

波纹钢板剪力墙抗震性能研究综述

张曙洋, 刘 猛

辽宁工业大学土木建筑工程学院, 辽宁 锦州

收稿日期: 2025年6月23日; 录用日期: 2025年7月13日; 发布日期: 2025年7月25日

摘 要

波纹钢板剪力墙作为一种新型抗侧力结构体系, 因其独特的几何构造和优异的力学性能, 近年来在高层建筑及大跨度结构中得到了广泛研究。本文分析总结了国内外关于波纹钢板剪力墙抗震性能的最新研究成果, 重点从几何构造、力学性能、边界条件与连接方式、组合结构形式及开洞设计等方面分析了其抗震性能的影响因素。总结近年来的研究成果发现, 波纹形状、深度、波长和波幅等对结构的抗侧承载力、屈曲稳定性和耗能能力具有重要影响。同时波纹钢板剪力墙的承载能力、滞回耗能及延性表现优于传统平钢板剪力墙。此外, 组合结构形式进一步提升了结构的抗侧性能与抗震鲁棒性。本文总结了当前研究成果, 指出波纹钢板剪力墙作为新型抗震结构体系, 具有轻量化、高耗能等优点, 应用前景广阔, 但也存在研究不足, 如复杂荷载下的长期性能、与不同结构体系的协同工作以及极端地震条件下的抗震可靠性等。

关键词

波纹钢板剪力墙, 抗震性能, 几何参数, 组合结构, 滞回耗能

Review of the Seismic Properties of Corrugated Steel Plate Shear Walls

Shuyang Zhang, Meng Liu

School of Civil and Architectural Engineering, Liaoning University of Technology, Jinzhou Liaoning

Received: Jun. 23rd, 2025; accepted: Jul. 13th, 2025; published: Jul. 25th, 2025

Abstract

As a novel lateral force-resisting structural system, corrugated steel plate shear walls (CSSWs) have attracted extensive research in recent years for high-rise buildings and long-span structures due to their unique geometric configuration and superior mechanical performance. This paper analyzes and summarizes the latest research findings on the seismic performance of CSSWs both

domestically and internationally, with a focus on investigating influencing factors including geometric configuration, mechanical behavior, boundary conditions, connection methods, composite structural forms, and perforation design. Recent studies reveal that corrugation shape, depth, wavelength, and amplitude significantly affect lateral load-bearing capacity, buckling stability, and energy dissipation capabilities. Compared with conventional flat steel plate shear walls, CSSWs demonstrate enhanced bearing capacity, hysteretic energy dissipation, and ductility. Furthermore, composite structural forms further improve lateral resistance and seismic robustness. This review concludes that CSSWs, as an innovative seismic-resistant system, exhibit advantages such as lightweight design and high energy dissipation, demonstrating broad application prospects. However, research gaps remain, including long-term performance under complex loading, synergistic effects with diverse structural systems, and seismic reliability under extreme earthquake conditions.

Keywords

Corrugated Steel Plate Shear Wall, Seismic Performance, Geometric Parameters, Composite Structure, Hysteretic Energy Dissipation

Copyright © 2025 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. 引言

地震作为一种极具破坏力的自然灾害，对建筑结构的安全性构成了严峻挑战。在此背景下，波纹钢板剪力墙(Corrugated Steel Plate Shear Walls, CSPSWs)作为一种兼具轻量化与高耗能特性的新型结构体系，成为工程抗震领域的研究热点。其通过波纹几何的强化效应，显著提升了抗剪承载力与屈曲稳定性，同时通过塑性铰的合理分布实现能量的高效耗散，为高层建筑与复杂结构的抗震设计提供了新思路。

