

两边连接双层钢板剪力墙承载力性能研究

谭燕秋, 宫玉侠, 吴欣

(河北工程大学 土木工程学院, 河北 邯郸 056038)

摘要:采用有限元软件 ANSYS 对上端简支、下端固定的双层钢板剪力墙进行静力荷载作用下的分析,研究了钢板厚度、混凝土厚度、跨高比、螺栓间距等因素对极限承载力的影响。结果表明,适当的混凝土板厚度,能有效的阻止钢板的侧向屈曲,对提高剪力墙的极限承载力存在有利影响;钢板的极限承载力随钢板厚度和跨高比的增大而增高,随螺栓间距的增大而降低,选取合适的材料厚度和尺寸对双钢板剪力墙在结构中的应用有重要的意义。

关键词:双层钢板剪力墙;两边连接;极限承载力;抗剪静力性能

中图分类号:TU398+.2

文献标识码:A

The bearing capacity performance of two - side connected steel - plate - steel shear wall

TAN Yan - qiu, GONG Yu - xia, WU Xin

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract:The static loads analysis of upper simply supported and the lower fixed double steel wall were carried out by using the finite element software ANSYS. The effect of the plate thickness, the thickness of concrete, cross - height ratio, the bolt spacing and other factors on ultimate bearing capacity were studied. Results indicated that appropriate thickness of the concrete slab can prevented effectively the lateral plate from buckling and had the beneficial effects on the ultimate strength of shear wall; Ultimate bearing capacity of steel plate increased with increasing of thickness and cross - height ratio but decreased with spaces increasing between bolt. It was significant to select the appropriate material thickness and dimensions for the application of the double steel plate shear walls.

Key words:double steel plate shear wall; connect both sides; ultimate strength; shear static performance

双层钢板剪力墙是在剪力墙的基础上产生的一种新型的抗侧力结构体系,它是将混凝土内填于双层钢板之间,在受到外力作用时,混凝土和钢板之间通过栓钉的连接相互约束^[1],双层钢板剪力墙能在刚度和强度降低不多的情况下,使剪力墙耗散地震能量的能力得到显著的提高。因此双层钢板组合剪力墙适用于高层、超高层等对抗侧力要求较高的结构中。

对于双钢板 - 混凝土组合剪力墙, Link^[2]、Asaneh^[3]及 Emori^[4]等对双压型钢板内填混凝土组合剪力墙的轴压和抗剪性能及内设加筋肋的双

钢板组合剪力墙开展了研究。此外, Masahiko^[5]、Eom^[6]等也对双钢板组合剪力墙开展了抗震性能试验。司波^[7]、聂建国^[8]、马军^[9]等对双钢板剪力墙的抗侧刚度、抗震性能和抗剪静力性能也进行了研究,得出了双钢板剪力墙具有良好的抗剪性和耗能性的结果。

与以往研究不同,本文针对两边连接双层钢板剪力墙,采用有限元软件 ANSYS 对其进行静力荷载作用下的力学性能分析,研究了钢板厚度、混凝土厚度、跨高比、螺栓间距等因素对极限承载力的影响。

1 ANSYS 计算模型的建立

1.1 单元的选择

选取 SHELL181 单元和 SOLID65 单元分别对钢板和混凝土进行建模。SHELL181 有 4 节点,每个节点有 6 个自由度,适用于模拟薄壳和中等厚度壳的壳结构。SOLID65 有 8 节点,每个节点有 3 个自由度,适用于模拟受拉开裂和受压破碎的混凝土结构。

1.2 边界条件及荷载的施加

对结构底面的节点施加 u_x 、 u_y 、 u_z 三方向的约束,将结构顶面的节点 u_x 方向位移耦合并施加 u_y 、 u_z 方向的约束,在栓钉布置处,将混凝土和钢板节点在 u_x 、 u_y 、 u_z 进行耦合,在顶部施加水平力 F 。

