DOI: 10.11883/bzycj-2017-0125
文章编号: 1001-1455(2018)06-1378-08

不同宽厚比 H 形截面钢梁抗冲击性能*

陈鹏程,程 欣,弓 磊,路国运
(太原理工大学建筑与土木工程学院,山西 太原 030024)

摘要: 基于经实验校核的非线性有限元模型,对受横向冲击作用的 H 形钢梁进行了有限元分析。设计不同宽厚比组配的 H 形钢梁,分析 H 形钢梁跨中受横向冲击的动态响应和应力发展过程,并研究宽厚比对 H 形钢梁抗冲击性能的影响,重点讨论了腹板厚度、翼缘厚度对冲击力平台值和峰值以及耗能的影响。分析结果表明,两端铰接 H 形钢梁在跨中受冲击载荷作用下的变形模式主要为弯曲变形。相同冲击能量下,冲击力平台值主要受翼缘厚度的影响,冲击力峰值主要受腹板厚度的影响。翼缘厚度对钢梁抗冲击性能的影响要大于腹板厚度。本研究可为不同宽厚比 H 形钢梁的抗冲击设计提供依据和参考。

关键词: H 形钢梁;抗冲击性能;宽厚比;耗能
中图分类号: O347.3;TU392 **国标学科代码**: 13015 **文献标志码**: A

H 形钢由于截面开展、结构合理、抗弯能力强、制造工艺简单,常被用作建筑结构的主要承重构件[1-2]。然而 H 形钢作为建筑结构中最重要的构件之一,可能遭受爆炸[3]和冲击[4-5]的作用,由于冲击造成的损伤或破坏可能导致结构的局部或整体垮塌,造成灾难性后果,因此,H 形钢在冲击作用下的动力响应已引起人们的广泛关注。

针对 H 形钢梁、柱抗冲击性能的实验研究,霍静思等[5]设计了 4 个截面几何参数完全相同的热轧 H 形双跨约束钢梁落锤冲击实验,分析了落锤冲击速度和冲击能量对钢梁动态抗冲击力学性能的影响规律。崔娟玲等[6]完成了两种不同边界约束条件下的 12 个热轧 H 形钢柱侧向冲击实验。在有限元模拟分析方面,主要以参数分析为主,包括冲击物的不同参数如冲击质量、速度、位置、能量及形状,还包括构件本身参数如材料强度、构件长度等。H. Al-Thairy 等[7]建立了轴向压力下钢柱受侧向撞击的有限元模型,对钢柱在侧向冲击载荷作用下的 3 种失效模式进行模拟,并与前人实验结果对比,验证了模型的有效性,在此基础上,利用该模型分析冲击位置、冲击质量、设计轴力对 H 形钢柱失效模式的影响。H. Wang 等[8]利用 LS-DYNA 建立了钢梁受横向冲击的有限元模型来模拟钢梁受意外冲击载荷的撞击,并讨论不同参数对钢梁抗冲击性能的影响。F. S. Makarem 等[9]通过新的钢材本构 VA[10]对轴向压力下的 HY-100 高强 H 形钢柱受侧向撞击的动态行为进行了数值模拟分析。在理论研究方面,H. Al-Thairy[11]基于能量守恒原理建立了轴向压力下钢柱受侧向撞击的理论模型,该模型假设整个变形过程是准静态的,材料模型为理想弹塑性。这种准静态假设也经常用在钢管[12-13]、钢管混凝土[12]、钢筋混凝土[14]等构件受横向冲击的理论研究中。此外,欧洲规范 Eurocode1 Part 1-7[15]根据车辆和道路类型给出了车辆撞击结构的等效静力经验值。

可见,有关 H 形钢动力响应问题的研究主要以载荷参数对抗冲击性能的影响为主,对构件几何参数影响的研究较少,对截面宽厚比对构件破坏模式的影响的研究更少。然而,通过已有静力实验证明,H 形钢截面宽厚比对构件的性能有显著的影响[16-17],因此,为了保证结构的安全性、提高施工的经济性,有必要对不同宽厚比 H 形截面钢构件的抗冲击性能进行研究。本文将在实验研究的基础上,采用非线性有限元方法,对横向冲击作用下 H 形钢梁的破坏过程进行模拟,并对模拟结果进行验证。设计截面参数,系统分析翼缘宽厚比、腹板高厚比对构件破坏的影响,为 H 形钢梁的抗冲击设计提供参考。

* **收稿日期**: 2017-04-20; **修回日期**: 2017-08-31
基金项目: 国家自然科学基金项目(11372209,51408394);山西省研究生教育创新项目(2017BY047)
第一作者: 陈鹏程(1989—),男,博士研究生; **通信作者**: 路国运,luguoyun@tyut.edu.cn。