2. 波纹钢板剪力墙的构成

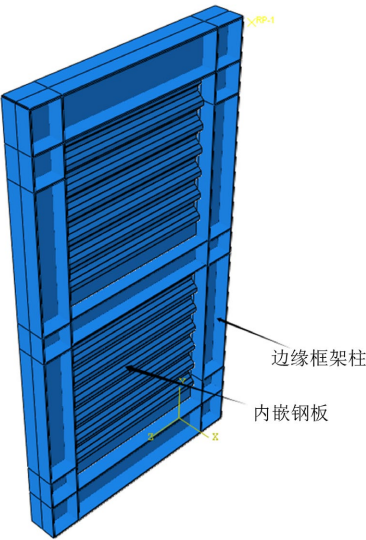


Figure 1. Composition of corrugated steel plate shear wall
图 1. 波纹钢板剪力墙的构成

波纹钢板剪力墙主要由波纹钢板、边缘框架等部分组成, 剪力墙构造如图 1 所示。此外, 波纹钢板剪力墙还可与混凝土、砌体等其他材料组合形成组合结构, 进一步提升其抗震性能。其中波纹钢板是其核心受力构件, 通过波纹的几何形状与尺寸参数来改善结构的抗侧性能; 边缘框架则为波纹钢板提供约束与支撑, 共同承担地震作用下的侧向力。根据内嵌波纹钢板形状的不同, 内嵌钢板可分为梯形、正弦形等多种类型, 不同波纹形状在受力时会产生不同的应力分布和变形特性, 从而影响剪力墙的抗震表现。

3. 抗震性能的影响因素

3.1. 几何构造

波纹钢板剪力墙的几何构造对其抗震性能具有至关重要的影响, 其中波纹参数(如波纹形状、波纹深度、波长、波幅等)不仅影响其力学性能, 还对其整体稳定性起重要作用。不同形状的波纹(如梯形、正弦形等)在受力时会产生不同的应力分布和变形特性, 从而影响结构的抗震表现。波纹深度的变化会显著影响结构的侧向刚度和屈曲稳定性能, 而波长和波幅的变化则会对结构的抗侧向承载力和延性产生重要影响。

赵秋红等人[1]对不同波纹形状及布置方向的波纹钢板剪力墙试件进行测试, 发现波纹深度对结构整体抗震性能影响显著, 而波纹板布置方向对结构整体影响较小。同时, 试验中的各试件均表现出理想的屈服破坏顺序, 内嵌钢板首先屈服并耗能, 随后边缘框架梁逐渐屈服, 最后边缘框架柱屈服并耗能。

王振[2]对正弦波纹钢板剪力墙结构的承载机理进行了深入研究, 发现当剪力墙的高宽比小于 0.8 时, 波纹钢板竖直放置且四边均与框架连接的钢板墙的抗侧性能要明显优于波纹水平放置四边连接钢板墙, 波纹钢板竖放且仅有两水平边连接框架的钢板墙的抗侧性能明显优于波纹横放两竖直边连接框架的钢板墙, 且高宽比越小, 优越性体现的越明显, 同时对于波纹水平放置两水平边连接波纹钢板剪力墙结构, 其波纹钢板厚度变大, 会使结构具有的弹性初始刚度和抗侧承载力变大, 但其增大的幅值在达到一定限值之后会随钢板厚度的增大而反之减小。

赵秋红等人[3]对 16 个单层波纹钢板剪力墙结构进行弹性屈曲分析和非线性推覆分析, 研究其在侧向荷载作用下的工作机理和抗侧性能。实验结果表明, 与平钢板剪力墙相比, 波纹钢板剪力墙具有更高的弹性屈曲临界荷载和抗侧性能; 宽高比的增加和高厚比的降低能提高其初始抗侧刚度和极限承载力; 波纹波幅的增高可增大结构极限承载力, 而波长对其影响较小。此外, 波纹钢板的方向对结构抗侧性能影响不大, 但在承受竖向荷载时, 竖向的波纹能有效抵抗竖向荷载引起的结构面外变形。

Qiang 等人[4]通过工程试验和数值模拟研究了波纹钢板剪力墙在水平荷载作用下的滞回性能, 并提出了一个有效的滞回模型。通过参数分析, 研究了高厚比、宽高比、波纹角度和周边框架刚度等参数对波纹钢板剪力墙滞回性能的影响。结果表明, 高厚比应控制在 700 以下以确保稳定的能量耗散, 宽高比应小于 2.0 以满足强度要求。增加波纹角度可提高波纹钢板剪力墙的极限强度和能量耗散能力。