1.3 材料参数的设置和本构关系的选取

本文中采用的参数值^[10]:张开裂缝的剪力传递系数 0.25,闭合裂缝的剪力传递系数 0.9,抗拉强度 2.57 MPa,泊松比 0.167,应力应变关系按

《混凝土结构设计规范》进行确定。

对双层钢板剪力墙中两侧的钢板,本文采用的参数值:屈服强度 235 MPa,泊松比 0.3,弹性模量 206 MPa,钢材处于屈服阶段时服从 Von - Mises 屈服准则,强化阶段的斜率取 4.02。

1.4 初始缺陷的施加

由于各种因素的影响,双层钢板剪力墙在荷载作用之前一定存在初始几何缺陷,为了考虑几何缺陷对结构受力性能的影响,对结构进行模型的特征值屈曲分析,并取结构的第一阶屈曲的变形模态施加在建立的模型上。

2 极限承载力影响参数分析

2.1 钢板厚度

取 3 m × 3 m (跨高比 = 1)、混凝土厚度 200 mm、螺栓间距 300 mm、钢板厚度分别为 2 mm、4 mm、6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、14 mm 的双层钢板剪力墙计算模型,对双层钢板剪力墙静力性能进行研究。模型中所采用的混凝土为 C30 混凝土,计算结果如图 1 所示。

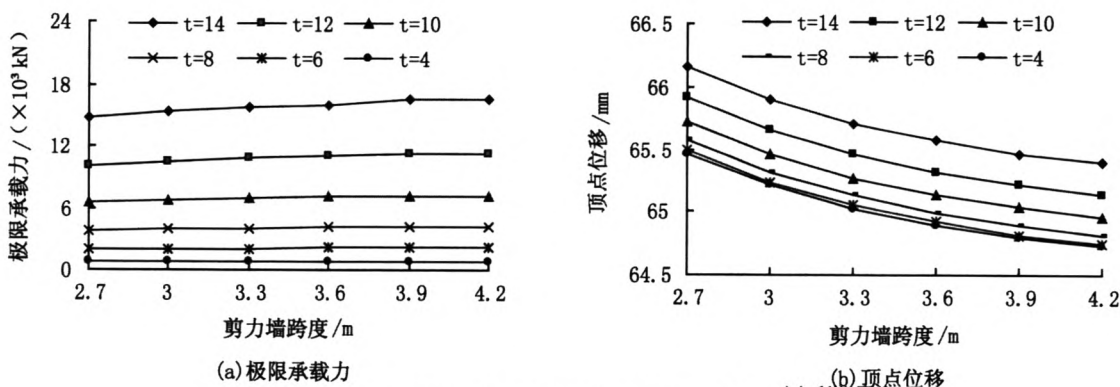


图1 不同钢板厚度下计算结果图

Fig.1 Calculated results of armor plates with different thicknesses

由图 1 可以看出,随着钢板厚度的增大,剪力墙的极限承载力有明显的增大,其控制位移虽有所增加,但增加幅度极小,可忽略不计,此结果说明钢板的厚度对双层钢板剪力墙的抗侧刚度有着极大的影响,双层钢板剪力墙的抗剪性能随着钢板厚度的增加有显著的提高。

2.2 混凝土厚度

取内填混凝土厚度分别为 100 mm、200 mm、

300 mm、400 mm 的双层钢板剪力墙计算模型,对其进行有限元分析研究。计算结果如图 2 所示。

随着混凝土厚度的增加,剪力墙的极限承载力先增大后减小,其控制位移先减小后增大。说明随着厚度的增加,双层钢板剪力墙的抗侧刚度逐渐增大,然后趋于平稳,这是因为混凝土的延性较差,随着混凝土厚度的增加,混凝土的刚度增大,混凝土因承担的剪力过大而被压碎,此时钢板失去侧向约束而提前发生破坏。

