



CECS-XXX-2024

中国工程建设标准化协会标准

既有工程结构稳定性加固技术规程

Technical standard for stability strengthening of existing engineering
structures

(征求意见稿)

2024 北京

中国工程建设标准化协会标准

既有工程结构稳定性加固技术规程

Technical standard for stability strengthening of existing
engineering structures

T/CECS xxx-20xx

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx年x月x日

2024 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2020] 23号）的要求，编制组经系统调研，开展系统的理论与试验研究，认真总结工程实践经验，参考国内外相关标准和规范，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分7章，主要包括：总则、术语和符号、基本规定、稳定性加固分析、稳定性加固方法、灾后结构临时稳定性加固、加固施工及验收。

本规程由中国工程建设标准化协会抗震专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司解释。在执行本规程过程中，如有意见和建议，请寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路30号C座1305室；邮编：100013）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则.....	(1)
2 术语和符号.....	(2)
2.1 术语.....	(2)
2.2 符号.....	(2)
3 基本规定.....	(5)
3.1 一般规定.....	(5)
3.2 设计原则.....	(5)
3.3 加固方法及配合使用技术.....	(6)
3.4 加固构件承载力设计.....	(7)
4 稳定性加固分析.....	(9)
4.1 一般规定.....	(9)
4.2 非线性有限元分析法.....	(9)
5 稳定性加固方法.....	(12)
5.1 预应力索撑及套管集成加固法.....	(12)
5.2 钢筋混凝土柱套管加固法.....	(13)
5.3 壁柱加固法.....	(20)
6 灾后结构临时稳定性加固.....	(23)
6.1 面向救援需求的临时稳定性加固.....	(23)
6.2 面向紧急安置需求的临时稳定性加固.....	(24)
7 加固施工及验收.....	(27)
7.1 施工.....	(27)
7.2 验收.....	(29)
用词说明.....	(32)
引用标准名录.....	(33)
附：条文说明.....	(35)

Contents

1 General provisions.....	(1)
2 Terms and symbols.....	(2)
2.1 Terms.....	(2)
2.2 Symbols.....	(2)
3 Basic requirements.....	(5)
3.1 General requirements.....	(5)
3.2 Design principle.....	(5)
3.3 Strengthening method and techniques.....	(6)
3.4 Design of bearing capacity for reinforced components.....	(7)
4 Stability strengthening analysis.....	(9)
4.1 General requirements.....	(9)
4.2 Nonlinear finite element analysis method.....	(9)
5 Stability strengthening method.....	(12)
5.1 Prestress cable brace and outer sleeve integrated strengthening method.....	(12)
5.2 Reinforced concrete column casing strengthening method.....	(13)
5.3 Pilaster strengthening method.....	(20)
6 Temporary stability strengthening for post-disaster structures.....	(23)
6.1 Temporary stability strengthening for rescue needs.....	(23)
6.2 Temporary strengthening for emergency resettlement needs.....	(24)
7 Strengthening construction and acceptance.....	(27)
7.1 Construction.....	(27)
7.2 Acceptance.....	(29)
Explanation of wording.....	(32)
List of quoted standards.....	(33)
Addition: Explanation of provisions.....	(35)

1 总 则

1.0.1 为了在既有建筑结构构件稳定性加固的设计、施工和验收中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于既有建筑结构因勘察、设计、施工或使用不当；增加荷载、纠倾、移位、改建、古建筑保护；遭受邻近新建建筑、深基坑开挖、新建地下工程或自然灾害的影响等需对既有建筑结构构件进行稳定性加固的工程。

1.0.3 既有建筑结构构件稳定性加固设计、施工和验收除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 稳定性加固

正常和偶然工况下，通过提高既有建筑结构构件稳定承载能力，避免其在作用下丧失稳定性的加固。

2.1.2 预应力索撑及套管集成加固法

将预应力索、撑及套管装置集成组件安装在待加固空间结构内部，形成共同受力体系的稳定性加固方法。

2.1.3 钢筋混凝土柱套管加固法

在钢筋混凝土柱外套两片半弧形或「形钢，现场焊接成套管，套管与钢筋混凝土柱之间采用流动性良好的混凝土或灌浆料填充，使套管与钢筋混凝土柱形成组合受力的稳定性加固方法。