1　有限元模型

1.1　模型建立

采用 ABAQUS /explicit 对冲击过程进行模拟，建立三维模型。在相同的网格密度下，壳单元比实体单元更节省计算时间和内存，因此，钢梁采用四节点减缩积分格式的三维壳单元(S4R)进行网格划分，为了保证计算精度，对着重分析的关键部位跨中(构件全长的 1/3)做网格加密处理，网格大小为 10 mm。落锤为圆柱体，采用实体单元(C3D8R)，由于模拟撞击过程中落锤变形很小，且落锤变形对计算结果影响很小，因此利用 rigid body 将落锤刚性化。有限元模型及截面尺寸定义如图 1 所示。

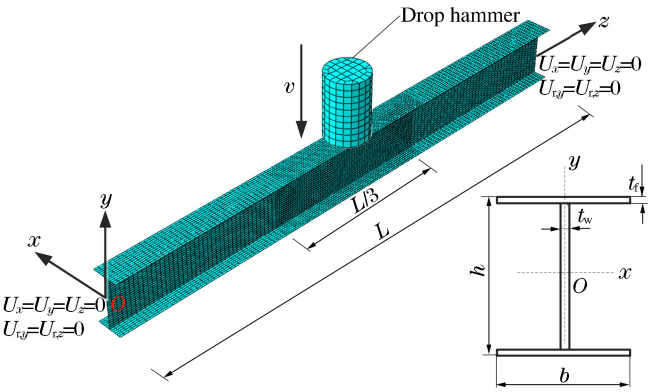


图 1　H 形钢的有限元模型

Fig. 1　Finite element model of H beam

钢材的力学性能由双线性弹塑性模型来描述，其中屈服强度 $\sigma_y=235$ MPa，极限强度取 $\sigma_u=395$ MPa，弹性模量 $E=206$ GPa，强化段切线模量取 $E_h=E/100=2.06$ GPa，泊松比为 0.3。由于应变率对钢材的屈服强度有显著影响[18]，因此需要考虑应变率效应。选用 Cowper-Symonds 模型[18]：

$$\sigma_d=\sigma_0\left[1+(\dot{\varepsilon}_p/D)^{1/q}\right] \tag{1}$$

式中：σ_d 为材料在塑性应变率 $\dot{\varepsilon}_p$ 下的动态应力，σ_0 为相应的静态应力。D 和 q 是与材料类型相关的常数。Jones[18] 总结了多种材料的材料参数，对于低碳钢一般取 $D=40.4\ s^{-1}$，$q=5$。

钢梁左右两侧均为铰支，在建模过程中，对支座进行简化处理。采用动态耦合将左右两端截面的所有节点耦合在参考点上，然后约束参考点的所有线位移 U_x、U_y、U_z 及绕 y 轴和 z 轴转动位移 $U_{r,y}$、$U_{r,z}$ 等 5 个自由度，仅允许其绕 x 轴的转动。这样不但还原了支座截面的连接方式，也保证了大变形后，两端截面依然能够保持原截面。在锤头上定义初始速度实现冲击载荷的加载。落锤与梁之间的接触定义为无摩擦的面-面接触，使用动力学接触方法。

1.2　模型校核

霍静思等[5]完成了 4 个 H 形钢梁的冲击实验，这里选取其中的 2 个(HR43、HR56)作为对比，详细实验条件参见文献[5]。根据 1.1 节的建模方法对文献[5]的实验进行了数值模拟。建模过程中加强板和钢梁通过定义绑定约束连接。

图 2 为模拟工况 HR43、工况 HR56 冲击过程中得到的冲击力时程曲线及跨中位移时程曲线与实验的对比，并将主要数据列于表 1 中，可以看出：模拟得出的曲线及主要数据与实验结果对比较好。

