

既有建筑修建工程中安全风险评估方法

技术领域

本发明涉及建筑安全技术领域，特别涉及一种既有建筑修建工程中安全风险评估方法。

背景技术

目前，我国对古建筑等既有建筑的风险评估方法主要包括火灾风险评估方法、雷击风险评估方法和地震灾害风险评估方法。上述对既有建筑的风险评估方法主要是针对自然灾害对既有建筑产生的不良影响的风险评估和预防措施。而对于受到损害的既有建筑在修缮或者扩建过程中结构安全风险却鲜有评估，在既有建筑修缮或者扩建过程中，既有建筑的结构安全影响了修缮或者扩建施工的顺利进行。特别是对重点保护的古建筑以及纳入世界文化遗产的古建筑等既有建筑在修建过程中结构安全影响了修建施工过程中的管理和控制，因此，本领域中亟需一种既有建筑修建工程中的安全风险评估方法，以在修建工程中对既有建筑的结构安全进行风险预警。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是，提供了一种既有建筑修建工程中安全风险评估方法，以在修建工程中对既有建筑的结构安全进行风险预警。

为了解决上述技术问题，本发明的技术方案是：一种既有建筑修建工程中的安全风险评估方法，建立既有建筑结构的有限元模型；根据有限元模型划分出既有建筑的主体结构；所述主体结构包括柱、梁和桁架杆；通过主体结构的载荷强度储备比来评估既有建筑的安全风险；所述主体结构的载荷强度储备比

通过下述公式计算:

$$\varphi = \frac{1}{3} \times \left(\sum_{i=1}^{N_{\text{柱}}} \varphi_i^{\text{柱}} w_i^{\text{柱}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{梁}}} \varphi_i^{\text{梁}} w_i^{\text{梁}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{杆}}} \varphi_i^{\text{杆}} w_i^{\text{杆}} \right)$$

其中,

φ 为既有建筑的主体结构的载荷强度储备比;

$\varphi_i^{\text{柱}}$ 为柱的载荷强度储备比;

$w_i^{\text{柱}}$ 为柱在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数;

$\varphi_i^{\text{梁}}$ 为梁的载荷强度储备比;

$w_i^{\text{梁}}$ 为梁在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数;

$\varphi_i^{\text{杆}}$ 为桁架杆的载荷强度储备比;

$w_i^{\text{杆}}$ 为桁架杆在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数;

i 为既有建筑的主体结构中的柱、梁、桁架杆的第 i 个构件,为大于0的自然数;

N 为既有建筑的主体结构中的柱、梁、桁架杆的总数,为大于0的自然数;

其中所述柱、梁、桁架杆的载荷强度储备比通过下述公式计算:

$$\varphi_i = \frac{\sigma_{pi}^r - \sigma_i^r}{\sigma_{pi}^r - [\sigma_i^r]}$$

其中,

φ_i 为载荷强度储备比;

σ_{pi}^r 为极限载荷强度;

σ_i^r 为实际载荷强度;

$\sigma_{pi}^r - \sigma_i^r$ 为极限载荷强度储备值;

$[\sigma_i^r]$ 为标称容许载荷强度;

$\sigma_{pi}^r - [\sigma_i^r]$ 为标称容许载荷强度储备值;

r 为真实构件;

p 为载荷强度的极限;

当 $\sigma_i^r < [\sigma_i^r]$ 时, φ_i 取值为 1;

其中所述柱、梁、桁架杆在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数分别通过下述公式计算:

$$w_i^{\text{柱}} = \frac{|\sigma_i^{\text{柱}}|}{\sum_{i=1}^N |\sigma_i^{\text{柱}}|}$$

其中, $\sigma_i^{\text{柱}}$ 为第 i 个柱的载荷强度, 所述柱的载荷强度为轴力;

$$w_i^{\text{梁}} = \frac{|\sigma_i^{\text{梁}}|}{\sum_{i=1}^N |\sigma_i^{\text{梁}}|}$$

$\sigma_i^{\text{梁}}$ 为第 i 个梁的载荷强度, 所述梁的载荷强度为弯矩;

$$w_i^{\text{杆}} = \frac{|\sigma_i^{\text{杆}}|}{\sum_{i=1}^N |\sigma_i^{\text{杆}}|}$$