2.1.4 壁柱加固法

在砌体墙垛（柱）侧面增设钢筋混凝土柱，形成组合构件的稳定性加固方法。

2.2 符 号

2.2.1 作用效应

K_{cij} ——第*i*层第*j*柱的侧向刚度；

M_0 ——构件加固前的弯矩；

M_u ——加固柱的受弯承载力；

N ——加固柱的轴心压力设计值；

N_0 ——构件加固前的轴心力；

N_u ——加固柱的轴心受压承载力；

N_E ——加固柱的欧拉临界力；

V_{cij} ——第*i*层第*j*柱承担的地震剪力设计值；

V_i ——第*i*层的层间地震剪力设计值；

V_{wi} ——第*i*层所有抗震墙现有受剪承载力之和；

2.2.2 计算指标

E ——弹性模量；

E_c ——混凝土材料的弹性模量；

E_a ——套管的弹性模量；

E_{sc} ——加固柱的组合弹性模量；

f_{c1} 、 f_{c2} ——钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的轴心抗压强度设计值；

$f_{y,r}$ ——钢筋的屈服强度代表值；

f_a ——套管的抗压强度设计值；

f_{sc} ——不考虑钢筋混凝土柱纵向受力钢筋影响的加固柱抗压强度设计值；

f_{cw} ——加固柱的混凝土等效抗压强度设计值；

$f_{c,r}$ ——混凝土单轴抗压强度代表值；

$f_{t,r}$ ——混凝土单轴抗拉强度代表值；

f'_y ——钢筋混凝土柱纵向受力钢筋的抗压强度设计值；

f_{ak} ——套管的抗压强度标准值；

$\bar{\lambda}_{sc}$ ——加固柱的正则长细比；

λ_{sc} ——加固柱的长细比；

$\varepsilon_{c,r}$ ——混凝土峰值压应变；

$\varepsilon_{t,r}$ ——混凝土峰值拉应变；

ε_y ——钢筋屈服应变；

ε_s ——钢筋应变；

σ_s ——钢筋应力。

2.2.3 几何参数

θ ——加固柱的套箍指标；

ξ ——加固柱的套箍系数；

φ ——加固柱的轴心受压稳定系数；

φ_m ——附加挠度影响系数；

B' 、 C' ——套管截面形状对套箍效应的影响系数；

A_a ——套管的截面面积；

A'_s ——钢筋混凝土柱的纵向受力钢筋的截面面积；

A_{c1} 、 A_{c2} ——钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的截面面积；

D ——套管圆形截面的外径；

W_{sc} ——加固柱的弯曲截面模量；

b_a 、 h_a ——套管矩形截面的短边长度、长边长度；

d_c 、 d_t ——混凝土受压、拉损伤演化参数；

L^e ——为单元特征长度；

C_d ——为材料波速。

2.2.4 计算系数及其他

ζ_0 、 η_0 ——加固柱受拉、受压破坏的界限系数；

β_m ——加固柱的等效弯矩系数；

κ ——加固柱的组合弹性模量换算系数；

γ_m ——加固柱在弯矩作用下的截面塑性发展系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 既有建筑结构构件经鉴定确认需要稳定性加固，或有提高结构构件稳定性的需求时，可根据鉴定结论并结合委托方提出的要求，按本规程的稳定性加固方法进行构件的加固设计、施工和验收。

3.1.2 既有建筑结构稳定性加固后的安全等级，应根据结构破坏后果的严重性、结构的重要性和加固设计工作年限，由委托方与设计方按实际情况共同商定。

3.1.3 既有建筑结构稳定性加固的设计工作年限，应按现行国家相关标准的规定确定。

3.1.4 本规程第 4 章规定的计算分析方法仅适用于按本规程第 5 章进行的既有建筑结构稳定性加固；本规程第 6 章灾后结构的临时稳定性加固，可仅进行概念设计和构造处理。

3.1.5 既有建筑结构稳定性加固的施工，应采取有效措施，保证新增构件及部件与既有建筑结构连接可靠，新增截面与既有截面结合牢固，形成整体共同工作；并避免对未加固部分，以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影响。

3.1.6 既有建筑结构构件稳定性加固工程的施工及质量验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

3.2 设计原则

3.2.1 既有建筑结构的作用，应经调查或检测核实；当此项工作已在可靠性鉴定中完成时，宜加以引用，并应根据现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《钢结构加固设计标准》GB 51367、《砌体结构加固设计规范》GB 50702 等的规定确定作用的标准值或代表值。