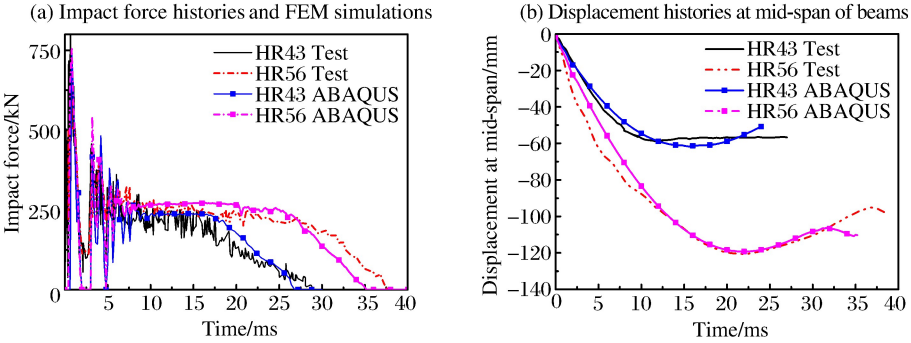


图 2　实验与模拟对比

Fig. 2　Comparison between experimental results and FEM simulations

表 1 实验与模拟主要数据对比

Table 1 Comparision between numerical and experimental data

试件编号	冲击力峰值 F_{max}/kN			冲击力平台值 F_{stable}/kN			跨中最大位移 d_{max}/mm		
	实验	模拟	实验/模拟	实验	模拟	实验/模拟	实验	模拟	实验/模拟
HR43	812.3	833.2	0.975	240.6	232.3	1.037	59.6	61.8	0.964
HR56	815.2	839.5	0.971	249.3	243.7	1.023	121.3	123.1	0.985

图 3 为工况 HR43 试件的跨中局部变形的实验和模拟对比图。可以看出局部变形主要集中在靠近加劲肋两侧,上翼缘加强板两侧应力较大,钢梁板件保持完好,未发生撕裂破坏。数值模拟结果与实验结果基本吻合。

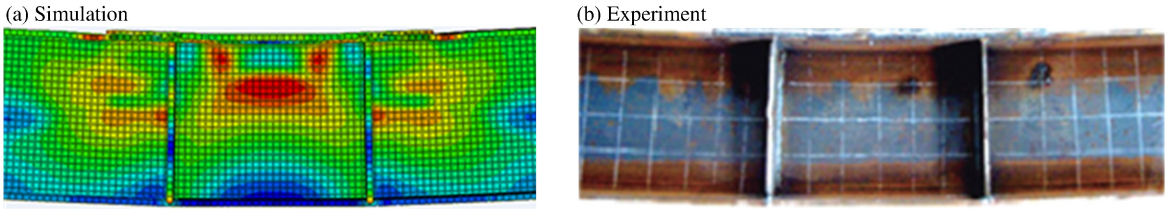


图 3 HR43 跨中局部变形对比

Fig. 3 Comparision between experimental mode and numerical mode

综上可知,本文中建立的有限元模型及采用的材料模型、单元类型、接触算法、计算控制方法等较为合理,能够较为准确地模拟 H 形钢梁在冲击作用下的破坏过程。

1.3 参数设置

现有研究表明,H 形钢截面宽厚比对其承载力有显著的影响[17,19],因此考虑不同截面宽厚比对其抗冲击性能的影响很有必要。本文中参照实验标准 H 形钢截面尺寸 H250 mm×125 mm×6 mm×9 mm[5],为建模方便,固定板件中心线的尺寸,即取截面高 $h=250\ \text{mm}+t_f$,宽 $b=125$ mm,设计不同翼缘、腹板厚度的 H 形钢,分析翼缘、腹板宽厚比对 H 形钢梁抗冲击性能的影响,具体模拟工况如表 2 所示,其中第 1 组模拟主要研究腹板厚度对 H 形钢抗冲击性能的影响;第 2 组模拟主要研究翼缘厚度对 H 形钢抗冲击性能的影响。落锤为圆柱体,底面直径 150 mm、高 300 mm,冲击能量 $E=33.8$ kJ。翼缘宽厚比 r_f、腹板高厚比 r_w 为[17,19]:

$$r_f=(b/2t_f)\sqrt{(f_{yf}/235)} \tag{2}$$

$$r_w=((h-t_f)/t_w)\sqrt{(f_{yw}/235)} \tag{3}$$

式中:f_{yf} 和 f_{yw} 分别为翼缘和腹板的屈服应力。

表 2 模拟工况

Table 2 Schedule of numerical tests

组别	模拟编号	有效长度 L/mm	腹板厚度 t_w/mm	翼缘厚度 t_f/mm	腹板宽厚比 r_f	翼缘宽厚比 r_w
1	H59	2 500	5	9	6.94	50.0
	H69	2 500	6	9	6.94	41.7
	H79	2 500	7	9	6.94	35.7
	H89	2 500	8	9	6.94	31.3
	H99	2 500	9	9	6.94	27.7
2	H56	2 500	5	6	10.4	50.0
	H58	2 500	5	8	7.81	50.0
	H510	2 500	5	10	6.25	50.0
	H512	2 500	5	12	5.20	50.0
	H514	2 500	5	14	4.46	50.0