3.2. 力学性能

波纹钢板剪力墙的力学性能是评估其抗震性能的重要指标, 主要包括承载能力、耗能能力、延性与变形能力等方面。承载能力的大小直接影响了结构在地震作用下的安全性。波纹钢板剪力墙通过其独特的波纹形状和材料特性, 在地震作用下能够承受较大的侧向荷载, 展现出较高的极限承载力。耗能能力是波纹钢板剪力墙在地震作用下通过材料的塑性变形和耗能, 将地震能量转化为热能或其他形式的能量, 从而减轻结构的地震响应。延性与变形能力则反映了波纹钢板剪力墙在地震作用下的变形能力和恢复能力, 良好的延性可以使结构在地震作用下发生较大的变形而不发生倒塌, 从而提高结构的抗震安全性。

谭平等[5]针对两种不同波纹放置方向(竖向波纹与横向波纹)的波纹钢板剪力墙展开抗震性能研究。试验结果表明, 这两种波纹钢板剪力墙均展现出较高的极限承载力与初始刚度, 能够迅速进入塑性耗能阶段, 其

滞回曲线较为饱满且不易出现捏缩现象。其中，竖向波纹钢板剪力墙在滞回性能以及屈服后的承载力方面表现更为优异。进一步研究发现，波纹钢板剪力墙具备卓越的耗能性能，其等效黏滞阻尼比维持在较高水平。

查晓雄等[6]基于正交各向异性平板理论推导出波纹钢板剪力墙计算弹性抗侧刚度的统一公式，并通过与现有剪切模量公式对比，验证了该公式的可靠性，揭示了波纹钢板的波长和波纹展开长度为影响波纹钢板剪力墙弹性抗侧刚度的主要因素，而波形对刚度的影响相对较小。最终，明确了该公式的适用范围，涵盖了钢板波形、波纹放置方向、边界条件以及受力条件等方面。

波纹钢板剪力墙弹性抗侧刚度公式可以表示为：

$$K = GtLC_1 \frac{1}{1.714H(1-\nu)S_c} + 18EI_c \frac{1}{H^3} \tag{1}$$

式中， L 、 H 、 t 分别为波纹钢板宽度、高度和厚度， ν 为钢材泊松比， G 为钢板剪切模量， I_c 是单根框架柱横截面绕强轴惯性矩， E 是框架钢材弹性模量， C_1 是钢板波纹一个周期的宽度， S_c 是钢板波纹一个周期展开后的宽度。

赵秋红等[7]推导出了波纹钢板剪力墙在轴压荷载作用下的弹性屈曲承载力的计算方法。并提出修正系数以弥补简化模型带来的误差。研究表明，波纹墙板的轴压屈曲应力受直边长度、平区格板宽度、波折角以及区格板宽度比的影响显著，而波纹边长和板厚的影响相对较小。

$$\sigma_{cr,G} = k_G \frac{\pi^2 q \sqrt{D_x D_y}}{\delta s t l^2} \tag{2}$$

k_G 为波纹钢板整体屈曲系数， $D_x D_y$ 为波纹板强轴和弱轴方向的单位长度抗弯刚度， δ 为修正系数， t 和 l 分别为波纹板的厚度和宽度； s 和 q 分别为波纹板局部波形的单波展开长度和波长；其中， k_G (四边简支 $k_{ssss,G}$ 以及加载边简支、非加载边固支 $k_{sscc,G}$)、 $D_x D_y$ 和 δ 分别按下式进行计算。式中载荷分布系数 a_1 和 a_2 的值如图 2 和表 1 所示。

$$\begin{aligned} k_{ssss,G} &= \gamma^2 + \frac{1}{\gamma^2} + 2\psi \\ k_{sscc,G} &= \gamma^2 + \frac{5.175}{\gamma^2} + 2.43 \ln \psi \\ \psi &= \frac{H}{\sqrt{D_x D_y}} \quad \gamma = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{D_x}{D_y}} \\ D_x &= \frac{EI_x}{q} \\ D_y &= \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \frac{q}{s} \\ \delta &= 0.994 - 0.052a_1 + 0.012a_2^{1.5} \end{aligned} \tag{3}$$

