

钢筋混凝土框架结构抗震性能检测与加固对策分析

李赛彪 刘心怡

陕西省建筑设备安装质量检测中心有限公司 陕西 西安 712000

摘要：本文聚焦于钢筋混凝土框架结构的抗震性能检测与加固对策。首先阐述了钢筋混凝土框架结构在建筑领域的重要性以及地震对其可能造成的严重破坏，强调了开展抗震性能检测与加固工作的必要性。接着详细介绍了抗震性能检测的方法，包括外观检查、材料性能检测、结构动力特性检测等，分析了各种检测方法的原理、适用范围及优缺点。然后探讨了影响钢筋混凝土框架结构抗震性能的因素，如结构设计、材料质量、施工质量等。在此基础上，提出了针对性的加固对策，如增大截面加固法、粘贴钢板加固法、碳纤维加固法等，并对每种加固方法的原理、施工工艺和应用效果进行了深入探讨。为钢筋混凝土框架结构的抗震安全提供了理论支持和实践指导。

关键词：钢筋混凝土框架结构；抗震性能检测；加固对策；结构安全

1 引言

钢筋混凝土框架结构作为一种常见的建筑结构形式，广泛应用于各类工业与民用建筑中。它具有空间分隔灵活、整体性好、强度较高等优点，能够满足不同建筑功能的需求。然而，地震是一种具有突发性和破坏性的自然灾害，给钢筋混凝土框架结构建筑带来了巨大的威胁。在地震作用下，钢筋混凝土框架结构可能会出现裂缝、变形甚至倒塌等严重破坏，不仅会造成巨大的经济损失，还会危及人们的生命安全。近年来，全球范围内地震活动频繁，我国也多次遭受地震灾害的影响，如汶川地震、玉树地震等，这些地震给当地建筑带来了毁灭性的破坏，也让我们深刻认识到提高建筑抗震性能的重要性。因此，对既有钢筋混凝土框架结构进行抗震性能检测，并根据检测结果采取有效的加固对策，对于保障建筑结构的安全、延长建筑使用寿命、减少地震灾害损失具有重要的现实意义。

2 钢筋混凝土框架结构抗震性能检测方法

2.1 外观检查

外观检查是最基本、最直观的检测方法，主要通过目视观察结构构件的外观状况，检查是否存在裂缝、变形、腐蚀、蜂窝麻面等缺陷。对于钢筋混凝土框架结构，应重点检查梁、柱、节点等关键部位的外观情况。例如，检查梁的跨中、支座附近是否出现裂缝，裂缝的宽度、长度和走向如何；柱的上下端是否出现压碎、剥落等现象；节点核心区是否有裂缝、混凝土破碎等情况。外观检查可以初步判断结构的使用状况和可能存在的问题，为后续的详细检测提供线索。

2.2 材料性能检测

材料性能是影响钢筋混凝土框架结构抗震性能的重

要因素之一。材料性能检测主要包括混凝土强度检测和钢筋性能检测。

2.2.1 混凝土强度检测：常用的混凝土强度检测方法有回弹法、超声回弹综合法、钻芯法等。回弹法是通过回弹仪测量混凝土表面的硬度，根据硬度与强度之间的关系来推算混凝土的强度，该方法操作简单、快捷，但精度相对较低，适用于一般结构的普查。超声回弹综合法结合了超声波在混凝土中的传播速度和回弹值来综合评定混凝土的强度，精度比回弹法有所提高^[1]。钻芯法是通过钻取混凝土芯样，在试验室进行抗压试验来直接测定混凝土的强度，该方法精度高，但会对结构造成一定的损伤，一般用于对回弹法等无损检测结果的验证或对重要结构部位的检测。

2.2.2 钢筋性能检测：钢筋性能检测主要包括钢筋的直径、数量、锈蚀情况等检测。可以采用钢筋扫描仪来检测钢筋的位置、直径和数量，该方法无损、快速。对于钢筋的锈蚀情况，可以采用半电池电位法、电阻率法等无损检测方法进行初步判断，必要时可以凿开混凝土保护层，直接观察钢筋的锈蚀程度，并取样进行力学性能试验。

2.3 结构动力特性检测

结构动力特性检测是了解结构抗震性能的重要手段，它主要包括结构的自振频率、阻尼比和振型等参数的检测。常用的检测方法有环境振动法和强迫振动法。

2.3.1 环境振动法：环境振动法是在自然环境激励下，通过在结构上布置传感器，测量结构的振动响应，然后利用信号处理技术分析得到结构的动力特性参数。该方法无需人工激励，对结构无损伤，操作方便，适用于大型结构的动力特性检测。

2.3.2 强迫振动法：强迫振动法是通过激振设备对结构施加人工激励，使结构产生振动，然后测量结构的振动响应，分析得到结构的动力特性参数。该方法可以精确控制激励的大小和频率，能够更准确地获取结构的动力特性，但需要专门的激振设备，操作相对复杂。

