

Experimental Study on Shearing Properties of Concrete Sheet Reinforced by Steel Mesh and Fiber Fabric Mesh

Lingqing Deng

China Railway Construction Group Co., Ltd., Beijing
Email: 40904240@qq.com

Received: May 6th, 2019; accepted: May 21st, 2019; published: May 28th, 2019

Abstract

The paper made the experimental study on shearing properties of concrete sheet reinforced by fiber fabric mesh, by steel mesh, by steel mesh and fiber fabric mesh. The results show that the shearing strength of concrete sheet can be improved by the fiber fabric mesh or the steel mesh reinforcement; when the shear deformation of the sheet reaches a certain level, the fabric mesh and the steel mesh laid in the sheet participate in resisting shearing deformation of sheet.

Keywords

Textile Reinforced Concrete, Steel Mesh, Sheering, Sheet

钢板网与纤维织物网联合增强混凝土薄板抗剪力性能试验研究

邓凌青

中铁建设集团有限公司，北京
Email: 40904240@qq.com

收稿日期：2019年5月6日；录用日期：2019年5月21日；发布日期：2019年5月28日

摘 要

对分别采用纤维织物网、钢板网、纤维织物网与钢板网联合增强的混凝土薄板的抗剪切性能进行了试验

研究, 得出结论: 混凝土薄板采用纤维织物网和钢板网增强均能提高其抗剪切强度; 当薄板的剪切变形达到一定程度后, 板中铺设的织物网和钢板网参与承担抵抗剪切变形。

关键词

织物增强混凝土, 钢板网, 剪切, 薄板

Copyright © 2019 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

织物增强混凝土(TRC)是一种新型复合材料, 具有高强、耐腐蚀、抗裂性和耐久性好等优点, 国内外关于该类型复合材料在土木工程领域的研究与应用日趋广泛[1] [2] [3] [4]。由于 TRC 使用的纤维材料具有高强、耐腐蚀等特性, 因此采用 TRC 制作成的板可以做得很薄(1 到 2 cm), 可用于制作面板、轻型结构构件、覆层材料、结构加固层、永久性模板等[5] [6] [7]。但 TRC 中纤维织物网的柔软性, 不易固定成复杂的空间形状, 使得 TRC 在用于制作复杂空间结构时存在施工困难的问题。文献[4]提出采用纤维织物网和钢板网联合增强混凝土的方法, 可以较好地解决该类问题。

本文对分别采用纤维织物网、钢板网、纤维织物网与钢板网联合增强的混凝土薄板的抗剪力学性能进行了试验研究。

2. 试验概况

2.1. 试验材料

2.1.1. 细骨料混凝土

试验采用的细骨料混凝土配合比为水泥(c):砂(s):水(w):外加剂(JM-PCA(I)) = 1:1.5:0.32:0.015。水泥采用盐城东台水泥厂生产的磊达牌 P. II52.5 普通硅酸盐水泥。砂为普通河砂, 用 4.75 mm 方孔筛过筛, 级配合格, 细度模数约为 2.5 的 II 区中砂。减水剂采用 JM-PCA(I)型超塑化剂。水采用自来水。细骨料混凝土的抗折和抗压强度测值见表 1。

Table 1. The flexural and compressive strength of fine aggregate concrete

表 1. 细骨料混凝土的抗折和抗压强度

指标	3 d/MPa	7 d/MPa	28 d/MPa
抗折强度	5.15	6.90	11.20
抗压强度	28.90	30.70	50.20

2.1.2. 纤维织物网

本次试验采用碳纤维和耐碱玻璃纤维混合编织的纤维织物网, 两种纤维相互垂直水平铺设, 经纬向分别为碳纤维粗纱和耐碱玻纤粗纱, 网格间距为 12.5 mm × 12.5 mm, 用纱线缝编交结处, 见图 1。纤维束的主要力学性能参数见表 2。



Figure 1. Fiber network
图 1. 纤维织物网实物图

Table 2. Main parameters of the fabric
表 2. 织物的主要参数

纤维类别	抗拉强度/MPa	弹性模量/GPa
碳纤维	2091.1	234
无碱玻纤	737.9	65

2.1.3. 不锈钢板网

本次试验采用了四种不同型号不锈钢板网，材质为 304 不锈钢、菱形孔，由河北安平县贵翔丝网厂生产，其网孔大小、板厚等技术参数见表 3，参数含义见图 2。

Table 3. Steel mesh parameters
表 3. 不锈钢板网技术参数

钢板网型号	板厚/mm	短节距/mm	长节距/mm	抗拉强度 N/mm ²
AI 类 PB0.3	0.30	4.50	8.00	73.80
BI 类 PB0.5	0.50	7.00	12.50	50.41
CI 类 PB0.7	0.70	14.00	25.00	23.98
DI 类 PB1.2	1.20	21.00	42.00	19.87