Table 1. Vertical load distribution coefficients
表 1. 竖向荷载分布系数

分布形式	a0	a1	a2	分布形式	a0	a1	a2
N _x -1	1	0	0	N _x -4	1	-4	4
N _x -2	1	-1	0	N _x -5	1	-2	1
N _x -3	1	-2	0				

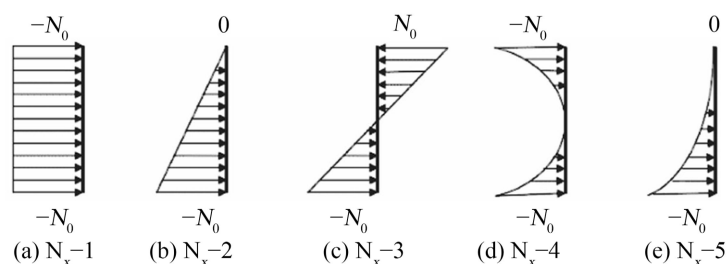


Figure 2. Vertical load distribution

图 2. 竖向荷载分布形式

范佳琪等[8]将波纹钢板等效为正交各向异性板,发现了梯形和正弦形波纹钢板剪力墙的宽厚比限值相较于平钢板剪力墙中钢板的宽厚比限值明显更大,但仍相对保守。还依据波纹钢板的局部屈曲和整体屈曲发生的先后顺序对波纹钢板进行分类,见下图3所示,并给出相应的选型建议,以规避局部屈曲的发生。

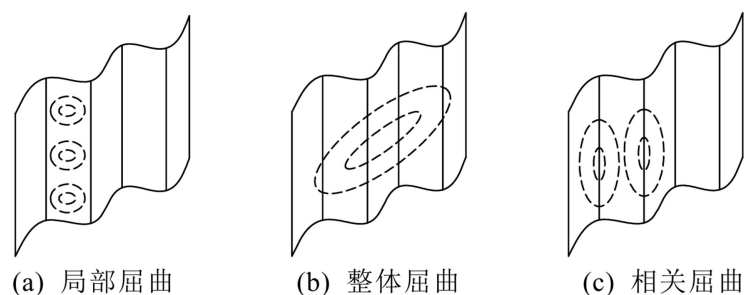


Figure 3. Buckling mode of corrugated steel plate

图 3. 波纹钢板的屈曲模式

3.3. 边界条件与连接方式

波纹钢板剪力墙的边界条件与连接方式对其抗震性能有着显著影响。边界条件决定了墙板与周边结构的相互作用方式,而连接方式则关乎墙板自身能否有效传递和分散地震作用力。

赵秋红等人[9]通过 1/3 缩尺的拟静力试验和有限元分析,研究了两边连接竖向波纹钢板剪力墙的抗侧性能。研究发现,板边约束构件对于提升结构的承载力有着重要作用,尤其是在非四边连接的工况下。此外,竖向荷载对初始刚度影响不大,但会降低峰值承载力,这提示在设计时需要考虑竖向荷载与地震作用的协同影响。

姜文伟等人[10]针对无屈曲波纹钢板剪力墙的弹性简化分析模型,发现轴向连接单元模型能够较好地反映波纹钢板剪力墙的受力特性,且在各向荷载作用下均能保持较高的模拟精度。

李文韬等人[11]针对双层波纹钢板混凝土组合剪力墙中对拉螺栓间距对其承载力的影响,发现了在相同的螺栓数量下,正交布置的对拉螺栓比错列布置更有利于抵抗剪切屈曲,合理的对拉螺栓布置方式能够有效提升结构的抗震性能,通过优化螺栓间距和布置形式,可以在不增加螺栓数量的情况下,增强结构的稳定性和承载能力。

杨傲[12]研究了新型阻尼耗能波纹钢板剪力墙体系(DCSW)的抗震性能。发现软钢阻尼器的引入进一步提升了结构的延性和承载力。软钢阻尼器能够在结构受力过程中产生较大的变形,消耗输入结构的能量,提高结构的抗震性能。