2.4 结构承载力验算

在完成外观检查、材料性能检测和结构动力特性检测后，需要根据检测结果对结构的承载力进行验算。根据结构的实际受力情况和检测得到的材料性能参数，采用结构力学的方法计算结构在地震作用下的内力和变形，并与结构的承载力进行比较，判断结构是否满足抗震要求。如果结构的承载力不足，则需要采取加固措施。

3 影响钢筋混凝土框架结构抗震性能的因素

3.1 结构设计因素

结构设计是影响钢筋混凝土框架结构抗震性能的关键因素之一。合理的结构布置、正确的结构选型和恰当的抗震计算参数能够提高结构的抗震能力。例如，结构平面布置应尽量规则、对称，避免出现不规则形状，以减少地震作用下的扭转效应；结构竖向布置应均匀、连续，避免出现刚度突变，以防止结构在地震作用下产生薄弱层^[2]。此外，抗震计算参数的选择，如地震作用计算方法、地震影响系数等，也会对结构的抗震设计结果产生重要影响。

3.2 材料质量因素

材料质量直接关系到钢筋混凝土框架结构的抗震性能。混凝土和钢筋的质量不符合设计要求，会降低结构的承载能力和变形能力。例如，混凝土强度不足会导致构件的抗压、抗剪能力下降，在地震作用下容易发生破坏；钢筋的强度、韧性不足或锈蚀严重，会影响钢筋与混凝土之间的粘结性能，降低构件的延性和耗能能力。因此，严格控制混凝土和钢筋的质量是保证结构抗震性能的重要环节。

3.3 施工质量因素

施工质量对钢筋混凝土框架结构的抗震性能也有着重要影响。施工过程中如果存在混凝土浇筑不密实、钢筋绑扎不规范、节点施工质量差等问题，会导致结构构件存在缺陷，降低结构的整体性和抗震能力。例如，混凝土浇筑不密实会在构件内部形成孔洞和蜂窝，影响构件的承载能力；钢筋绑扎不规范会导致钢筋的位置偏差，影响钢筋与混凝土之间的协同工作性能；节点施工质量差会使节点核心区的承载能力降低，成为结构的薄弱部位。

3.4 使用环境因素

使用环境也会对钢筋混凝土框架结构的抗震性能产生一定的影响。长期处于恶劣环境中的结构，如潮湿、腐蚀性介质等环境，会加速钢筋的锈蚀和混凝土的劣化，降低结构的耐久性和抗震能力。此外，结构在使用过程中如果遭受过火灾、爆炸等灾害，也会对结构的性能造成损害，影响其抗震性能。

4 钢筋混凝土框架结构加固对策

4.1 增大截面加固法

增大截面加固法是通过增大原结构构件的截面面积和配筋，提高构件的承载能力和刚度，从而增强结构的抗震性能。该方法适用于梁、板、柱等构件的加固。

4.1.1 原理：增大截面加固法的原理是基于结构力学的基本原理，通过增加构件的截面尺寸和配筋，使构件在地震作用下的内力和变形满足抗震要求^[3]。增大截面可以提高构件的抗压、抗弯和抗剪能力，同时增加构件的刚度，减小结构的变形。

4.1.2 施工工艺：增大截面加固法的施工工艺主要包括以下几个步骤：首先，对原结构构件表面进行处理，清除表面的疏松层、油污等杂质，并进行凿毛处理，以增强新老混凝土之间的粘结性能；然后，安装模板，模板的安装应牢固、严密，防止漏浆；接着，绑扎新增钢筋，新增钢筋应与原钢筋可靠连接；最后，浇筑混凝土，混凝土应采用强度等级不低于原结构的微膨胀混凝土，浇筑过程中应注意振捣密实，确保新老混凝土结合良好。

4.1.3 应用效果：增大截面加固法能够显著提高构件的承载能力和刚度，增强结构的抗震性能。该方法技术成熟、可靠，应用广泛。但增大截面加固法会增加结构的自重，对原结构的基础和相邻构件可能会产生一定的影响，同时施工周期较长，对使用环境有一定要求。

4.2 粘贴钢板加固法

粘贴钢板加固法是在结构构件表面粘贴钢板，通过结构胶将钢板与原构件粘结成整体，共同受力，提高构件的承载能力和抗震性能。该方法适用于承受静力作用的一般受弯及受拉构件的加固。

4.2.1 原理：粘贴钢板加固法的原理是利用结构胶的高强度粘结性能，将钢板与原构件紧密粘结在一起，使钢板与原构件协同工作，共同承受荷载。钢板具有较高的抗拉强度，可以有效地提高构件的抗弯和抗剪能力，增强结构的延性和耗能能力。