3.2.2 作用效应组合和组合值系数以及作用的分项系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 确定。

3.2.3 稳定性加固用混凝土、钢筋和钢材等的性能和质量，除应符合本规程的有

关规定外，尚应按现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的规定执行。

3.2.4 原结构和新增结构材料性能和尺寸取值，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367，《钢结构加固设计标准》GB 51367 和《砌体结构加固设计规范》GB 50702 的有关规定确定。当原结构材料性能有明显退化时，应考虑腐蚀、碳化等耐久性影响对材料性能进行适当折减；当材料受抽样检测的条件限制时，宜考虑材性不确定性引起的折减。

3.2.5 既有建筑结构的内力和位移计算采用一阶弹性分析和仅考虑 $P-\Delta$ 效应的二阶弹性分析时，应按本规程有关规定进行构件、连接和节点设计。

3.2.6 对于形式和受力复杂的既有钢结构，当采用一阶弹性分析方法进行分析与设计时，应按结构弹性稳定理论确定构件的计算长度系数。当采用仅考虑 $P-\Delta$ 效应的二阶弹性分析方法计算轴心受压构件稳定承载力时，计算长度系数 μ 可取 1.0 或其他认可的值。

3.2.7 结构、构件承载力验算时，应计入实际荷载偏心、结构变形、温度作用等造成的附加内力；并应考虑加固后的实际受力程度、新增部分的应变滞后和新旧部分协同工作程度等对构件承载力的影响。

3.2.8 本规程的各种稳定性加固方法可用于既有建筑结构的抗震加固，其地震作用效应、截面的抗震验算和构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 和行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的有关规定。

3.2.9 抗震设防区既有建筑结构构件稳定性加固，除应满足承载力要求外，尚应复核其抗震能力；不应存在因局部加强或刚度突变而形成的新薄弱部位。

3.2.10 加固后改变传力路线或使结构质量增大时，应对相关结构、构件及建筑物地基基础进行验算。

3.3 加固方法及配合使用技术

3.3.1 当既有空间钢结构构件稳定性不符合鉴定要求时，可采用预应力索撑及套管集成加固法加固。

3.3.2 既有多高层钢筋混凝土结构构件稳定性不符合鉴定要求时，可采用钢筋混凝土柱套管加固法加固。

3.3.3 既有砌体结构构件稳定性不符合鉴定要求时，可采用壁柱加固法加固。

3.4 加固构件承载力设计

3.4.1 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表示时，稳定性加固后既有建筑结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d / \gamma_{Rd} \tag{3.4.1}$$

式中： γ_0 —— 结构重要性系数，对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0；
 S_d —— 作用组合的效应设计值，应符合本规程 3.2.1 条、3.2.2 条和 3.2.8 条的规定；
 R_d —— 既有建筑结构构件稳定性加固后承载力设计值；
 γ_{Rd} —— 稳定性加固承载力调整系数，静力设计取 1.0，抗震设计应采用 γ_{Ra} 代替 γ_{Rd} ，除另有规定外， γ_{Ra} 应按本规程 3.4.2 条采用。

3.4.2 抗震稳定性加固设计时，承载力调整系数 γ_{Ra} 应根据原有构件按表 3.4.2 采用，对于后续使用年限少于 50 年的现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 中规定的 A 类建筑，钢筋混凝土构件应按表 3.4.2 抗震加固的承载力调整系数的 0.85 倍采用。当仅考虑竖向地震作用组合时，各类结构构件的承载力抗震调整系数均应取为 1.0。

表 3.4.2 抗震加固的承载力调整系数

材料	结构构件	受力状态	γ_{Ra}
钢	柱，梁，支撑，节点板件，螺栓，焊缝	强度	0.75
	柱，支撑	稳定	0.80
砌体	两端均有构造柱、芯柱的抗震墙	受剪	0.9
	其他抗震墙	受剪	1.0
混凝土	轴压比小于 0.15 的柱	偏压	0.75

	轴压比不小于 0.15 的柱	偏压	0.80
--	----------------	----	------

4 稳定性加固分析

4.1 一般规定

4.1.1 当仅进行局部构件加固,不改变结构形式和使用功能时,结构分析按原有结构设计规范的有关规定进行。

4.1.2 当加固构件对结构内力分布产生较大影响时,可根据结构的材料性能、受力特征等情况按本规程规定采用线性或非线性分析方法计算承载能力极限状态和正常使用极限状态的作用效应,并应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢结构设计标准》GB 50017 和《建筑抗震设计规范》GB/T 50011 的有关规定。