试件的命名方法:H 代表 H 形钢梁,试件编号第 1 个数字代表腹板厚度,后面的数字代表翼缘厚度。

2　数值结果分析

2.1　变形模式

为深入了解构件的抗冲击性能，需要对结构在冲击荷载下的变形及应力发展进行分析。这样也有利于分析不同宽厚比 H 形截面钢梁的抗冲击性能。本节以 H510 为例，重点分析构件的最终变形模式及应力发展。

图 4 所示为工况 H510 钢梁在冲击作用下的整体破坏变形图。可以看出，钢梁发生了明显的弯曲变形，材料塑性变形主要分布在跨中冲击部位附近。钢梁上部塑性区域范围较底部更窄，等效塑性应变值较大。钢梁中部塑性变形区域较小，且等效塑性应变值很小。从跨中变形图可以看出，由于落锤的冲击作用，上翼缘发生了较为明显的局部变形，主要表现为：跨中加载区的上翼缘有明显的下凹。由跨中截面最终变形图可知，腹板变形很小，变形后截面仍基本保持为 H 形。

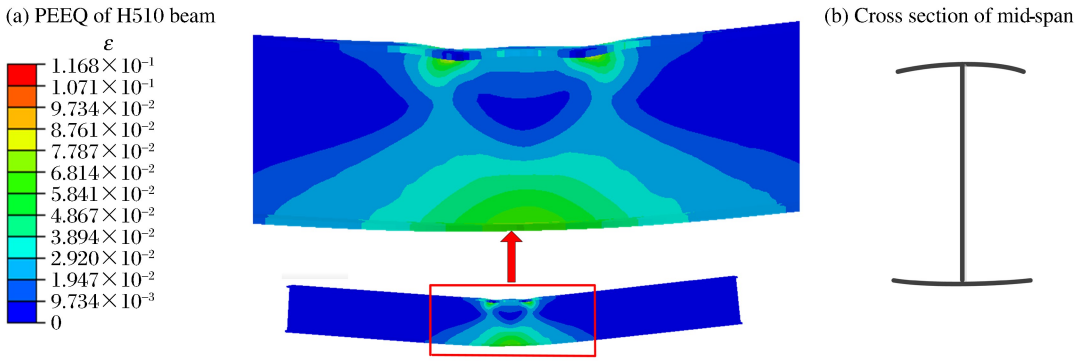


图 4　H510 构件最终变形模式

Fig. 4　Numerical failure mode of H510 beam

2.2　应力发展

图 5 所示为 H 形钢梁在冲击作用下的整体应力发展图。从图 5 可知，应力发展大致经历了峰值段、平台段和卸载段 3 个阶段。因此，选取冲击力时程曲线这 3 个阶段具有代表性的时刻（见图 5）来进行应力发展分析。这里，S11 为钢梁的轴向正应力。在冲击初始时刻 A（第 1 次峰值），钢梁的高应力区分布在跨中很小的范围内，在跨中处，腹板顶部受压、底部受拉，且底部受拉区域小于顶部受压区域。由于落锤冲击的瞬时作用使得落锤周围的上翼缘材料受拉、其余部分受压、下翼缘受拉。在跨中以外部分的应力水平较低，说明冲击瞬间梁的响应是局部响应。

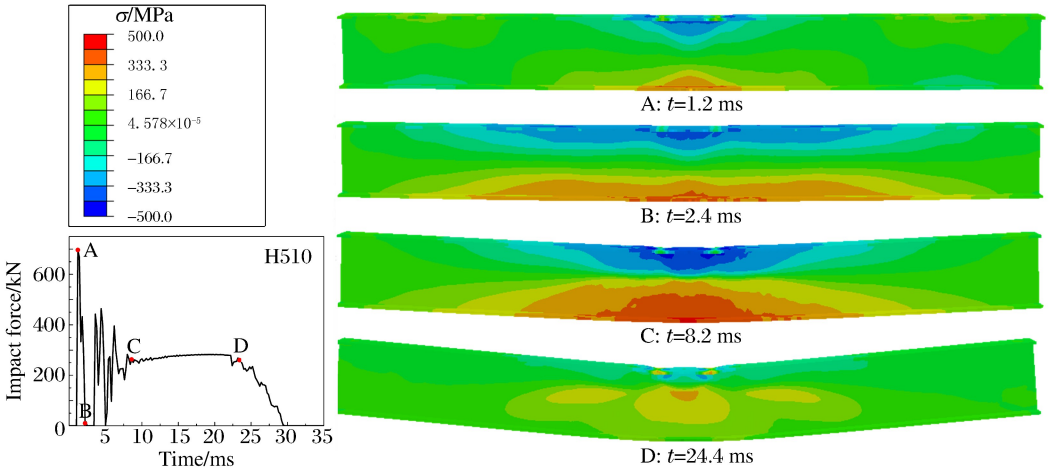


图 5　H 形钢梁应力发展

Fig. 5　Stress fields of H beam

到时刻 B 时，钢梁发生了部分卸载，从图中可以看出，跨中加载区的上翼缘压应力明显减小。与时刻 A 的应力分布相比，此时钢梁整体应力水平降低，且应力分布发生了较大变化，钢梁的高应力区分布范围明显变大，大约是时刻 A 的 6 倍。