李风辰[13]建立了新型粘弹性阻尼器-波纹钢板剪力墙体系(VCSS)和传统波纹钢板剪力墙体系的有

限元模型, 对比分析了两者的强度、刚度、延性、耗能能力和传力机理。结果表明, 在多遇地震下, 粘弹性阻尼器作为传力构件, 将地震荷载传递到波纹钢板, 由波纹钢板抗侧; 在罕遇地震下, 粘弹性阻尼器通过往复剪切变形辅助体系耗能, 且在主体结构屈服前屈服, 减小结构地震反应。易损性分析结果表明, VCSS 体系在不同地震强度下的失效概率均低于传统波纹钢板剪力墙体系, 具有更好的抗倒塌能力。通过引入粘弹性阻尼器, 能够显著提升结构在地震作用下的安全性, 降低地震灾害对建筑结构的破坏风险。

Wen 等人[14]发现波纹钢板剪力墙在螺栓约束下的弹性双侧屈曲模式受螺栓排列和间距影响, 存在四种典型屈曲模式, 波纹钢板在螺栓和混凝土约束下倾向于剪切屈服失效, 其剪切承载力随螺栓间距增加而显著下降。提出了剪切强度折减因子来评估结构的稳定性, 并建议设计中水平螺栓间距应小于 180 毫米, 垂直螺栓间距应小于 1200 毫米。

3.4. 组合结构形式

对组合结构形式的波纹钢板剪力墙的研究作为近年来研究波纹钢板剪力墙抗震性能的主要方向, 其不同构成方式与设计细节会在很大程度上改变结构在地震作用下的表现。合理的组合结构形式能够充分发挥材料和构件的优势, 提升整体抗震能力。

余玉洁等人[15]对钢管混凝土柱 - 横肋波纹板剪力墙钢结构进行了非线性推覆性能分析, 结果显示, 加劲梁的设置能限制整体结构的面外失稳, 促使结构实现剪切屈服。对于一字型剪力墙, 在面临大侧向变形或高轴压比情况时, 容易出现边柱局部鼓曲和面外失稳问题, 因此在设计阶段, 应优先采用厚柱壁薄波纹板模式, 并对轴压比进行严格控制。

许新颖等人[16]通过拟静力加载试验对 T 形双波纹钢板混凝土组合剪力墙的抗震性能展开研究。试验过程中发现, 试件在低周反复荷载作用下主要表现为压屈和受拉破坏, 且破坏集中于腹板端柱底部。滞回曲线呈现捏拢的 S 形, 非对称性特征明显。进一步研究揭示, 波纹形状对试件整体抗震性能影响相对有限; 轴压比的提高虽能增强核心混凝土的约束作用, 提升水平承载力, 但会在一定程度上使延性变差; 增大翼缘宽度有助于减小强度退化程度; 而减小剪跨比则能显著提高初始刚度和水平承载力, 不过耗能能力会随之变差。

陈宗平等人[17]以钢板类型、墙体连接件、轴压比和剪跨比为研究变量, 对双波纹钢板混凝土组合剪力墙抗震性能展开系统研究, 发现竖向波纹钢板试件展现出更高的承载力和更好的延性; 设置连接件能够有效减缓承载力退化, 尤其对于小剪跨比试件, 设置连接件使其承载力和延性均得到显著提升; 增大轴压比可提升承载力和初始刚度, 但同样会使延性变差; 增大剪跨比则会导致承载力和初始刚度降低, 不过对延性和耗能能力影响不大。

李一康[18]通过拟静力试验探究剪跨比和柱底加强方式对波纹双钢板 - 混凝土组合剪力墙抗震性能的影响, 发现柱底增设套箍槽钢的加强方式能有效提高结构的变形能力。

王嘉政[19]借助有限元软件 ABAQUS 对比分析了十字加劲波纹钢板剪力墙(CSW)与普通波纹钢板剪力墙(USW)的抗剪性能和滞回性能。实验结果表明, CSW 在耗能能力、承载力、刚度退化以及平面外变形等多个关键性能指标上均优于 USW, 有效缓解了剪力墙承载力及刚度退化问题。

