

# 地震作用下钢结构的破坏及抗震性能的提高

肖微

天津华汇工程建筑设计有限公司

DOI:10.12238/btr.v3i12.3528

**[摘要]** 先分析了地震对当代钢结构建筑的破坏状况,重点讲解了1995年兵库县南部地震的震害状况。分析了地震干预下对梁柱节点、柱、梁、支持与柱脚的不良影响。对次要构件在地震影响下的损坏与结构对长时间地震的应对进行了分析。另外,给出了钢结构抗震性能提升与抗震评价的手段。对改善的梁柱节点方式,如改善扇形开孔尺寸与减小梁截面等给予了分析且推荐在客观项目中使用。讲解且分析了限制屈曲支持与阻尼器的使用。最后,给出了对当前钢结构建筑抗震性能的评价模式。

**[关键词]** 钢结构; 抗震性能; 地震

**中图分类号:** TU973+.13 **文献标识码:** A

## 简介

地震对结构产生的影响通常是会导致结构的大量毁坏。使用最新的技术指导抗震设计即为了防止以上问题的出现。但是,历史中出现的大地震往往会对结构带来巨大的不良影响。举例,1995年的兵库县南部大地震对钢结构建筑带来了巨大的不良影响。本次地震发生后,我们对震害开展了较多的调查,其中涵盖了给出提升建筑物抗震作用的一些观点。本研究先对兵库县南部地震对钢结构建筑的震害状况予以归纳,还讲解了2011年日本东北部太平洋海岸地震事件。另外,还给出了钢结构抗震性能提升的处理对策。

## 1 地震中钢结构建筑的破坏

### 1.1 1995年兵库县南部地震破坏综述

有许多钢结构建筑在1995年兵库县南部地震中受到了极大的不良影响。988座被损坏的当代钢结构建筑,其中不涉及使用轻钢构件与陈旧的钢框架体系。在此类建筑中,90座有坍塌的情况,322座被严重损坏,266座被中度损坏,超过300座有一定程度的损坏。产生坍塌的基本上都是2-5层的建筑。在被损坏的建筑中,432座为R-R型,134座为R-B型,34座为B-B型,而R-R型是在两个主轴方向都没有支持力量的建筑,R-B型是在某个主

轴方向有支持力量而在另一主轴方向没有支持力量的建筑,B-B型是在两个主轴位置都有支持力量的建筑。本研究的1.2-1.5节按照对兵库县南部地震中结构构件的震害状况给予简单讲解,还对1994年美国北岭地震中钢结构建筑的震害状况开展了分析。

### 1.2 梁柱节点的破坏

许多梁柱节点的破坏与断裂破坏有着一定的关系。断裂破坏重点包括两类。第一种断裂破坏是在面积不大的角焊缝位置。角焊缝的面积不大,所以无法将梁翼缘的受力高效地传达给柱翼缘中,在出现断裂时,构件无法产生塑性变形。一些为此破坏种类的节点在梁翼缘中没有安排加劲板件。第二种梁柱节点断裂破坏出现在全融透焊缝连接位置,特别是在梁下的翼缘位置。梁端具有大的塑性变形或部分屈曲。此破坏出现于类似图1的焊接金属热影响位置,其中包括母材与隔板中。在梁翼缘位置的断裂重点是从扇形开孔的焊趾位置开始。

### 1.3 柱和梁的破坏

许多的柱破坏聚焦于近节点位置。柱的破坏重点涵盖了柱端的塑性变形太大、柱的弯曲过于严重、部分地区屈曲与母材和柱的连接位置的断裂破坏。在各种宽翼缘柱中,产生了各种绕弱轴弯曲严重的破坏状况。梁的破坏也重点聚

焦于近节点位置。破坏状况涵盖了梁端产生塑性变形与部分屈曲,梁的拼接位置产生了塑性变形与螺栓断裂,梁腹板产生了平面外屈曲等。

### 1.4 支撑的破坏

支撑的破坏含屈曲与断裂破坏。支撑构件的断裂破坏重点产生于端部的连接位置或交叉位置。支撑连接位置的断裂破坏产生于螺栓接通与焊缝接通位置。我们了解到,在老建筑中运用的截面尺寸不大的支撑有了巨大的损坏。支撑的破坏使框架的抗侧刚度变小且使层间位移变大了,同时在部分状况下将造成框架的综合坍塌。截面相对更大的支撑破坏更多地出现于与其它结构构件相接的地方。举例,螺栓相接的破坏与梁和支撑相接位置产生严重的腹板屈曲与平面外扭转。支持和其它构件相接的方式对支撑破坏方式的影响巨大。

### 1.5 柱脚的破坏

在218座柱脚产生破坏的建筑中,127座使用合规的柱脚基本底板。因为地脚锚栓的破坏使101座建筑产生了巨大的永久变形或倒塌。不仅如此,我们还了解到柱底板有弯曲变形、柱脚角焊缝裂开与柱下混凝土开裂等破坏方式。大部分外包混凝土钢柱柱脚也有了损坏。

### 1.6 其他问题

在地震过后，部分钢结构建筑的次要构件也受到了较大的不良影响。大的层间位移或支撑的平面外屈曲也许会导致外墙的脱落。另外找到大跨度架构中的天花板出现掉落。在2011年日本东北部地带太平洋海岸地震中，我们了解到东京的高层建筑对长时间的地震产生了巨大的地震响应。