在进入时刻 C 后(平稳期)，冲击力进入平稳阶段，腹板高应力区逐渐向跨中发展。相比于上一时刻，钢梁跨中应力界限上升较为明显，且高应力区域集中在跨中的顶部和底部，以跨中为中心，应力水平向两侧递减。

到时刻 D 时，钢梁开始卸载，此时冲击即将结束，其整体应力水平开始降低，应力界限降低，另外还可以看出，腹板底部及下翼缘受拉区域消失，沿轴向在腹板接近中间的位置出现了较高水平的拉应力。

3 宽厚比对钢梁抗冲击性能的影响

3.1 冲击力时程曲线的影响

图 6(a)所示为翼缘厚度 9 mm，腹板厚度分别为 5、6、7、8、9 mm 时的 H 形钢梁冲击力时程曲线。从图中可以看出，不同腹板厚度钢梁的冲击力时程曲线经历了峰值段、平稳段和下降段 3 个阶段。随着腹板厚度的增大，即腹板宽厚比的减小，冲击力峰值增长且增长较为明显。冲击力的平台值也增大，平台持续的时间逐渐减小。到达冲击力峰值所需要的时间基本相同，但整个冲击过程持续的时间逐渐减小。腹板厚度从 5 mm 增加到 9 mm 时，冲击力平台值增加了 59.09 kN，增幅 23.59%，冲击力峰值增加了 330.54 kN，增幅 54.28%。可以得出随着腹板厚度的增加，冲击力峰值的增长幅度要大于平台值，说明腹板厚度对冲击力峰值的影响比对平台值的影响大。

图 6(b)所示为腹板厚度为 5 mm，翼缘厚度分别为 6、8、10、12、14 mm 时的 H 形钢梁冲击力时程曲线。随着翼缘厚度的增大，即翼缘宽厚比减小，冲击力峰值增长，冲击力的平台值也增大。到达冲击力峰值所需要的时间几乎相同，但整个冲击过程持续的时间及平台持续的时间逐渐减小。翼缘厚度从 6 mm 增加到 14 mm 时，冲击力平台值增加了 131.26 kN，增幅 65.25%，冲击力峰值增加了 146.87 kN，增幅 27.15%，可以看出，翼缘厚度对冲击力平台值的影响比对峰值的影响大。由于冲击过程中翼缘主要发生弯曲变形，翼缘厚度增大导致翼缘抗弯刚度增加，因此，钢梁抵抗变形的能力增强。

进一步分析可知，在冲击能量一定的情况下，如果腹板、翼缘增加相同的幅度，翼缘厚度的增长对冲击力平台值的影响较大，腹板厚度对冲击力峰值的影响较大。

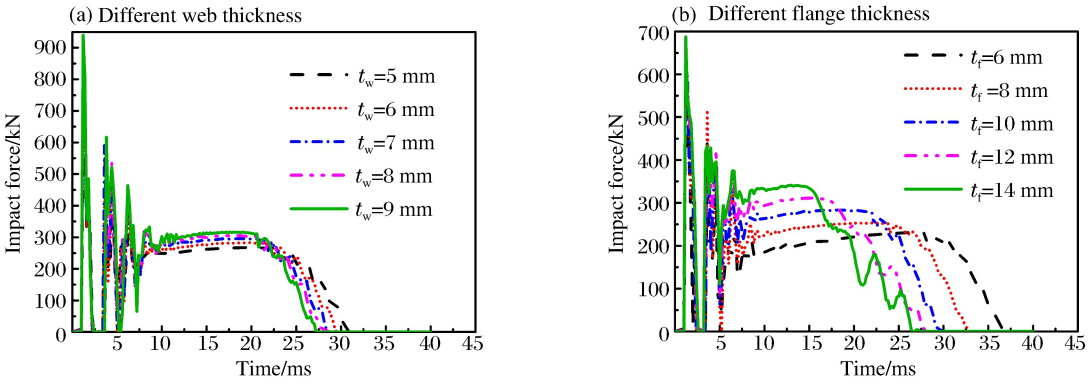


图 6 腹板、翼缘厚度对冲击力时程曲线的影响

Fig. 6 Effects of flange and web thickness on impact force histories

3.2 耗能的影响

在落锤冲击钢梁的过程中，钢梁产生了较大的塑性变形，在冲击部位形成了塑性铰，可以有效地吸收落锤的初始冲击动能。钢梁的耗能 E_d 源于冲击力做的功，通过对钢梁冲击力-位移曲线积分得到[8]：