闫帅[20]运用有限元软件对斜加劲波纹钢板剪力墙进行建模分析, 同时与非加劲波纹钢板剪力墙进行对比, 发现斜加劲肋能有效限制波纹钢板的平面外变形, 进而提高结构的初始刚度、耗能能力和承载力。

方贤禄[21]利用有限元软件 ABAQUS 对两边连接斜加劲波纹钢板剪力墙进行弹性屈曲、推覆及滞回分析, 实验结果表明, 与未加劲波纹钢板相比, 两端加劲和斜加劲能显著提高墙板的临界屈曲荷载, 分别提高了 14.3%和 33.8%, 且斜加劲肋能有效延缓墙板屈曲, 提升承载能力和耗能能力。

Feng 等人[22]通过试验和数值研究了竖向布置加劲波形钢板剪力墙(VSCSWs)的性能。发现了设置水平加劲件能有效提高 VSCSWs 的承载能力、延性和能量耗散性能,且随着加劲件数量的增加,性能提升更为显著。加劲件的设置显著提升了 VSCSWs 的抗震性能,且在设计时应考虑加劲件尺寸的临界值及波形钢板的波纹尺寸和宽高比对性能的不利影响。

3.5. 波纹钢板的开洞设计

合理的开洞设计不仅能满足建筑功能需求,如采光、通风等,还能在一定程度上优化结构的抗震性能,减少材料消耗,降低工程成本。

郝博超[23]提出了剪切屈服型波纹墙板的选型建议,确保墙板在地震作用下能够按照预期的屈服机制工作,实现良好的能量耗散效果。同时,给出两边开洞竖向波纹钢板剪力墙的承载力计算公式,这一公式综合考虑了开洞位置、大小等因素对承载力的影响,通过对比不同开洞形式试件的试验结果,深入研究了开洞形式对结构抗震性能的影响。试验发现,开洞位置和大小改变会对结构的刚度、承载力以及延性等关键抗震性能指标产生显著影响。

王玉[24]利用 ABAQUS 软件对开洞波纹钢板剪力墙进行有限元分析,系统研究其在不同洞口形式、波幅及波纹布置方向下的屈曲模态和抗侧性能。研究发现,洞口形式和位置的改变会显著改变波纹钢板剪力墙的屈曲模态,进而影响其在地震作用下的稳定性和抗侧性能。与平钢板剪力墙相比,开洞波纹钢板剪力墙在某些情况下展现出更好的屈曲稳定性。

4. 结语

波纹钢板剪力墙作为一种新型的抗震结构体系,具有轻量化、高耗能、良好的延性与变形能力等优点,在工程抗震领域具有广阔的应用前景。通过对波纹钢板剪力墙抗震性能影响因素的深入研究,可以为其在实际工程中的设计与应用提供科学依据与技术指导。然而,目前对于波纹钢板剪力墙的研究仍处于不断发展与完善阶段,仍有许多问题需要进一步探索。

(1) 波纹钢板剪力墙的理论研究主要集中在抗侧刚度方面,但对于其在不同荷载条件下的受力机理、破坏模式及长期性能的研究仍显不足。

(2) 现有试验研究多集中于小尺寸试件的低周往复试验,缺乏对大尺寸试件和实际工程规模的试验验证。

(3) 波纹钢板剪力墙的设计涉及多个参数,如钢板厚度、波纹形状、混凝土强度等,现有研究对这些参数的优化设计尚未形成统一的结论,导致设计过程中难以实现性能与成本的最优平衡。

