

# 超弹性形状记忆合金增强剪力墙抗震性能综述

王玉敬 李 翔

(商丘工学院 土木工程学院 河南 商丘 476000)

**[摘 要]** 形状记忆合金(SMA)是一种性能良好的智能材料,它与剪力墙的结合克服了传统剪力墙的一些缺陷,并在抗震设计方面体现出强大的优势。通过介绍形状记忆合金材料的基本特性以及不同研究者的成果,总结了各自的特点和不足,并探讨了未来的发展方向及研究重点。

**[关键词]** 形状记忆合金; 低矮剪力墙; 抗震性能

## 1、引言

地震是一种突发的自然灾害在我国,地震活动频率高,地震灾害威胁十分严重。目前,剪力墙作为主要抗侧力构件,广泛应用于多、高层结构。本文通过对SMA运用在剪力墙内的一些研究成果开展论述,阐述了该领域当前的研究情况,同时对SMA运用在剪力墙方面的优缺点进行了归纳梳理,并对今后的研究发展进行了分析。

## 2、国内外研究现状

近几年很多专家对SMA材料的力学性能做了研究,同时还将其运用到剪力墙上,借助SMA自身在力学方面的优良性能进行优化。下面将详细介绍国内外专家对SMA的力学性能以及SMA运用在剪力墙上的研究现状。

国外对剪力墙结构抗震性能的研究开始较早,1947年Chitty.L.提出对双臂剪力墙弹性分析的连续栅片法。20世纪70年代起Click.J., Pekau.C.A.和 Kumarapollai.K.N.等对剪力墙的结构弹塑性性能进行了分析和研究,为剪力墙抗震性能的研究提供了很多资料。T.Paulay等人通过对钢筋混凝土剪力墙连梁进行研究,提出了改变传统剪力墙的配筋方法一斜向交叉配筋,从而提高了连梁剪力墙及开洞剪力墙的抗震性能。国内学者对SMA在剪力墙上的应用也提出了很多观点,比如曹万林等提出了带暗斜撑的剪力墙,即按普通剪力墙配筋后,在墙体中加设暗支撑纵筋及箍筋,形成钢筋混凝土核心束以提高剪力墙的抗震性能;研究表明:低矮剪力墙,特别是带边框的低矮剪力墙加设暗支撑能显著提高剪力墙的承载力、延性、屈服刚度等抗震性能,同时暗支撑能够引导墙体裂缝发展,改善墙体的破坏形态。

还有专家不仅在材料上更新了设备,对不同类型的剪力墙也进行了相关分析。其最有代表性的就是董宏英的试验,她对带暗支撑低矮剪力墙进行了低周反复荷载试验,研究了分布钢筋与暗支撑的配筋比对低矮剪力墙抗震性能的影响,研究发现随着暗支撑配筋比的增加,低矮剪力墙的耗能效果增加明显;并进一步提出了带暗支撑的双肢剪力墙,并对多种暗支撑方式的剪力墙试件开展了多次低周加载性实验,实验结果表明:这种带暗支撑的双肢剪力墙的延性和耗能性能较好,且后期墙体的承载力下降不明显,抗震性能良好。

以上是对剪力墙做的一些试验分析,下面将介绍SMA材料的一些性能,比如它的形状记忆效应,这个效应最早是由美国学者A.Olander在AuCd合金是在马氏体相变中发现的,其实质是马氏体逆相变。常规金属材料在遭到外力影响之后,会先出现弹性变形,在应力超过屈服点之后,就会发生塑性变形。但SMA在发生了塑性变形后,如果对其加热并达到某一特定温度时,材料就能自动恢复到变形前状态,其残余应变全部消失,这种现象被称为形状记忆效应。形状记忆合金是一种对形状有记忆功能的机敏材料,有着较高的超弹性、可恢复应变大、耗能力及阻尼性好、高温下能保持较高的弹性模量、抗疲劳和耐腐蚀能力强的优点,因而是实现土木工程被动控制的理想材料之一。