$$E_d = \int_0^{\delta} F(\delta)\,\mathrm{d}\delta \tag{4}$$

式中：F 为钢梁在某时刻的冲击力，δ 为该时刻冲击力所对应的位移值，通过对钢梁耗能的研究可以有效地评价其抗冲击性能。由于冲击过程中钢梁主要发生弯曲变形，腹板和翼缘厚度增大导致钢梁抗弯刚度的增加，因此，钢梁抵抗变形的能力增强。

图 7(a)所示为不同腹板厚度的钢梁耗能与跨中位移的关系曲线。从图 7(a)中可以看出，不同腹板厚度的钢梁耗能随跨中位移变化的趋势基本相同。在相同跨中位移下，随着翼缘厚度的增加，钢梁的耗能逐渐增加。图 7(b)所示为不同翼缘厚度的钢梁耗能与跨中位移的关系曲线。从图 7(b)中可以看出，不同翼缘厚度的钢梁耗能随跨中位移变化的趋势基本相同，即钢梁耗能增长速率先逐渐减小，再渐渐趋于平稳。通过对冲击力时程曲线的分析可知，这是由于在开始时冲击力不稳定，后来冲击力慢慢趋于平稳，因此从平台阶段开始，耗能与跨中挠度几乎为正比关系。从图中还可以看出，在相同跨中位移下，随着翼缘厚度的增加，钢梁的塑性耗能逐渐增加。

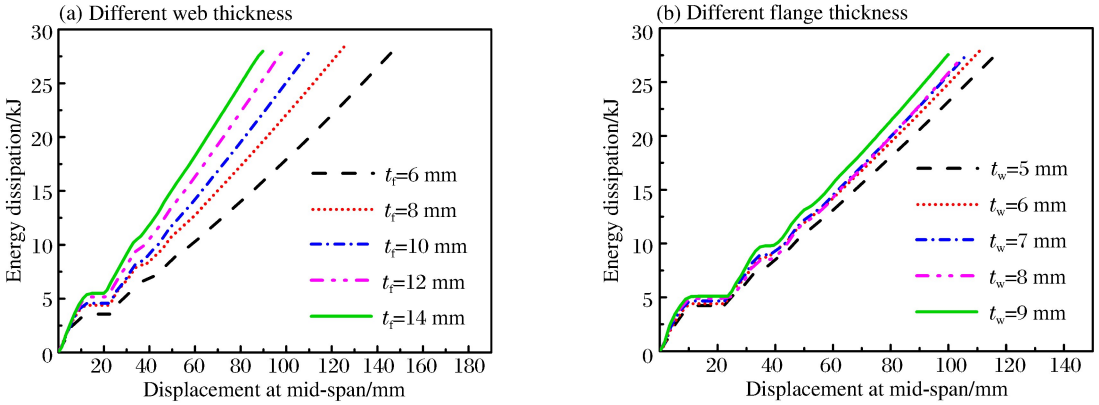


图 7　腹板、翼缘厚度对 H 形钢梁耗能的影响

Fig. 7　Effects of flange and web thickness on energy dissipation

通过对比可以看出，翼缘对钢梁耗能的影响大于腹板的影响。因此，翼缘对钢梁抗冲击性能的影响大于腹板。

钢梁受冲击载荷作用时，采用钢梁耗能与钢梁跨中截面位移的比值来评价不同截面参数钢梁的耗能能力，将此比值定义为单位位移耗能。单位位移耗能（$\bar{E}_d$）由下式给出：

