的受压区。由于受压区截面较大，中和轴接近或进入面板，受拉钢筋力臂较大，因此双 T 板具有良好的结构力学性能[9]。明确的传力层次，简洁的几何形状，是一种可制成大跨度、大覆盖面积的比较经济的承重构件。相对而言，本次突破了常规宽度的

设计,所带来的双 T 板具有如下特性:双 T 板板面相对跨度而言就显得较薄,且肋梁宽度较小,一般为 100 mm~210 mm,要求粗骨料的粒径不能过大,端部出现裂缝的概率较大。李尔亚洲总部大楼项目轴网为  $8.7\text{ m} \times 8.7\text{ m}$ ,所用双 T 板分为三种 450 mm、600 mm 及 800 mm 肋梁高度双 T 板,宽度约 3 m,长度约 8 m,肋梁部位设置预应力钢绞线,混凝土强度 C40。



Figure 1. Renderings of the Li'er Asia headquarters building project

图 1. 李尔亚洲总部大楼项目效果图



Figure 2. Double T-plates

图 2. 双 T 板

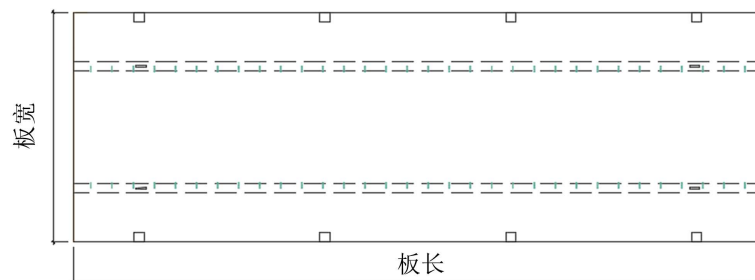


Figure 3. Cross section view of double T-plates (1)

图 3. 双 T 板剖面图(一)

以 800 mm 肋梁高度的双 T 板为例，板长约 8 m，板宽约 3 m，板厚 50 mm，肋梁底部宽度 120 mm，肋梁高度 800 mm，肋距 1500 mm。平网配筋  $\phi^R6@100$ ，立网配筋为  $\phi^R6@75/100$ ，每根肋梁布置 6 根  $\phi 12.7$  钢绞线。平网配筋与立网配筋内部结构钢筋布置图如图 4、图 5 所示。

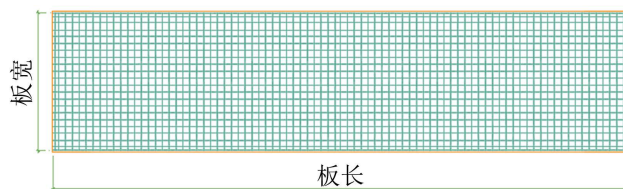


Figure 4. Reinforcement diagram (1)

图 4. 配筋图(一)

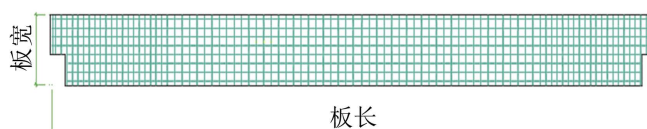


Figure 5. Reinforcement diagram (2)

图 5. 配筋图(二)

### 3. 端部裂缝特点分析

本项目双 T 板经由于其特殊性，经历了二次设计，采用预制构件生产厂家生产的方式进行。本项目柱网为 8.7 m × 8.7 m，这种间距下的双 T 板较为罕见，在经过工厂试生产后运输到现场，双 T 板端部出现裂缝，实拍图如图 6 所示。



(a) 内腋角裂缝

(b) 顶板裂缝



(c) 底部裂缝

Figure 6. Photographs of double T-plates crack diagram

图 6. 双 T 板裂缝图实拍

如图 7 所示，双 T 板裂缝主要存在于端部横梁加固内腋角区域，存在贯穿裂缝和非贯穿裂缝。

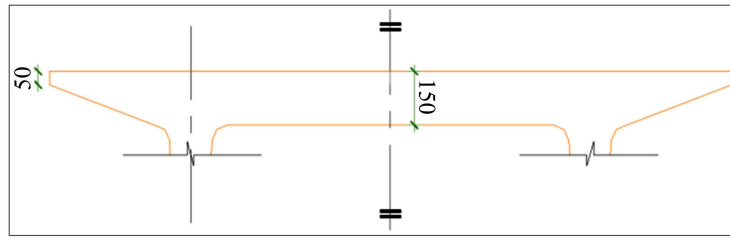


Figure 7. Schematic diagram of crack location in double T-plates  
图 7. 双 T 板裂缝位置示意图