## 2 钢结构建筑抗震性能的提高

根据初期对钢结构建筑的震害调研，我们得到了更多的调查结果与新的进度来指导与设立提升钢结构建筑的抗震性能的途径。2.1节-2.3节给出了就提升新建钢结构建筑抗震性能的方式。2.4节则给出了对当前钢结构建筑抗震性能的评价模式。

### 2.1 梁柱连接

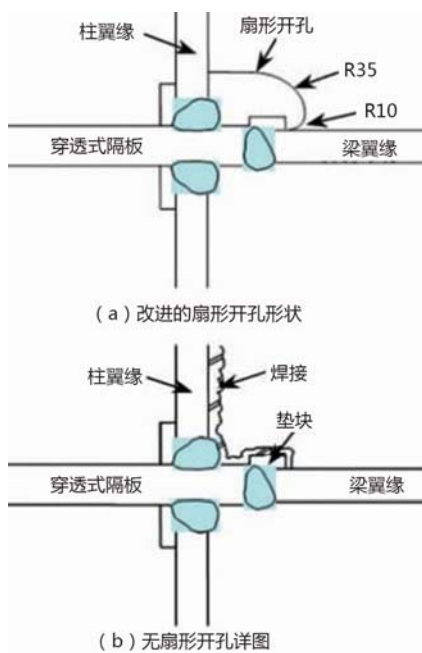


图 1

见图1，由于梁翼缘母材的开裂重点出自扇形开孔的焊趾位置，推荐使用改善的焊接孔面积与无焊接孔的焊接方法。该方法旨在降低焊缝连接位置的应

力聚集，进而防止焊缝裂开。不仅如此，减小节点域梁截面(RBS)面积的节点方式已运用，特别是在美国。此类设计让塑性较出现于梁截面变小位置，进而防止出现于焊接连接区位置。

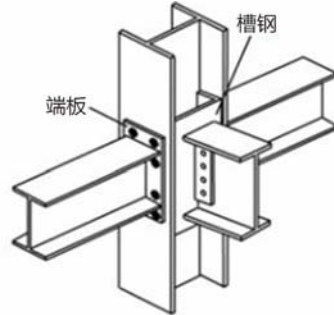


图 2

将RBS节点方式与无扇形开孔节点方式的塑性转动水平开展了对比。为了使焊接牢固，螺栓相接慢慢地变为了代替焊接相接的一种形式。梁柱连接使用T形板件、端板与角钢相接。螺栓相接结合其转动刚度的刚性、半刚性与柔性相接。部分分析人士指出，半刚性连接具有优良的抗震能力。见图2。

### 2.2 支撑构件

约束屈曲支撑(BRB)由于能缓解建筑物震害而获得了大面积的分析。因为内部的芯板拥有优良的性能，使用BRB支撑不但能规避屈曲，另外还能防规避断裂的出现。

### 2.3 阻尼器

结构控制系统能减缓结构因地震影响或风力带来的振动，所以获得了更多的分析。对被动耗能机制开展了较多的分析，目的在于减少地震对结构所带来的不良影响。在地震所带来的影响中，各种能量传达使结构变得不稳定起来。使用耗能设备，如阻尼器，在地震时能发散出众多的能量。在长时间的地震运动中，阻尼器能高效地减小地震对高层建筑带来的不良影响。在使用阻尼器的各

种被动控制平台中，我们分析了速度相关型阻尼器，其材质具有粘性或粘弹性的性质，其阻尼效应必须要看速率的如何。不仅包括以上阻尼器，速度无关型阻尼器如钢板阻尼器已被开发，其重点经钢板的屈服变形而发散地震能量。钢板阻尼器结合屈服变形能分成3类：轴向屈服类，如上文所指出的屈曲约束支撑；剪切屈服类，如剪力钢板；弯曲屈服类，如U形钢板阻尼器。

## 3 结论

(1)先讲解了1995年兵库县南部地震对当代钢结构建筑带来的震害状况。接着分析了梁柱连接节点、柱、梁、支撑与柱脚的震害状况。对其它问题，其中包括次要构件的不良影响与结构对长时间地震的地震应对等也进行了分析。(2)接着给出了钢结构抗震能力提升模式与对当前钢结构建筑的抗震评价方式。分析且推荐采用改善的梁柱连接节点，如改善的扇形开孔与缓解节点地区梁截面等节点方式。另外分析且探讨了屈曲约束支撑与阻尼器。

### [参考文献]

- [1]Reconnaissance report on damage to steel building structures observed from the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake [R].Kinki Branch,Architectural Institute of Japan,Osaka,Japan,1995.(in Japanese).
- [2]TREMBLAY R,BRUNEAU M,NAKASHI MA M,et al.Seismic design of steel buildings:lessons from the 1995 Hyogo-Ken Nanbu earthquake[J]. Canadian Journal of Civil Engineering,1996,23(3): 727-756.
- [3]Hiroshi Tagawa,雷克,杨彬.地震作用下钢结构的破坏及抗震性能的提高[J].建筑结构,2011,41(12):20-23.