$$\bar{E}_d = E_d/\delta_u \tag{5}$$

式中：E_d 为钢梁最终的耗能，δ_u 为钢梁跨中的最终位移。

图 8(a)所示为不同腹板厚度的钢梁单位位移耗能与腹板厚度的关系曲线。从图 8(a)中可以看出，

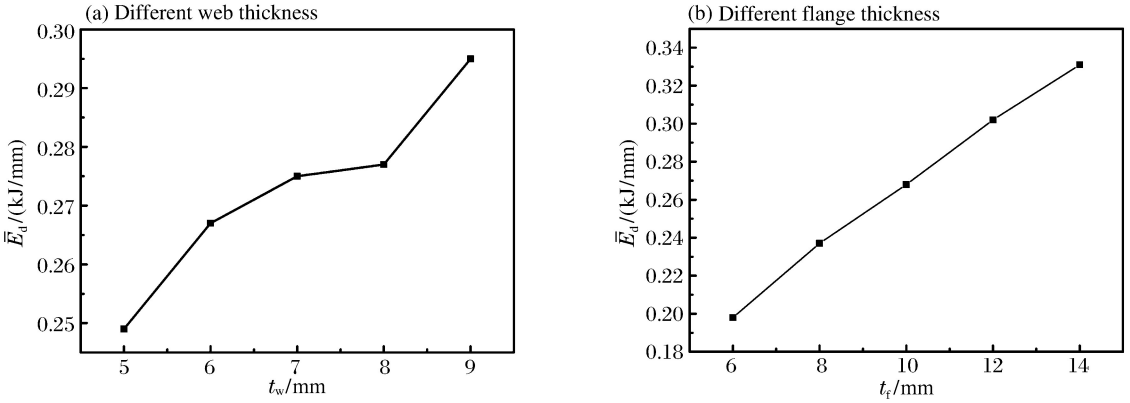


图 8　腹板、翼缘厚度对 H 形钢梁单位位移耗能的影响

Fig. 8　Effects of flange and web thickness on energy dissipation per displacement

随着腹板厚度的增加,钢梁单位位移耗能增长速率先减小后增大。在腹板厚度为 7、8 mm 时,钢梁单位位移耗能近似相等,说明腹板厚度在此区间内对钢梁单位位移耗能影响较小。进而说明在该冲击速度下,当腹板厚度介于 7～8 mm 之间时,腹板厚度对钢梁的抗冲击性能影响很小。不同翼缘厚度的钢梁单位位移耗能见图 8(b),从图中可以看出,钢梁的单位位移耗能随着腹板厚度和翼缘厚度的增大而增大,翼缘厚度的增加与单位位移耗能的增长近似呈线性关系。

4 结 论

在实验研究的基础上,利用 ABAQUS 有限元软件,选择合理的材料本构,建立了精确的 H 形钢梁受横向撞击的有限元模型。得到钢梁的变形模式、冲击力、跨中位移及耗能。研究了 H 形钢梁的应力发展并重点分析了截面宽厚比对钢梁抗冲击性能的影响,结果表明:

(1)两端铰接 H 形钢梁在跨中受冲击载荷作用下的变形模式为:整体弯曲变形与局部变形的耦合,在跨中部位形成塑性铰,冲击部位是构件塑性变形的主要发展部位。钢梁跨中产生了较为明显的局部变形,主要表现为:跨中加载区上翼缘有明显的下凹。

(2)相同冲击能量下,翼缘厚度对冲击力平台值的影响比对冲击力峰值的影响大;腹板厚度对冲击力峰值的影响比对冲击力平台值的影响大。相比腹板厚度,冲击力平台值主要受翼缘厚度的影响,冲击力峰值受腹板厚度的影响。选取耗能为钢梁抗冲击性能的评价指标,结果表明翼缘厚度对钢梁抗冲击性能的影响大于腹板厚度的影响。

(3)翼缘厚度的增加与钢梁单位位移耗能增长近似呈线性关系,而随着腹板厚度的增加,钢梁单位位移耗能增长速率先减小后增大。当腹板厚度介于 7～8 mm 之间时,腹板厚度对钢梁单位位移耗能的影响很小。

参考文献:

[1] 高海建,奚铁,孙飞飞,等. 热轧 H 型钢的轧制及其工程应用[J]. 建筑钢结构进展,2002,4(1):33-40.
GAO Haijian, XI Tie, SUN Feifei, et al. The fabrication and application of hot rolled H-shaped steel[J]. Progress in Steel Building Structures, 2002,4(1):33-40.

[2] 陈以一,童乐为,岳昌智,等. 高频焊接 H 型钢在多层住宅轻钢结构体系中的应用研究[J]. 住宅科技,2004(4):28-32.
CHEN Yiyi, TONG Lewei, YUE Changzhi, et al. Research on application of high frequency welding H-section steel in light steel structure system of multi-storied building[J]. Housing Science, 2004(4):28-32.

[3] NASSR A A, RAZAQPUR A G, TAIT M J, et al. Dynamic response of steel columns subjected to blast loading [J]. Journal of Structural Engineering, 2014,140(7):165-180.

[4] FERRER B, IVORRA S, SEGOVIA E, et al. Tridimensional modelization of the impact of a vehicle against a metallic parking column at a low speed[J]. Engineering Structures, 2010,32(8):1986-1992.