4.1.3 既有建筑结构进行弹性计算时,当重力二阶效应影响较大时,应考虑其对水平力作用下结构内力和位移的不利影响,可采用下列简化分析方法:

1 既有钢结构可按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的二阶 P- Δ 弹性分析方法计算,并应计入结构整体初始几何缺陷的影响;

2 既有混凝土结构可按现行国家标准《混凝土结构设计标准》的简化二阶 P- Δ 方法计算。

4.1.4 对超静定结构尚应考虑因构件截面改变、构件刚度改变致使体系内力重分布的影响,并应采用合理的计算分析方法。

4.1.5 当非线性状态对计算结果影响较大时,宜采用本规程 4.2 节的非线性有限元分析方法。

4.2 非线性有限元分析法

4.2.1 稳定性加固结构分析时,计算模型的结构布置、材料特性、单元类型、几何尺寸、节点构造、边界条件和荷载作用等均应与实际情况相符;并应根据加固目标预设加固部分。

4.2.2 混凝土材料单轴本构模型可采用弹塑性损伤模型。钢筋混凝土柱套管中的混凝土部分,宜采用约束混凝土本构模型。

4.2.3 钢筋、钢材本构模型可采用双折线弹塑性模型。预应力筋应采用符合实际非线性性能的弹塑性模型，并考虑预应力张拉的影响。

4.2.4 为保证计算精度，混凝土部件宜采用八节点线性六面体单元，钢筋宜采用两节点线性位移杆单元。

4.2.5 加固部分与原构件的连接等部位宜进行精细非线性分析，且宜采用三维单元模型。当施工安装阶段与使用阶段支承情况不一致时，应根据实际情况设定不同阶段的支承条件。

4.2.6 梁、柱和支撑等杆系构件可采用纤维截面模型、塑性区非线性弹簧模型或塑性铰模型，并应符合下列规定：

1 采用纤维截面模型时，应沿构件长度方向进行单元细分，细分数量不少于4个；

2 采用塑性铰模型时，塑性铰参数应有充分依据或经试验验证；

3 当杆系构件的非线性发展不集中在杆件端部时，不应采用塑性区非线性弹簧模型或塑性铰模型；

4 当构件可能产生剪切破坏时，应计入剪切非线性影响或采用二维、三维单元模型。

4.2.7 剪力墙构件宜采用非线性壳单元，简单受力模式下也可采用多连杆纤维模型，网格尺寸和平面外计算分层数量应能反映剪力墙可能得损伤破坏状态。

4.2.8 受力复杂、变形较大的转换层或加强层楼板，或存在明显薄弱部位的楼板宜采用非线性壳单元；一般楼层的楼板可采用弹性壳单元。单元网格尺寸不宜大于1m，规则楼板可适当放大网格尺寸。

4.2.9 空间网格结构的非线性分析，宜采用结构整体模型，并应正确模拟上、下部结构之间的连接关系。结构整体非线性分析模型中应体现构件偏心的实际情况。

4.2.10 非线性有限元分析中关于接触问题的规定如下：

1 接触界面可以根据离散方式分为点-点、点-面、面-面接触，宜采用点-面接触方式；

2 对于常用的显式动力学分析时，对可能发生碰撞接触的接触对宜采用运动接触方法和罚接触方法。

4.2.11 相互作用及分析步设定应符合下列规定：

1 部件之间的约束方式设定宜将梁和柱中的纵筋及箍筋分别进行合并。混凝土与钢筋宜采用内置区域的约束方式；

2 接触相互作用的设定宜采用表面与表面的相互作用方式，宜选择网格比较大或刚度较大的面为主表面。如图 4.2.11 所示：

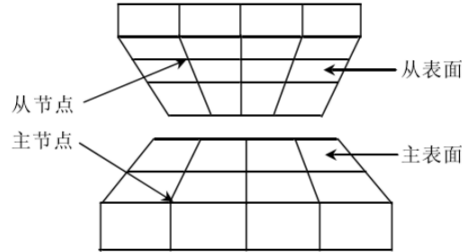


图 4.2.11 接触对示意图

3 求解方法的选择宜采用显式算法进行求解。

4.2.12 既有建筑结构稳定性加固非线性分析法宜使用显式算法计算，显示算法的基本方程可采用下式：

$$U_{-\Delta t} = U_0 - \Delta t \overset{g}{U}_0 + \frac{\Delta t^2}{2} \overset{gg}{U}_0 \quad (4.2.12-1)$$