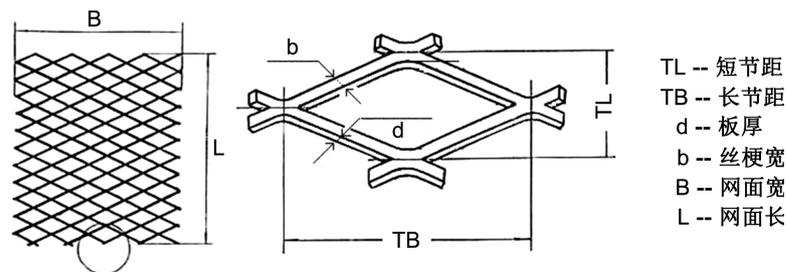


Figure 2. Technical parameter figure of expanded steel
图 2. 不锈钢板网参数含义

2.2. 试验方法及试验装置

本次试验根据《钢纤维混凝土试验方法》，采用双面直接剪切法，加载示意如图 3 所示，试验装置见图 4。试验装置上下刀口厚度均为 20 mm，错位 1 mm，试验时保持上下刀口垂直相对运动，无左右移动。试验在万能试验机上进行，加载前先测量好试件两个预定破坏面的高度和宽度，然后将试件放入试

验装置，使其顶面和底面分别与装置上下刀口接触，并使装置的中轴线与压力机作动器的中轴线在同一条直线上。对试件进行连续、均匀加载，采用试验力控制方式加荷，加荷速率为 0.1 MPa/s。

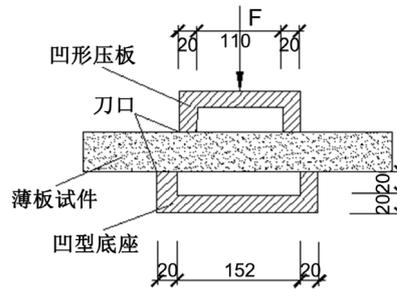


Figure 3. Loading schematic
图 3. 加载示意图

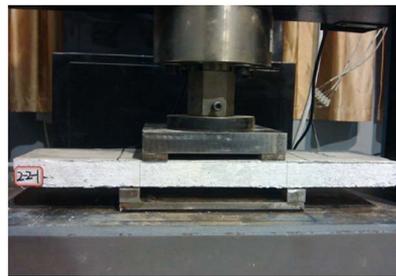


Figure 4. Test device
图 4. 试验装置

2.3. 试件设计

本次试验以钢板网型号、钢板网和织物网铺设层数为主要变化参数，制作了尺寸为 400 mm × 100 mm × 25 mm 的 20 个试件。试件编号及分组、数量等情况见表 4。

Table 4. The number and grouping of specimens
表 4. 试件编号及分组

试件编号	钢板网层数/层	织物网层数/层	试件数量
P	0	0	2
第一组	BI10	1	0
	BI01	0	1
	BI11	1	1
	AI12	1	2
第二组	BI12	1	2
	CI12	1	2
	DI12	1	2

3. 试验结果及分析

3.1. 极限荷载与抗剪强度

试验得到的极限荷载和抗剪强度见表 5。

Table 5. Test results
表 5. 试验结果

试件编号	极限荷载/kN	抗剪强度/MPa	增幅
P	36.4	7.3	0
第一组	BI10	43.2	8.6
	BI01	40.5	8.1
	BI11	45.0	9.0
第二组	AI12	45.3	9.1
	BI12	47.8	9.5
	CI12	46.2	9.2
	DI12	48.2	9.6

注：抗剪强度计算公式为： $\tau_{max} = F_{max} / 2bh$ ， τ_{max} 为薄板剪切强度(MPa)； F_{max} 为极限荷载(N)；b、h为试件宽度(mm)、高度(mm)。

由表 5 可知，在混凝土薄板中铺设纤维织物网和钢板网均能提高其抗剪强度。相比素混凝土板，铺设 1 层织物网和 1 层钢板网薄板的抗剪强度提高幅度最大，为 23.3%；铺设 1 层钢板网的提高幅度次之，为 17.8%；铺设 1 层纤维织物网的提高幅度为 11.0%。

根据 BI12 和 BI11 的试验结果，铺设 2 层织物网和 1 层钢板网的薄板的抗剪强度高于铺设 1 层织物网和 1 层钢板，相比素混凝土薄板，分别提高 30.1%、23.3%。

根据表中第二组试件的试验数据，所铺设的钢板网的型号变化对薄板抗剪强度的提高幅度有一定的影响。铺设 1 层钢板网和 2 层织物网的薄板的抗剪强度，相比素混凝土薄板，钢板网采用 AI 型、BI 型、CI 型、DI 型分别提高 24.7%、30.1%、26.0%、31.5%，可以看出，铺设 BI 型和 DI 型钢板网对薄板抗剪强度的提高要优于 AI 型和 CI 型。