4.2.2 施工工艺：粘贴钢板加固法的施工工艺主要包括以下几个步骤：首先，对原结构构件表面进行处理，清除表面的油污、灰尘等杂质，并进行打磨处理，使表

面粗糙度达到要求；然后，根据设计要求裁剪钢板，并对钢板进行除锈处理；接着，配制结构胶，将结构胶均匀涂抹在钢板和原构件表面；最后，将钢板粘贴在原构件表面，并用螺栓或压条进行固定，确保钢板与原构件紧密粘结。

4.2.3 应用效果：粘贴钢板加固法具有施工快捷、现场湿作业少、对原结构影响小等优点。该方法能够有效地提高构件的承载能力和抗震性能，尤其适用于对结构使用空间影响较小的加固工程。但粘贴钢板加固法对结构胶的性能要求较高，钢板的防腐处理也至关重要，否则会影

4.3 碳纤维加固法

碳纤维加固法是采用碳纤维布或碳纤维板，通过结构胶粘贴在结构构件表面，利用碳纤维的高强度特性，提高构件的承载能力和抗震性能。该方法适用于各种受力性质的混凝土结构构件和一般构筑物的加固。

4.3.1 原理：碳纤维具有高强度、高弹性模量、耐腐蚀等优点，将其粘贴在结构构件表面，可以与原构件共同受力，提高构件的抗弯、抗剪和抗拉能力。碳纤维加固法通过碳纤维的约束作用，还可以提高构件的延性和耗能能力，增强结构的抗震性能^[4]。

4.3.2 施工工艺：碳纤维加固法的施工工艺主要包括以下几个步骤：首先，对原结构构件表面进行处理，清除表面的疏松层、油污等杂质，并进行打磨处理，使表面平整；然后，涂刷底层树脂，底层树脂的作用是增强碳纤维与原构件之间的粘结性能；接着，粘贴碳纤维布或碳纤维板，在粘贴过程中要注意碳纤维的平整度和搭接长度；最后，在碳纤维表面涂刷面层树脂，保护碳纤维不受外界环境的影响。

4.3.3 应用效果：碳纤维加固法具有重量轻、强度高、施工方便、耐腐蚀等优点。该方法对原结构的自重和尺寸影响较小，几乎不增加结构的附加荷载，适用于对结构外观和使用空间要求较高的加固工程。但碳纤维加固法的成本相对较高，且对施工环境和技术要求较为严格。

4.4 增设支撑加固法

增设支撑加固法是通过在结构中增设支撑构件，改变结构的传力路径，提高结构的整体刚度和抗震性能。该方法适用于框架结构、排架结构等。

4.4.1 原理：增设支撑加固法的原理是通过增加支撑构件，使结构在地震作用下形成更多的抗侧力体系，减

小结构的侧向位移，提高结构的抗震能力。支撑构件可以承受水平地震作用，并将作用力传递到基础，从而减轻原结构构件的负担。

4.4.2 施工工艺：增设支撑加固法的施工工艺主要包括以下几个步骤：首先，根据结构设计要求确定支撑的位置和形式；然后，进行支撑构件的制作和安装，支撑构件可以采用钢支撑、混凝土支撑等；在安装支撑构件时，要确保支撑与原结构的连接可靠，保证支撑能够有效地传递作用力。

4.4.3 应用效果：增设支撑加固法能够显著提高结构的整体刚度和抗震性能，尤其适用于提高结构的抗侧力能力。该方法施工相对简单，对原结构的影响较小。但增设支撑可能会占用一定的建筑空间，影响建筑的使用功能。

结语

钢筋混凝土框架结构的抗震性能检测与加固是保障建筑结构安全的重要环节。通过对结构进行全面的抗震性能检测，可以准确了解结构的现状和存在的问题，为加固设计提供科学依据。影响钢筋混凝土框架结构抗震性能的因素众多，包括结构设计、材料质量、施工质量和使用环境等。针对不同的结构状况和加固需求，可以采用增大截面加固法、粘贴钢板加固法、碳纤维加固法、增设支撑加固法等多种加固对策。在实际工程中，应根据具体情况选择合适的加固方法，并严格按照施工工艺进行施工，确保加固效果。未来，随着建筑技术的不断发展和抗震研究的深入，钢筋混凝土框架结构的抗震性能检测与加固技术将不断完善和创新，为建筑结构的安全提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1]金国庆.钢筋混凝土框架结构在抗震设计中的难点与解决方法研究[C]//中国智慧工程研究会.2024工程技术应用与施工管理交流会论文集(上).中浩建工(浙江)有限公司,2024:156-158.
- [2]宋佳晔.既有钢筋混凝土框架结构自复位抗震加固技术研究[D].北京建筑大学,2024.
- [3]吕辉,肖冲,罗靛.强震下高层钢筋混凝土框架结构体系抗震耗能分析[J].水利与建筑工程学报,2023,21(03):158-164.
- [4]倪波涛,汪文祥,王作成.建筑钢筋混凝土框架结构抗震加固技术探析[J].福建建材,2021,(06):76-78.