本项目所用双 T 板最主要的原因是由于混凝土自身的收缩，以及钢绞线可能存在不同时、不均匀、未缓慢放张的情况，造成板的起拱不均匀，而再加之端部加固横梁处未设置钢筋，从而产生裂缝。

#### 4. 加筋措施研究

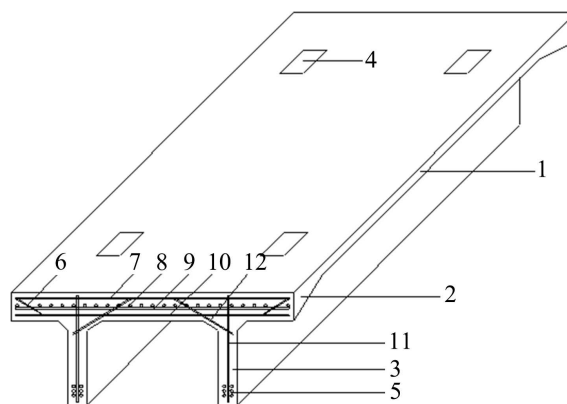
1) 根据所述裂缝特点，本研究拟针对端部横梁加筋及内腋角进行加筋处理，以增加双 T 板自身受力性能。

其中，450 mm 肋梁高度的双 T 板端部横梁(横梁 100 mm 高)加筋( $\phi^R6@100$ )。

其中，600 mm 或 800 mm 肋梁高度的双 T 板端部横梁(横梁 150 mm 高)加筋( $\phi^R6@100$ )。

2) 端部顶板斜筋及内腋角位置加筋

图 8 为本次研究中双 T 板加筋后的示意图，图中 6 为端部顶板斜筋，从端部顶板斜筋放置一根  $\phi 6$  钢筋，长度约 10 cm，倾斜角度约  $30^\circ\sim 50^\circ$ ，通过绑扎与端部横梁加筋绑扎连接[10]。



注：1：水平顶板；2：端部加厚水平顶板；3：T型板；4：吊装预埋件；5：预应力筋；6：端部顶板斜筋；7：端部上水平钢筋；8：纵向钢筋；9：水平钢筋；10：端部下水平钢筋；11：T板竖筋；12：端部T板斜筋。

Figure 8. Schematic diagram of double T-plates reinforcement  
图 8. 双 T 板加筋示意图

图中 12 为端部 T 板斜筋，在每一处腋角位置放置两根  $\phi 6$  钢筋，长度约 40 cm，倾斜角度  $30^\circ\sim 50^\circ$ ，并且通过钢丝与端部平网、端部立网绑扎连接。

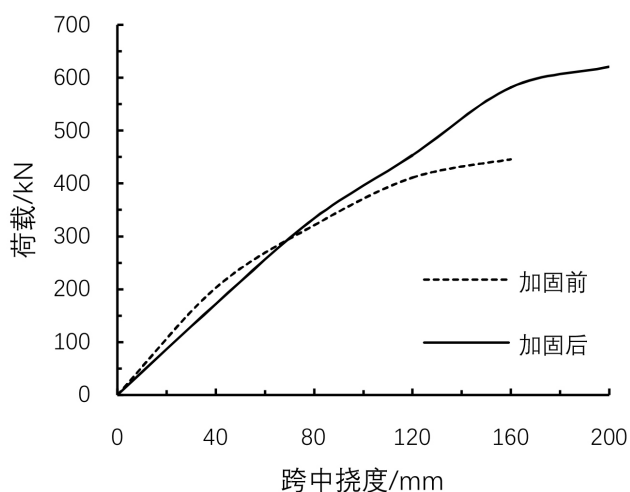
加筋后的试件设置了 7 个指标，包括抗弯刚度、开裂荷载、屈服荷载、峰值荷载、和挠度试验(含开裂跨中、屈服跨中和峰值跨中三个关键点)，参照《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152-2012 标准试验[11]进行，分析加固前后双 T 板试件各数值变化。试验结果见表 1 所示。