$\sigma_i^{\text{杆}}$ 为第 i 个桁架杆的载荷强度, 所述桁架杆的载荷强度为轴力;

当主体结构的载荷强度储备比小于 1 时, 则既有建筑存在安全风险; 对既有建筑的安全风险进行等级划分;

当 $X \leq \varphi < 1$ 时, 既有建筑的安全风险等级为一级;

当 $Y \leq \varphi < X$ 时, 既有建筑的安全风险等级为二级。

当 $\varphi < Y$ 时, 既有建筑的安全风险等级为三级;

其中, X 为一级安全风险与二级安全风险的临界值, Y 为二级安全风险与三级安全风险的临界值。

进一步地, 本发明提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法, 当 $X=0.85$, $Y=0.6$ 时, 则:

$0.85 \leq \varphi < 1$ 时, 既有建筑的安全风险等级为一级;

$0.6 \leq \varphi < 0.86$ 时, 既有建筑的安全风险等级为二级。

$\varphi < 0.6$ 时, 既有建筑的安全风险等级为三级。

进一步地, 本发明提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法, 当 $X=0.8$, $Y=0.7$ 时, 则:

$0.8 \leq \varphi < 1.0$ 时, 既有建筑的安全风险等级为一级;

$0.7 \leq \varphi < 0.8$ 时, 既有建筑的安全风险等级为二级。

$\varphi < 0.7$ 时, 既有建筑的安全风险等级为三级。

进一步地, 本发明提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法, 通过实时监测既有建筑的结构变形, 来确定既有建筑结构中主体结构的柱、梁和桁架杆的受力状态, 以得到相应的载荷强度, 并将载荷强度反映到有限元模型中, 通过有限元模型对既有建筑进行结构重分析, 以确定既有建筑中主体结构的实时载荷强度储备比。

进一步地, 本发明提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法, 监测既有建筑的结构变形包括监测: 墙体与屋架之间的倾斜角, 墙体与屋架之间的相对位移以及地基沉降。

与现有技术相比, 本发明提供的既有建筑修建工程中安全风险评估方法, 通过对既有建筑的主体结构的载荷强度储备比来评估既有建筑是否存在安全风险, 以在修建工程中对既有建筑的结构安全进行风险预警, 从而对既有建筑的修建工程进行过程管理和控制, 确保既有建筑修建工程的顺利进行。

附图说明

图 1 是本发明一实施例的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法的流程示意图;

图 2 至图 3 是本发明又一实施例的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法的模块流程示意图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作详细描述:

请参考图 1, 本发明实施例提供一种既有建筑修建工程中的安全风险评估方法, 包括:

步骤 101, 建立既有建筑结构的有限元模型;

步骤 102, 根据有限元模型划分出既有建筑的主体结构; 所述主体结构包括但不限于柱、梁和桁架杆等构件;

步骤 103, 通过主体结构的载荷强度储备比来评估既有建筑的安全风险。

上述步骤 103 中的主体结构的载荷强度储备比可以通过下述公式(1)计算:

$$\varphi = \frac{1}{3} \times (\sum_{i=1}^{N_{\text{柱}}} \varphi_i^{\text{柱}} w_i^{\text{柱}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{梁}}} \varphi_i^{\text{梁}} w_i^{\text{梁}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{杆}}} \varphi_i^{\text{杆}} w_i^{\text{杆}}) \quad (1)$$

其中,

φ 为既有建筑的主体结构的载荷强度储备比;

$\varphi_i^{\text{柱}}$ 为柱的载荷强度储备比;

$w_i^{\text{柱}}$ 为柱在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数;

$\varphi_i^{\text{梁}}$ 为梁的载荷强度储备比;

$w_i^{\text{梁}}$ 为梁在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数;

$\varphi_i^{\text{杆}}$ 为桁架杆的载荷强度储备比;

$w_i^{\text{杆}}$ 为桁架杆在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数;

i 为既有建筑的主体结构中的柱、梁、桁架杆的第 i 个构件, 为大于 0 的自然数;