1970年左右,很多专家均对SMA材料的超弹性以及形状记忆等效效应做了有关研究,同时发现很多合金均具备很好的形状记忆效应。在1990年之后,伴随SMA合金的不断深入研究以及智能系统的出现与完善,在SMA方面的运用也获得了长足性的发展。SMA材料能够产生非常大的驱动力,具备较大的变形,借助SMA大应变循环条件下所具备的滞回耗能特点,当前已经研发了波动耗能及减震以及结构隔振等一系列不同类型的装置。

王立军等利用SMA材料的超弹性,提出在剪力墙连梁中安装形状记忆合金阻尼器,研究该阻尼器对剪力墙结构地震响应的减震效果。通过一幢12层剪力墙结构地震反应的时程分析,研究了SMA阻尼器的附加刚度比和屈服位移比两项特征参数对结构地震反应控制效果的影响规律。通过研究得到以下结论:(1)较大的阻尼器附加刚度比虽提高了结构的整体抗侧刚度,但过大的刚度也会放大结构的位移和加速度影响,因此SMA阻尼器的附加刚度比应控制在合理范围内。(3)根据结果分析,建议对于双臂剪力墙结构,附加刚度比取0.04-0.05,屈服位移比为0.4-0.5时,可以获得较好的减震效果。

部分学者提出可以在常规的钢筋混凝土连梁里面装置阻尼器,同时在其中安装SMA,以组成一种新的阻尼器,其代表实验就是王振营等人做的试验。通过阻尼器参数的合理设计,使得大部分地震能量由阻尼器耗散掉,降低混凝土连梁的损伤程度,发挥出分灾器件的功能。由于材料的超弹性,地震后阻尼器的变形将自动恢复,无需对阻尼器进行替换。

王大磊提出了在连梁中安装SMA阻尼器的设想,并对该设想进行了详细的试验验证。通过大量试验,试验表明,与传统钢筋混凝土连梁相比,安装SMA阻尼器的连梁能够改善连梁损伤模式,将变形集中在阻尼器中,大幅度减少混凝土梁的损伤并起到自复位作用,同时因为变形集中在阻尼器中,使得整个连梁具有了更为稳定的耗能能力。

## 3、结论与展望

本文综述了SMA与不同剪力墙进行结合分析,通过分析不同科研人员的研究成果可知,利用SMA对剪力墙构件进行改造,其性能较传统剪力墙构件有了较大的提高。随着我国建筑越来越趋向于向高层发展,对建筑物抗震要求越来越高。剪力墙结构是高层建筑的重要结构单元,其抗震性能的优良直接影响着建筑物的安全性。国内外学者一直致力于研究如何提高剪力墙的性能,将形状记忆合金加入到传统的剪力墙结构中,是一种新型的结构形式,这种结构形式提高了传统剪力墙的抗震性能,可用于重要的建筑结构中,具有重大的现实意义。

但是SMA运用在剪力墙上的探讨依然有很多缺陷:

(1)当前对NiTi形状记忆合金的探讨很多,然而成本却很高,但是对具备较好记忆效应、成本较低的铁基SMA的探讨并不多,另外对费用较低、高温以及热稳定性均有较好发展前景的铜基SMA的研究较少;

(2)当前探讨比较多的是截面偏小的线材以及丝材,但是对截面较大材料的探讨却很少;

(3)目前SMA均是把辅助埋设做重点,在条件准许时(有效控制成本)需开展整体替换钢筋的结构探讨;

(4)SMA在各种剪力墙上的探讨较少,因此需对该层面的工作进行增强,是SMA和剪力墙共同工作的重点所在。

## 参考文献

- [1]王立军,毛晨曦,董金芝.安装形状记忆合金阻尼器的剪力墙结构抗震性能分析.世界地震工程,2011,27(3)
- [2]董宏英.带暗支撑双臂剪力墙抗震性能试验及设计理论研究[D].北京,北京工业大学,2002,04
- [3]王振营.带自复位连梁的钢筋混凝土框架剪力墙结构抗震性能研究[D].黑龙江,东北林业大学,2013,04
- [4]王大磊.连梁中安装SMA阻尼器的框架剪力墙结构抗震试验研究[D].中国地震局工程力学研究所,2013,06