3.2. 剪切强度-位移曲线

试验得到的剪切强度 - 位移曲线见图 5。

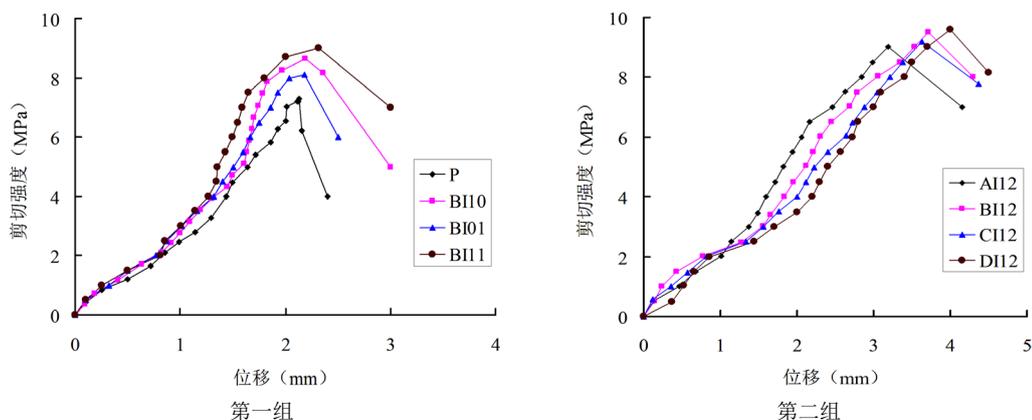


Figure 5. The curve of shear strength-displacement
图 5. 剪切强度 - 位移曲线

由图中第一组试件的剪切强度 - 位移曲线可知，在加载初期，P、BI10、BI01、BI11 四种类型试件的位移变化基本一致；随着加载的进行，BI10、BI01、BI11 试件的位移相比试件 P 逐渐出现滞后现象，

并且该现象趋于明显, 并且 BI11 试件滞后幅度最大。这说明加载初期, 薄板的抗剪切变形主要由素混凝土来承担; 当薄板的位移达到一定数值后, 板中铺设的织物网和钢板网参与承担抵抗剪切变形, 且参与程度随荷载的增加趋于增大。

由图中第二组试件的剪切强度 - 位移曲线可知, 当加载至一定程度后, 在相同剪切强度下, 铺设 AI 型、BI 型、CI 型、DI 型钢板网的薄板的位移呈由小到大变化, 这说明当薄板的剪切变形达到一定程度后, 铺设不同型号的钢板网参与承担抵抗薄板的剪切变形的程度不一样, 参与程度由高到底依次为 AI 型、BI 型、CI 型、DI 型。

4. 结论

- 1) 混凝土薄板采用纤维织物网和钢板网增强均能提高其抗剪切强度, 且铺设 1 层钢板网的增强效果好于铺设 1 层纤维织物网, 铺设 1 层纤维织物网和 1 层钢板网的增强效果好于铺设 1 层钢板网;
- 2) 采用 2 层织物网和 1 层钢板网联合增强的薄板的抗剪切强度明显高于 1 层织物网和 1 层钢板网联合增强的抗剪切强度;
- 3) 铺设不同型号的钢板网对薄板抗剪切强度的增强效果有一定的差别;
- 4) 当薄板的剪切变形达到一定程度后, 板中铺设的织物网和钢板网参与承担抵抗剪切变形;
- 5) 当薄板的剪切变形达到一定程度后, 板中铺设不同型号的钢板网参与承担抵抗剪切变形的程度不一样。

基金项目

中铁建设集团有限公司 2018 年度科技研发计划项目资助(LX18-37)。

参考文献

- [1] 吴庆, 谢贺, 荀勇. 力与氯盐侵蚀耦合作用下 TRC 叠合梁的力学性能退化研究[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2018, 32(2): 291-297.
- [2] 吴伟民. 预应力织物增强混凝土力学性能试验研究[J]. 混凝土, 2013(4): 80-82.
- [3] 惠雷, 荀勇, 徐业辉, 等. 三维空间织物增强活性粉末混凝土薄板抗弯力学性能试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2015(11): 62-65.
- [4] 荀勇, 徐业辉. 纤维织物与钢板网联合增强混凝土薄板四点抗弯性能试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2015(6): 50-53.
- [5] Yin, S.P., Xu, S.L. and Li, H.D. (2013) Improved Mechanical Properties of Textile Reinforced Concrete Thin Plate. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, **28**, 92-98. <https://doi.org/10.1007/s11595-013-0647-z>
- [6] 荀勇, 支正东, 张勤. 织物增强混凝土薄板加固钢筋混凝土梁受弯性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(3): 70-76.
- [7] Brameschuber, W., Koster, M., Hegger, J., et al. (2008) Integrated Formwork Elements Made of Textile-Reinforced Concrete. In: Dubey, A., Ed., *Textile-Reinforced Concrete*, SP-250, American Concrete Institute, Farmington Hills, 35-48.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org