N 为既有建筑的主体结构中的柱、梁、桁架杆的总数, 为大于 0 的自然数。

其中上述公式(1)中的柱、梁、桁架杆的载荷强度储备比 $\varphi_i^{\text{柱}}$ 、 $\varphi_i^{\text{梁}}$ 、 $\varphi_i^{\text{杆}}$ 可

以通过下述公式(2)计算:即通过下述公式(2)代入既有建筑的主体结构中的柱、梁、桁架杆得到相应构件的载荷强度储备比。

$$\varphi_i = \frac{\sigma_{pi}^r - \sigma_i^r}{\sigma_{pi}^r - [\sigma_i^r]} \quad (2)$$

其中,

φ_i 为载荷强度储备比;

σ_{pi}^r 为极限载荷强度;

σ_i^r 为实际载荷强度;

$\sigma_{pi}^r - \sigma_i^r$ 为极限载荷强度储备值;

$[\sigma_i^r]$ 为标称容许载荷强度;

$\sigma_{pi}^r - [\sigma_i^r]$ 为标称容许载荷强度储备值;

r 为真实构件;

p 为载荷强度的极限;

当 $\sigma_i^r < [\sigma_i^r]$ 时, φ_i 取值为1。

其中,上述公式(1)中的柱、梁、桁架杆在既有建筑的主体结构中的安全风险权重系数 $w_i^{\text{柱}}$ 、 $w_i^{\text{梁}}$ 、 $w_i^{\text{杆}}$ 可以分别通过下述公式(3)至(5)计算:

$$w_i^{\text{柱}} = \frac{|\sigma_i^{\text{柱}}|}{\sum_{i=1}^N |\sigma_i^{\text{柱}}|} \quad (3)$$

其中, $\sigma_i^{\text{柱}}$ 为第*i*个柱的载荷强度,所述柱的载荷强度为轴力;

$$w_i^{\text{梁}} = \frac{|\sigma_i^{\text{梁}}|}{\sum_{i=1}^N |\sigma_i^{\text{梁}}|} \quad (4)$$

$\sigma_i^{\text{梁}}$ 为第 i 个梁的载荷强度, 所述梁的载荷强度为弯矩;

$$w_i^{\text{杆}} = \frac{|\sigma_i^{\text{杆}}|}{\sum_{i=1}^N |\sigma_i^{\text{杆}}|} \quad (5)$$

$\sigma_i^{\text{杆}}$ 为第 i 个桁架杆的载荷强度, 所述桁架杆的载荷强度为轴力。

请参考图 2 和图 3, 本发明实施例提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法, 还可以包括:

步骤 104, 通过实时监测既有建筑的结构变形, 来确定既有建筑主体结构中的柱、梁和桁架杆的受力状态, 以得到相应的载荷强度, 并将载荷强度反映到有限元模型中, 通过有限元模型对既有建筑进行结构重分析, 以根据步骤 103 中的公式 (1) 确定既有建筑中主体结构的实时载荷强度储备比。

例如通过实时监测既有建筑的结构变形, 在既有建筑结构变形的某一条件下, 通过本领域公知的技术手段测量得到极限载荷强度 σ_{pi}^r 、实际载荷强度 σ_i^r 、标称容许载荷强度 $[\sigma_i^r]$ 为等参数值。其中结构重分析, 是指根据既有建筑结构在变形的条件下得到的各构件的载荷强度对既有建筑的主体结构的载荷强度储备比进行重新分析计算。

本发明实施例提供的既有建筑修建工程中安全风险评估方法, 由于载荷强度储备比可以根据实时监测进行实时计算, 因此对既有建筑在修建工程中的安全风险评估具有及时性, 能够快速判断既有建筑是否存在安全风险。

其中, 监测既有建筑的结构变形包括但不限于监测: 墙体与屋架之间的倾斜角, 墙体与屋架之间的相对位移以及地基沉降。该结构变形可以采用本领域公知的技术手段进行测量。例如通过倾角仪测量倾斜角, 通过距离传感器测量位移等。还可以结合本领域公知的裂缝计, 静力水准仪等测量装置对既有建筑