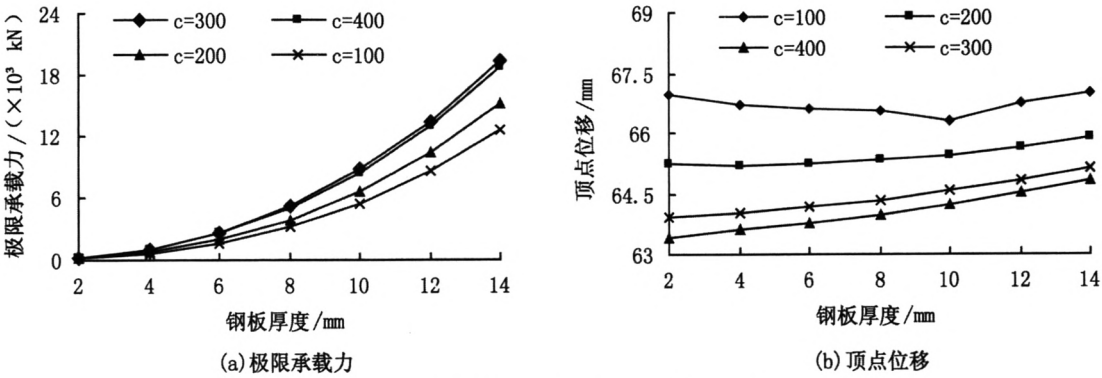


图2 不同混凝土厚度下计算结果图
Fig.2 Calculated results of concrete with different thickness

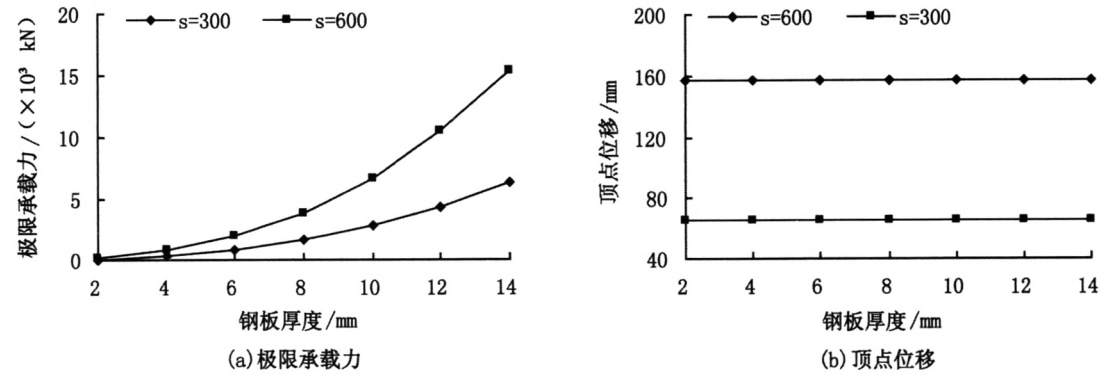


图3 不同螺栓间距下计算结果图
Fig.3 Calculated results with different bolt spacing

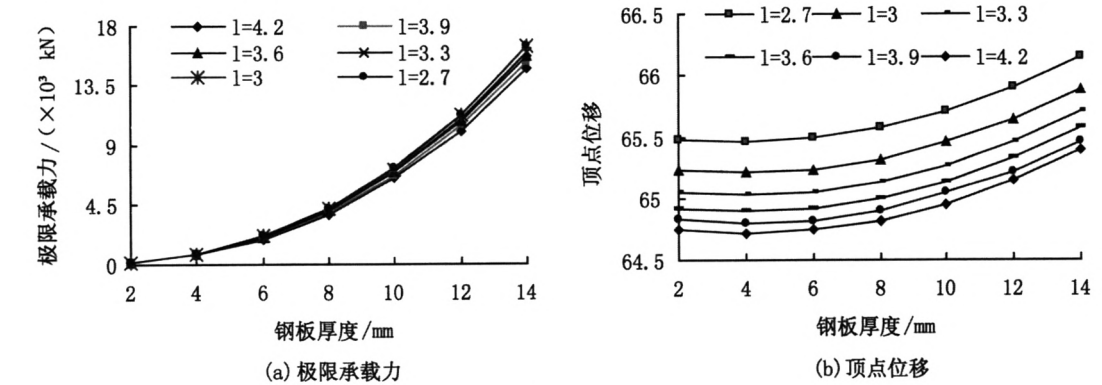


图4 不同跨度下计算结果图
Fig.4 Calculated results with different span

2.3 螺栓间距

取螺栓间距分别300 mm、600 mm 的双层钢板剪力墙计算模型,对双层钢板剪力墙静力性能进行研究。模型中所采用的混凝土为 C30 混凝土,计算结果如图 3 所示。可以看出栓钉的间距对钢板的静力性能、抗剪极限承载力有着极大的影响。双层钢板剪力墙随着栓钉间距的减小而增大,栓钉间距过大使混凝土对钢板的约束较小,混凝土不能对钢板的侧向屈曲产生较好的约束效果,其