(4) 尽管高强钢材和高性能混凝土在工程中已得到广泛应用,但其在波纹钢板剪力墙中的应用研究仍较为有限。

随着研究的不断深入与技术创新,波纹钢板剪力墙有望在建筑结构抗震领域发挥更为重要的作用,为生命财产安全提供更为坚实的保障。

参考文献

- [1] 赵秋红, 邱静, 李楠, 等. 梯形波纹钢板剪力墙抗震性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2018, 39(S2): 112-120.
- [2] 王振. 正弦波纹钢板剪力墙结构承载机理分析[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2017.
- [3] 赵秋红, 李楠, 孙军浩. 波纹钢板剪力墙结构的抗侧性能分析[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2016, 49(S1): 152-160.
- [4] Cao, Q., Huang, J.Y., Gu, B.N., Li, D.X. and Huang, J.L. (2024) Experimental and Numerical Study on Hysteretic Behaviour of Corrugated Steel Plate Shear Walls under Lateral Loads. *Journal of Building Engineering*, **82**, Article ID:

108297. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108297>
- [5] 谭平, 魏瑶, 李洋, 等. 波纹钢板剪力墙抗震性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2018, 51(5): 8-15.
- [6] 查晓雄, 李文韬, 郭明, 等. 波纹钢板剪力墙弹性抗侧刚度研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2021, 53(10): 61-69.
- [7] 赵秋红, 高俊秀, 邱静. 基于实际竖向荷载分布的波纹钢板剪力墙轴压屈曲分析[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2022, 55(4): 391-401.
- [8] 范佳琪, 郭明, 李文韬, 等. 波纹钢板剪力墙剪切屈曲性能研究[J]. 建筑结构, 2022, 52(S1): 1212-1216.
- [9] 赵秋红, 邱静, 郝博超, 等. 两边连接竖向波纹钢板剪力墙的抗侧性能[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2019, 52(S2): 46-53.
- [10] 姜文伟, 任记波, 钱鹏, 等. 基于连接单元的无屈曲波纹钢板剪力墙弹性简化分析模型研究[J]. 结构工程师, 2020, 36(5): 34-41.
- [11] 李文韬, 郭明, 范佳琪, 等. 双层波纹钢板混凝土组合剪力墙对拉螺栓间距研究[J]. 建筑结构, 2022, 52(S1): 1309-1312.
- [12] 杨傲. 新型阻尼耗能波纹钢板剪力墙体系抗震性能分析[D]: [硕士学位论文]. 济南: 济南大学, 2019.
- [13] 李风辰. 粘弹性阻尼器-波纹钢板剪力墙体系抗震性能及易损性分析[D]: [硕士学位论文]. 济南: 济南大学, 2023.
- [14] Wen, C., Zhu, B., Hou, Y. and Guo, Y. (2024) Shear-Bearing Capacity Prediction of Concrete-Infilled Double Steel Corrugated-Plate Shear Walls. *Structures*, **65**, Article ID: 106763. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106763>
- [15] 余玉洁, 赵凤涛, 郭凤琪. 钢管混凝土柱-横肋波纹板剪力墙抗侧性能分析[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2020, 53(12): 1243-1253.
- [16] 许新颖, 陈宗平, 张冯霖, 等. T 形双波纹钢板混凝土组合剪力墙抗震性能试验研究[J]. 地震工程与工程振动, 2021, 41(3): 176-189.
- [17] 陈宗平, 周济, 莫琳琳, 等. 双波纹钢板混凝土组合剪力墙抗震性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2022, 43(10): 199-213.
- [18] 李一康. 波纹双钢板-混凝土组合剪力墙抗震性能及设计方法研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2020.
- [19] 王嘉政. 十字加劲波纹钢板剪力墙的滞回性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2019.
- [20] 闫帅. 斜加劲波纹钢板剪力墙的滞回性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2020.
- [21] 方贤禄. 两边连接斜加劲波纹钢板剪力墙抗侧及滞回性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2021.
- [22] Feng, L., Yang, H. and Ou, J. (2024) Experimental and Numerical Study on Vertically-Placed Stiffened Corrugated Steel Plate Shear Walls. *Journal of Constructional Steel Research*, **219**, Article ID: 108765. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2024.108765>
- [23] 郝博超. 开洞竖向波纹钢板剪力墙抗震性能试验与受力机理研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2018.
- [24] 王玉. 开洞波纹钢板剪力墙抗震性能有限元参数分析[D]: [硕士学位论文]. 邯郸: 河北工程大学, 2018.