**Table 1.** Test results of double T-plates specimens before and after reinforcement

**表 1.** 双 T 板试件加固前后试验结果

	初始抗弯刚度	开裂荷载	屈服荷载	峰值荷载	开裂跨中挠度	屈服跨中挠度	峰值跨中挠度
加固前	13.2	210	341	430	16.30	72.40	130.20
加固后	5.4	250	532	630	47.90	143.70	190.40

由表 1 和图 9 可知，加固后的检测结果可以看到，加固后试件的屈服承载力提高了约 1.56 倍，峰值承载力提高了约 1.47 倍，屈服跨中挠度提高了约 1.98 倍，峰值跨中挠度提高了约 1.46 倍。由于未加固试件试验后存在明显裂缝，导致其初始弯曲刚度下降[12]，刚度恢复的程度有限，而加固后初始刚度恢复程度明显，这对双 T 板端部裂缝控制效果显著，有助于提升工程质量。



**Figure 9.** Mid-span deflection of double T-plates specimens before and after reinforcement

**图 9.** 双 T 板试件加固前后跨中挠度

## 5. 结论

本文以上海地区李尔亚洲总部大楼项目所使用的双 T 板为工程案例，研究了大跨度下的双 T 板端部裂缝控制加筋措施。结论如下：

- 1) 项目突破了常规宽度的设计，所带来的双 T 板具有如下特性：双 T 板板面较薄，且肋梁宽度较小，一般为 100 mm~210 mm，要求粗骨料的粒径不能过大，端部出现裂缝的概率较大。
- 2) 为达到控制端部裂缝的加筋加固措施，450 mm 肋梁高度的双 T 板端部横梁(横梁 100 mm 高)加筋( $\phi^R6@100$ )；600 mm 或 800 mm 肋梁高度的双 T 板端部横梁(横梁 150 mm 高)加筋。
- 3) 加固后，试件屈服承载力提高了约 1.56 倍，峰值承载力提高了约 1.47 倍，屈服跨中挠度提高了约 1.98 倍，峰值跨中挠度提高了约 1.46 倍。
- 4) 由于未加固试件试验后存在明显裂缝，加固后初始刚度恢复程度明显，对双 T 板端部裂缝控制效果显著。

## 参考文献

- [1] 王召新. 混凝土装配式住宅施工技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2012.

- 
- [2] 李滨. 我国预制装配式建筑的现状与发展[J]. 中国科技信息, 2014(7): 114-115.
- [3] 蒋勤俭. 国内外装配式混凝土建筑发展综述[J]. 建筑技术, 2010, 41(12): 1074-1077.
- [4] 刘阳. 装配式建筑工程管理的影响因素与对策探究[J]. 中国新技术新产品, 2016(18): 127.
- [5] 王鹏程, 陈培良, 陈隽, 等. 超大跨预制混凝土双 T 板振动舒适度足尺试验研究[J/OL]. 建筑结构, 2023: 1-6. <https://doi.org/10.19701/j.jzjg.20221056>, 2024-05-31.
- [6] 陈雨乔, 王文改, 强建海, 等. 双 T 板板缝处理技术在建筑结构设计中的应用[J]. 建筑结构, 2023, 53(12): 151.
- [7] 于婷, 张敬书, 刘海杨, 等. 预制楼板在国内外的应用现状[J]. 建筑技术, 2023, 54(1): 88-92.
- [8] 中国建筑标准设计研究院. 09SG432-2 预应力混凝土双 T 板[M]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [9] 庞瑞, 梁书亭, 朱筱俊. 国外预制混凝土双 T 板楼盖体系的研究[J]. 工业建筑, 2011, 41(3): 121-126. <https://doi.org/10.13204/j.gyjz2011.03.016>
- [10] Lee, S., Hong, S.-Y., Park, K.S. and Kyu, W.B. (2013) Flexural Behaviors of Composite Prestressed Double-T Slab with Concrete Topping. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure Construction*, **29**, 29-36.
- [11] 中国建筑科学研究院. GB/T 50152-2012 混凝土结构试验方法标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [12] 朱大壮, 黄冰峰, 朴贤日, 等. 不同配筋率下钢筋混凝土板柱节点抗冲切承载力试验研究[C]//中国力学学会结构工程专业委员会, 江西理工大学, 中国力学学会《工程力学》编委会, 清华大学土木工程系, 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室(清华大学). 第 32 届全国结构工程学术会议论文集(第 I 册). 武汉: 华中科技大学土木与水利工程学院, 2023: 10.