的结构变形进行测量。

本发明实施例的有限元模型，可以直观地反映既有建筑的结构变形情况以及既有建筑的主体结构中的各构件的受力状态及相应的载荷强度值，以全球施工作业管理人员对既有建筑的修建工程进行过程管理和控制。

本发明实施例提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法，当主体结构的载荷强度储备比小于 1 时，则既有建筑存在安全风险。在既有建筑存在安排风险时，以提醒施工作业人员对既有建筑的修建工程设置风险防护措施。

本发明实施例提供的既有建筑修建工程中的安全风险评估方法，对既有建筑的安全风险进行等级划分；

当 $X \leq \varphi < 1$ 时，既有建筑的安全风险等级为一级；

当 $Y \leq \varphi < X$ 时，既有建筑的安全风险等级为二级。

当 $\varphi < Y$ 时，既有建筑的安全风险等级为三级；

其中，X 为一级安全风险与二级安全风险的临界值，Y 为二级安全风险与三级安全风险的临界值。

例如：当 $X=0.85$ ， $Y=0.6$ 时，则：

$0.85 \leq \varphi < 1$ 时，既有建筑的安全风险等级为一级；

$0.6 \leq \varphi < 0.86$ 时，既有建筑的安全风险等级为二级。

$\varphi < 0.6$ 时，既有建筑的安全风险等级为三级。

当 $X=0.8$ ， $Y=0.7$ 时，则：

$0.8 \leq \varphi < 1.0$ 时，既有建筑的安全风险等级为一级；

$0.7 \leq \varphi < 0.8$ 时，既有建筑的安全风险等级为二级。

$\varphi < 0.7$ 时，既有建筑的安全风险等级为三级。

本发明实施例的安全风险等级不限于三级，安全风险等级的临界值 X、Y 也不限于上述具体值，可以既有建筑所处的自然地质环境进行调配。将既有建筑的安全风险进行等级划分，有利于针对不同的安全风险等级采取相应的临时保护措施。

本发明实施例可以根据既有建筑在不同结构变形的条件下，将计算得到的既有建筑的主体结构的载荷强度储备比建立数据库，通过线性插值的方法将结构变形与载荷强度储备比进行图形化，以更加直观展示结构变形与载荷强度储备比的关系，以及通过图形找出既有建筑在修建工程中的安全风险等级的临界值。

本发明实施例既有建筑的主体结构的载荷强度储备比能够反映既有建筑整体的载荷强度储备比。当各构件的载荷强度储备比越接近于 1，既有建筑的结构安全性能越大，既有建筑的结构的安全风险越小。

本发明实施例可以选择多组不同的监测数据作为初始条件对既有建筑中主体结构的各构件进行计算，以获得多组不同的载荷强度储备比。然后基于各构件在不同监测变形条件下的载荷强度储备比，计算多个构件得到相应构件及既有建筑整体的载荷强度储备比，接着便可以建立既有建筑主体结构强度储备比的数据库，有利于根据相应的监测数据调用相匹配的载荷强度储备比，合理归纳分析结构整体的安全风险状况，从而及时发出预警。

本发明实施例提供的既有建筑修建工程中安全风险评估方法，通过对既有建筑的主体结构的载荷强度储备比来评估既有建筑是否存在安全风险，以在修建工程中对既有建筑的结构安全进行风险预警，从而对既有建筑的修建工程进行过程管理和控制，确保既有建筑修建工程的顺利进行。

本发明实施例将受保护的古建筑等既有建筑在修缮或者扩建工程中产生的结构安全风险进行综合评估的作用，通过结合实时监测数据和结构重分析的方式，将既有建筑主体结构精细化、模型化，有效划分既有建筑中的主体结构进行风险权重分配，以便于对主体结构的安全风险进行一个综合性、科学性的评估，对可能造成既有建筑严重影响的构件安全风险进行及时的预警，有利于对既有建筑修缮和扩建工程进行合理的风险管理和控制，确保既有建筑工程的顺利施工。

本发明不限于上述具体实施方式，凡在本发明的精神和范围内所作出的各

种变化和润饰，均在本发明的保护范围之内。