抗剪静力性能减小。

2.4 跨高比

取跨度分别为 2.7 m×3 m、3 m×3 m、3.3 m×3 m、3.6 m×3 m、3.9 m×3 m、4.2 m×3 m 的双层钢板剪力墙的各组成模型,对其静力性能进行有限元分析。计算结果如图 4 所示。随着跨高比的增大,双层钢板剪力墙的逐渐增高,抗侧刚度也明显增大,说明增大跨高比对结构的抗剪静力性能是有利的。

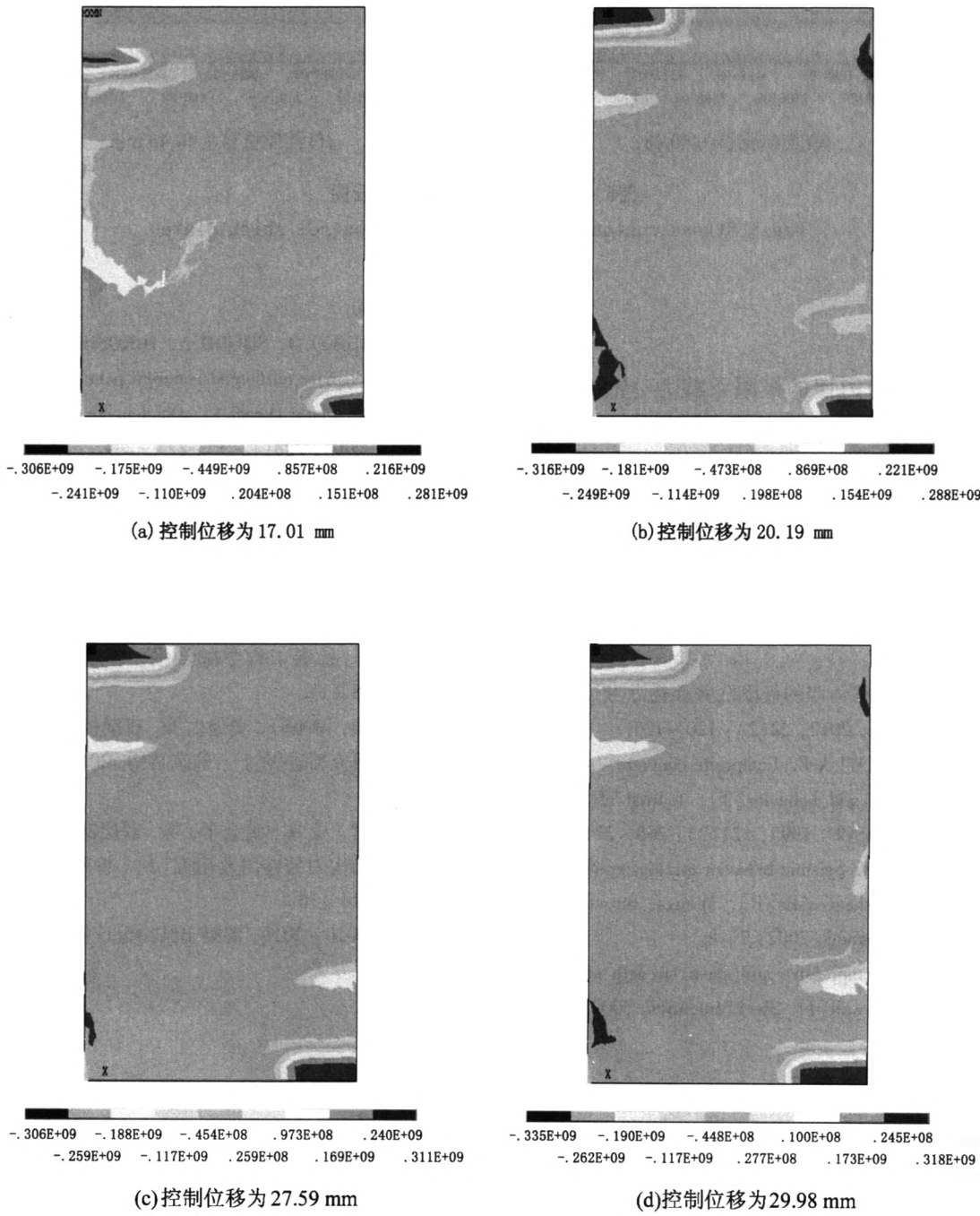
3 双钢板剪力墙应力分布

为研究双层钢板剪力墙的受力情况,取 3 m × 3 m(跨高比 = 1)、钢板厚度 10 mm、混凝土厚度为 200mm,螺栓间距为 300 mm 的计算模型,对其中的六个位移控制阶段进行应力分析,其应力分布如图 5 所示。

图 5 (a) ~ (f) 中,剪力墙的底端角部均存在比较明显的应力集中现象,剪力墙的顶端也存在