$$\overset{gg}{U}_t = \frac{1}{\Delta t^2} (U_{t-\Delta t} - 2U_t + U_{t+\Delta t}) \quad (4.2.12-2)$$

$$\overset{g}{U}_t = \frac{1}{2\Delta t} (U_{t+\Delta t} - U_{t-\Delta t}) \quad (4.2.12-3)$$

式中： U_t —— t 时刻节点位移；

$\overset{g}{U}_t$ —— t 时刻节点速度；

$\overset{gg}{U}_t$ —— t 时刻节点加速度。

5 稳定性加固方法

5.1 预应力索撑及套管集成加固法

5.1.1 预应力索撑及套管集成加固法适用于桁架及网架等既有空间钢结构构件稳定性加固。

5.1.2 套管与原钢构件所承担的外力，当采用焊接连接时，应按各自截面刚度比例进行分配。

5.1.3 套管表面应进行防锈、防腐蚀和防火处理。

5.1.4 采用预应力索撑及套管集成加固法加固既有空间钢结构构件时，可采用接触式连接进行加固。

5.1.5 设计支承结构时，宜采用有预加力的方案。预加力的大小，应以支点处被支顶构件表面不出现过大的附加变形为度。

5.1.6 制作支承结构的材料应根据被加固结构所处的环境及使用要求确定。当在高湿度或高温环境中使用钢构件及其连接时，应采用有效的防锈、隔热措施。

5.1.7 采用预应力索撑及套管集成加固法加固既有建筑结构时，其结构计算应按下列步骤进行：

- 1 计算并绘制既有空间钢结构的内力图；
 - 2 初步确定预加力（卸荷值），并绘制在支承点预加力作用下既有空间钢结构的内力图；
 - 3 绘制加固后既有空间钢结构在新增荷载作用下的内力图；
 - 4 将上述内力图叠加，绘出既有空间钢结构各截面内力包络图；
 - 5 计算既有空间钢结构各截面实际承载力；
 - 6 调整预加力值，使梁各截面最大内力值小于截面实际承载力；
 - 7 根据最大的支点反力，设计支承结构及其基础。
- 5.1.8** 采用预应力索撑及套管集成加固法加固连接时，宜采用抱箍连接，抱箍耳板与耳板连接可采用焊接或高强螺栓拧紧（图 5.1.8）。

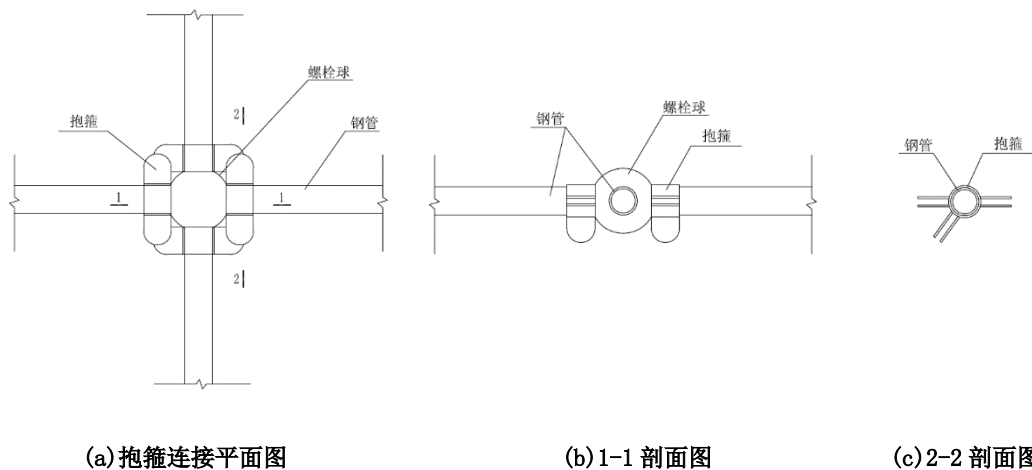


图 5.1.8 预应力索撑及套管集成加固法典型节点连接图

5.2 钢筋混凝土柱套管加固法

5.2.1 套管宜采用 Q235、Q345、Q390、Q420 级钢材，其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《建筑结构用钢板》GB/T 19879 和《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定。