[5] 霍静思,张晋清,陈柏生,等. 冲击荷载作用下热轧 H 型钢梁力学性能试验研究[J]. 建筑结构学报,2011,32(12):242-249.
HUO Jingsi, ZHANG Jinqing, CHEN Baisheng, et al. Dynamic behaviors of hot-rolled steel beams under drop weight impact loading[J]. Journal of Building Structures, 2011,32(12):242-249.

[6] 崔娟玲,郭昭胜,王蕊,等. 热轧 H 型钢柱侧向冲击试验研究[J]. 振动与冲击,2014,33(18):133-139.
CUI Juanling, GUO Zhaosheng, WANG Rui, et al. Tests for behavior of a hot rolled H-shaped steel column under lateral impact[J]. Journal of Vibration and Shock, 2014,33(18):133-139.

[7] Al-THAIRY H, WANG Y C. A numerical study of the behaviour and failure modes of axially compressed steel columns subjected to transverse impact[J]. International Journal of Impact Engineering, 2011,38(8/9):732-744.

[8] WANG H, YANG B, ZHOU X H, et al. Numerical analyses on steel beams with fin-plate connections subjected to impact loads[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2016,124:101-112.

[9] MAKAREM F S, ABED F. Nonlinear finite element modeling of dynamic localizations in high strength steel col-

umns under impact[J]. International Journal of Impact Engineering, 2013,52(52):47-61.

[10] VOYIADJIS G Z, ABED F H. Microstructural based models for bcc and fcc metals with temperature and strain rate dependency[J]. Mechanics of Materials, 2005,37(2):355-378.

[11] Al-THAIRY H, WANG Y C. A simplified analytical method for predicting the critical velocity of transverse rigid body impact on steel columns[J]. International Journal of Impact Engineering, 2013,58:39-54.

[12] BAMBACH M R, JAMA H, ZHAO X L, et al. Hollow and concrete filled steel hollow sections under transverse impact loads[J]. Engineering Structures, 2008,30(10):2859-2870.

[13] JONES N, SHEN W Q. A theoretical study of the lateral impact of fully clamped pipelines[J]. Journal of Process Mechanical Engineering, 1992,2(206):129-146.

[14] HING Ho T, LAM N T K. Collapse of reinforced concrete column by vehicle impact[J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2008,23(6):427-436.

[15] Eurocode 1. Actions on structures—Part 1-7: General actions-Accidental actions: 1991-1-7: 2006[S]. 2006.

[16] CHENG X, CHEN Y, NETHERCOT D A. Experimental study on H-shaped steel beam-columns with large width-thickness ratios under cyclic bending about weak-axis[J]. Engineering Structures, 2013,49(2):264-274.

[17] 陈以一，马越，赵静，等. 薄柔高频焊接 H 钢柱的实验和抗震承载力评价[J]. 同济大学学报(自然科学版)，2006,34(11):1421-1426.
CHEN Yiyi, MA Yue, ZHAO Jing, et al. Tests on high-frequency welded H steel columns with slendes elements and its evaluation of seismic resistance[J]. Journal of TongJi University (Natural Science), 2006,34(11):1421-1426.

[18] JNOES N. Structural impact[M]. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997:340-342.

[19] 程欣，陈以一. 考虑板件相关作用的 H 形截面压弯钢构件抗弯承载力[J]. 工程力学，2015,32(3):41-49.
CHENG Xin, CHEN Yiyi. Moment resistance of H-section steel beam-columns considering the interactive effect of plate elements[J]. Engineering Mechnics, 2015,32(3):41-49.

Impact resistance of H shaped beam with various width-to-thickness ratios

CHEN Pengcheng, CHENG Xin, GONG Lei, LU Guoyun

(*College of Architecture and Civil Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan* 030024, *Shanxi*, *China*)

Abstract: Based on a verified finite element model, numerical model of H beams subjected to lateral impact was established by ABAQUS. The accuracy of finite element models was validated against existing experimental results. The failure process of H beams and the influences of width-to-thickness ratios on the dynamic behaviors of H beams were systematically investigated. Then, the effects of flange thickness and web thickness on the stable impact forces, peak impact forces and energy dissipation were accurately analyzed. The results show that the failure mode of both side pin-ended steel beam subjected to transverse impact was global bending failure. Under certain impact energy the stable impact forces were mainly affected by the flange thickness and the peak impact forces. Furthermore, the effect of flange thickness on the dynamic behaviors of H beams was more obvious than the effect of the web thickness. In addition, the results of numerical analysis provided a basis and reference for the design of resisting impact of H beams.

Keywords: H beams; impact resistance; width-to-thickness ratios; energy dissipation

(责任编辑　曾月蓉)