应力集中现象,这种现象起因于钢板和混凝土之间的协同工作靠螺栓进行,栓钉起到了传递钢板和混凝土之间部分应力的作用。在阻止钢板屈曲的同时,栓钉受拉力作用。

剪力墙下部的应力明显高于上部,这是因为本文采用的是下端固定,上端铰接的模式,在受到侧向力时钢板的上部能产生侧移,下端则固定不变,从而导致钢板的下部应力高于上部。



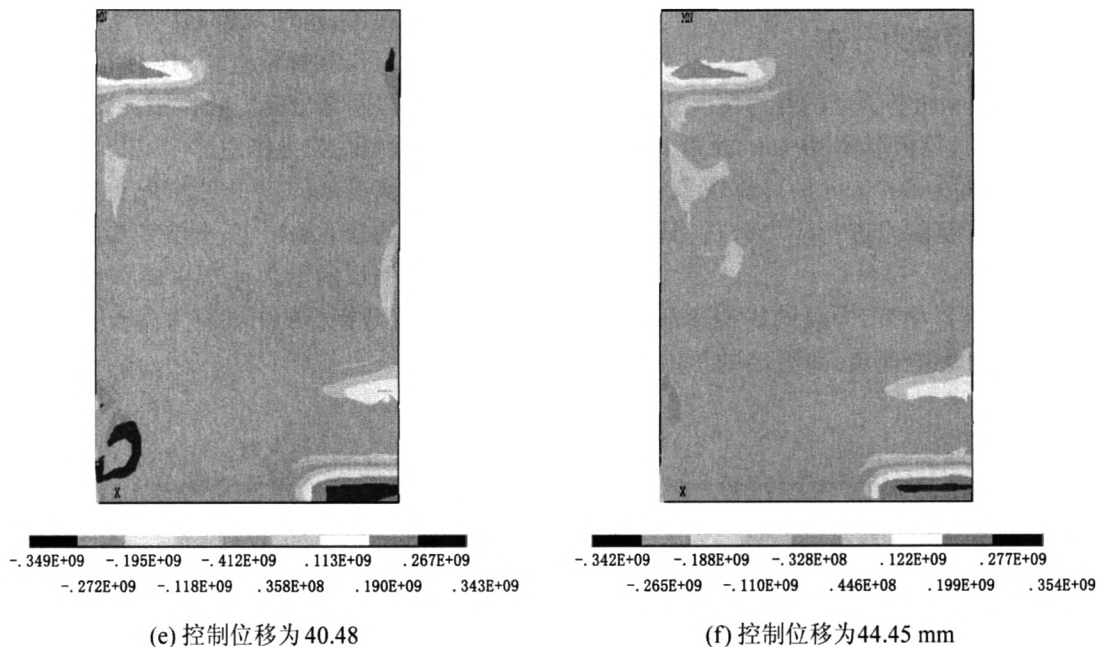


图5 不同控制位移钢板应力云图

Fig.5 Stress contour in the different control shift plate

4 结论

双层钢板剪力墙的极限承载力、抗剪静力性能随着钢板厚度、跨高比的增加而增高,随着螺栓间距的增大而减小,随着混凝土厚度的增加先增高后减小。实际工程应用中应根据经济性及耐久性,结合工程现状,选择较合适的材料及模型,使双层钢板剪力墙在工程中得到更好的运用。