5.2.2 在抗震设计中，采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，钢材应符合下列规定：

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85；
- 2 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%；
- 3 钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

5.2.3 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，加固用钢管焊接材料的质量和性能应符合下列要求：

1 手工焊接采用的焊条，应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 和《热强钢焊条》GB/T 5118 的规定，选择的焊条型号应与被焊钢管力学性能相适应，焊丝和焊剂应与被焊钢管力学性能相适；

2 二氧化碳气体保护焊接用的焊丝应符合现行国家标准《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110 的规定。

5.2.4 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固既有建筑时，加固柱用的后浇灌浆料，其强度等级应比钢筋混凝土柱至少提高一级且不应低于 C40；其性能和质量应符合

合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448 的规定 当采用 C80 以上的高强灌浆料时，应有可靠的依据。

5.2.5 套管表面的防腐蚀、防锈采用的涂装材料以及加固柱的防火涂装材料的品种、质量和性能应符合现行国家标准的有关规定。

5.2.6 套管加固混凝土柱的设计使用年限，应按现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的有关规定确定。

5.2.7 采用钢筋混凝土柱套管加固法加固时，宜采取措施卸除或大部分卸除作用在既有建筑结构上的活荷载。并且保证套管与任何支撑物之间留出 50 mm 的间隔，以保证套管不承受压力。

5.2.8 钢筋混凝土柱中的混凝土和钢筋的强度标准值应按下列取值：

- 1 当原设计文件有效，且不怀疑钢筋混凝土柱有严重的性能退化时，可采用原设计的标准值；
- 2 当可靠性鉴定认为应重新进行现场检测时，应采用检测结果推定的标准值；
- 3 当钢筋混凝土柱中的混凝土强度等级的检测受实际条件限制而无法取芯时，宜采用回弹法检测，但其强度换算值应按现行《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 中的有关规定进行龄期修正，且仅可用于钢筋混凝土柱的加固设计。

5.2.9 抗震设防区钢筋混凝土柱的加固，应符合下列规定：

- 1 加固柱除应满足承载力要求外，尚应满足抗震要求；
- 2 应分析加固柱对既有结构中的其他构件产生的不利影响；
- 3 相关设计、计算和构造措施应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的有关规定。

5.2.10 套管加固柱的轴心受压承载力应满足下式要求：

$$N \leq \varphi N_u \quad (5.2.10-1)$$

$$\varphi = \frac{1}{2\bar{\lambda}_{sc}^2} \left\{ \bar{\lambda}_{sc}^2 + (1 + 0.25\bar{\lambda}_{sc}^2) - \sqrt{[\bar{\lambda}_{sc}^2 + (1 + 0.25\bar{\lambda}_{sc}^2)]^2 - 4\bar{\lambda}_{sc}^2} \right\} \quad (5.2.10-2)$$

$$\bar{\lambda}_{sc} = 0.01\lambda_{sc}(0.01f_{ak}+0.781) \quad (5.2.10-3)$$

式中： N —— 加固柱的轴心压力设计值；
 φ —— 加固柱的轴心受压稳定系数；
 N_u —— 加固柱的轴心受压承载力；

- $\bar{\lambda}_{sc}$ —— 加固柱的正则长细比；
- λ_{sc} —— 加固柱的长细比，等于加固柱的计算长度与截面回转半径之比；
- f_{ak} —— 套管的抗压强度标准值(MPa)。

5.2.11 套管加固柱的轴心受压承载力应按下列公式计算：

1 当 $\theta \leq 1/(\alpha - 1)^2$ 时

$$N_u = 0.9 \left[f_{cw} (1 + \alpha k_e \theta) (A_{c1} + A_{c2} - A'_s) + f'_y A'_s \right] \quad (5.2.11-1)$$

2 当 $\theta > 1/(\alpha - 1)^2$ 时

$$N_u = 0.9 \left[f_{cw} (1 + \sqrt{k_e \theta} + k_e \theta) (A_{c1} + A_{c2} - A'_s) + f'_y A'_s \right] \quad (5.2.11-2)$$

$$\xi = \omega \frac{f_a}{f_{cw}} \quad (5.2.11-3)$$

$$\omega = \frac{A_a}{A_{c1} + A_{c2}} \quad (5.2.11-4)$$

$$f_{cw} = \frac{f_{c1} A_{c1} + f_{c2} A_{c2}}{A_{c1} + A_{c2}} \quad (5.2.11-5)$$

- 式中：
- θ —— 加固柱的套箍指标；
- ξ —— 加固柱的套箍系数；
- α —— 与混凝土强度等级相关的系数，应按表 5.2.11 取值；
- k_e —— 加固钢管的等效均匀约束系数：当为圆形钢管时， k_e 取 1.0；当为方形钢管时， k_e 取 0.59；
- A_a —— 套管的截面面积；
- A'_s —— 钢筋混凝土柱纵向受力钢筋的截面面积；
- f_a —— 套管的抗压强度设计值；
- f_{cw} —— 加固柱的混凝土等效抗压强度设计值；
- f'_y —— 钢筋混凝土柱纵向受力钢筋的抗压强度设计值；
- A_{c1} 、 A_{c2} —— 钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的截面面积；

f_{c1} 、 f_{c2} —— 钢筋混凝土柱的混凝土、后浇灌浆料的轴心抗压强度设计值。

表 5.2.11 系数 α

混凝土强度等级	$\leq C50$	C55~C80
α	2.00	1.80

5.2.12 套管加固压弯柱的承载力计算应满足下列公式要求：

1 当 $N/N_u \geq 2\eta_0$ 时：

$$\frac{N}{N_u} + \frac{(1 - 2\eta_0)\beta_m M}{M_u} \leq 1 \quad (5.2.12-1)$$

2 当 $N/N_u < 2\eta_0$ 时：

$$-\frac{1 - \zeta_0}{\eta_0^2} \left(\frac{N}{N_u} \right)^2 - \frac{2(\zeta_0 - 1)}{\eta_0} \left(\frac{N}{N_u} \right) + \left(\frac{\beta_m M}{M_u} \right) \leq 1 \quad (5.2.12-2)$$

式中： β_m —— 加固柱的等效弯矩系数，按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定取值；

M —— 加固柱的弯矩设计值；

M_u —— 加固柱的受弯承载力，按本规范第 5.2.14 条的规定执行；

ζ_0 、 η_0 —— 加固柱 $N/N_u - M/M_u$ 关系曲线中受拉、受压破坏的界限系数，按本规程第 5.2.13 条的规定执行。

5.2.13 套管加固柱 $N/N_u - M/M_u$ 关系曲线中受拉和受压破坏界限系数的计算，应符合下列规定：

1 当套管截面形状为圆形时，应按下列公式计算：

$$\zeta_0 = 1 + 0.24\xi^{-0.89} \quad (5.2.13-1)$$

$$\eta_0 = 1 + 0.13\xi^{-0.83} \quad (5.2.13-2)$$

2 当套管截面形状为矩形时，应按下列公式计算：

$$\zeta_0 = 1 + 0.23\xi^{-0.92} \quad (5.2.13-3)$$

$$\eta_0 = 0.1 + 0.10\xi^{-0.80} \quad (5.2.13-4)$$

5.2.14 套管加固柱的受弯承载力应按下列公式计算：

$$M_u = \gamma_m W_{sc} f_{sc} \quad (5.2.14-1)$$

$$\gamma_m = 1.22 + 0.44 \ln(\xi + 0.1) \quad (5.2.14-2)$$

$$f_{sc} = (1.212 + B'\theta + C'\theta)f_{cw} \quad (5.2.14-3)$$

式中： γ_m —— 加固柱在弯矩作用下的截面塑性发展系数；
 f_{sc} —— 不考虑钢筋混凝土柱纵向受力钢筋影响的加固柱抗压强度设计值(MPa)；
 W_{sc} —— 加固柱的弯曲截面模量，按本规程第 5.2.15 条的规定计算；
 B' 、 C' —— 套管截面形状对套箍效应的影响系数，应按表 5.2.14 取值。

表 5.2.14 套管截面形状对套箍效应的影响系数

套管截面形状	B'	C'
圆形	$0.133f_a/213+0.918$	$-0.240/f_{cw}+0.104$
矩形	$-0.087f_a/213+0.675$	$-0.276/f_{cw}+0.424$