参考文献:

- [1] 孟庆骞. 钢板剪力墙的极限抗剪承载力[J]. 黑龙江科技学院学报, 2012, 22(2): 120 - 123.
- [2] LINK R A, ELWI A E. Composite concrete - steel plate walls: analysis and behavior[J]. Journal of Structural Engineering, ASCE, 1995, 121(2): 260 - 271.
- [3] ASTANEH A A. Seismic behavior and design of composite steel plate shear walls[R]. Moraga: Structural Steel Educational Council, 2002: 7 - 8.
- [4] EMORI K. Compressive and shear strength of concrete filled steel box wall[J]. Steel Structures, 2002, 68(2):

29 - 40.

- [5] MASAHICO O, SHODO A, HIROSHI O, et al. Study on steel plate reinforced concrete panels subjected to cyclic in - plane shear[J]. Nuclear Engineering and Design, 2004, 228(1 - 3): 225 - 244.
- [6] EOM T S, PARK H G, LEE C H, et al. Behavior of double skin composite wall subjected to in - plane cyclic loading[J]. Journal of Structural Engineering, ASCE, 2009, 135(10): 1239 - 1249.
- [7] 司波, 白正仙. 双层钢板剪力墙的初始抗侧刚度分析[J]. 长春工程学院学报: 自然科学版, 2006, 7(1): 8 - 11.
- [8] 聂建国, 陶慕轩, 樊健生等. 双钢板 - 混凝土组合剪力墙研究新进展[J]. 建筑结构, 2011, 41(12): 52 - 60.
- [9] 祝文君, 马军, 黄会平, 等. 双层钢板组合剪力墙在异型结构中的应用及研究[J]. 特种结构, 2010, 27(2): 14 - 16.
- [10] GB50010 - 2010, 混凝土结构设计规范[S].

(责任编辑 马立)

两边连接双层钢板剪力墙承载力性能研究

作者：[谭燕秋](#)，[宫玉侠](#)，[吴欣](#)，[TAN Yan-qiu](#)，[GONG Yu-xia](#)，[WU Xin](#)

作者单位：[河北工程大学土木工程学院, 河北邯郸, 056038](#)

刊名：[河北工程大学学报（自然科学版）](#) 

英文刊名：[Journal of Hebei University of Engineering\(Natural Science Edition\)](#)

年，卷(期)：2013, 30(4)

参考文献(10条)

1. [孟庆骞](#) [钢板剪力墙的极限抗剪承载力](#)[期刊论文]-[{H} 黑龙江科技学院学报](#) 2012(02)

2. [LINK R A;ELWI A E](#) [Composite concrete-steel plate walls:analysis and behavior](#) 1995(02)

3. [ASTANEH A A](#) [Seismic behavior and design of composite steel plate shear walls](#) 2002

4. [EMORI K](#) [Compressive and shear strength of concrete filled steel box wall](#) 2002(02)

5. [MASAHIKO O;SHODO A;HIROSHI O](#) [Study on steel plate reinforced concrete panels subjected to cyclic in-plane shear](#) 2004(1-3)

6. [EOM TS;PARK H G;LEE C H](#) [Behavior of double skin composite wall subjected to in-plane cyclic loading](#) 2009(10)

7. [司波;白正仙](#) [双层钢板剪力墙的初始抗侧刚度分析](#)[期刊论文]-[长春工程学院学报\(自然科学版\)](#) 2006(01)

8. [聂建国;陶慕轩;樊健生](#) [双钢板-混凝土组合剪力墙研究新进展](#)[期刊论文]-[{H} 建筑结构](#) 2011(12)

9. [祝文君;马军;黄会平](#) [双层钢板组合剪力墙在异型结构中的应用及研究](#)[期刊论文]-[{H} 特种结构](#) 2010(02)

10. [混凝土结构设计规范](#)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201304003.aspx