5.2.15 套管加固柱的弯曲截面模量应按下列公式计算：

1 当套管截面形状为圆形时：

$$W_{sc} = \pi D^3 / 32 \quad (5.2.15-1)$$

2 当套管截面形状为矩形，加固柱绕强轴弯曲时：

$$W_{sc} = b_a h_a^2 / 6 \quad (5.2.15-2)$$

3 当套管截面形状为矩形，加固柱绕弱轴弯曲时：

$$W_{sc} = h_a b_a^2 / 6 \quad (5.2.15-3)$$

式中： D —— 套管圆形截面的外径；

b_a 、 h_a —— 套管矩形截面的短边长度、长边长度。

5.2.16 套管加固压弯柱弯矩作用平面内的稳定性验算应满足下列公式的要求：

1 当 $N/N_u \geq 2\varphi^3\eta_0$ 时：

$$\frac{N}{\varphi N_u} + \left(\frac{1 - 2\varphi^2\eta_0}{1 - \varphi_m N / (N_E / 1.1)} \right) \frac{\beta_m M}{M_u} \leq 1 \quad (5.2.16-1)$$

2 当 $N/N_u < 2\varphi^3\eta_0$ 时:

$$-\frac{1-\zeta_0}{\varphi^3\eta_0^2}\left(\frac{N}{N_u}\right)^2 - \frac{2(\zeta_0-1)}{\eta_0}\left(\frac{N}{N_u}\right) + \frac{1}{1-\varphi_m N/(N_E/1.1)}\left(\frac{\beta_m M}{M_u}\right) \leq 1 \quad (5.2.16-2)$$

$$N_E = \pi^2 E_{sc} A / \lambda_{sc}^2 \quad (5.2.16-3)$$

$$E_{sc} = 1.3 k_e f_{sc} \quad (5.2.16-4)$$

$$\kappa = [(0.192 f_{ak} / 235 + 0.488) / (0.67 f_{ak})] E_a \quad (5.2.16-5)$$

式中: φ_m ——附加挠度影响系数, 当套管截面形状为圆形时取 0.4, 当套管截面形状为圆形时取 0.25;

N_E ——加固柱的欧拉临界力;

E_{sc} ——加固柱的组合弹性模量;

κ ——加固柱的组合弹性模量换算系数;

E_a ——套管的弹性模量。

5.2.17 套管加固压弯柱弯矩作用平面外的稳定性验算应满足下式要求:

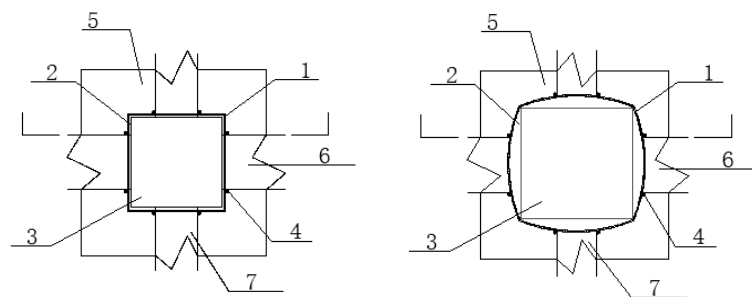
$$\frac{N}{\varphi N_u} + \frac{\beta_m M}{1.4 M_u} \leq 1 \quad (5.2.17-1)$$

5.2.18 对于圆套圆、矩套矩截面, 套管与原钢筋混凝土柱间的最小净距不宜小于 20mm。

5.2.19 套管的壁厚不宜小于 4 mm 且不应大于 20 mm; 外套矩形钢管的宽厚比不应大于 $100\sqrt{235/f_{ak}}$, 外套圆形钢管的径厚比不应大于 $135(235/f_{ak})$ 。

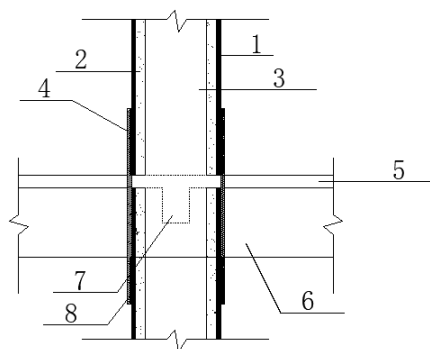
5.2.20 套管加固柱的套箍系数 θ 宜为 0.5~2.0。

5.2.21 套管加固柱顶端与原梁连接应采取有效的锚固措施。当柱上端有梁板时, 根据梁交错情况可对套管进行切割, 使得套管延伸到板底, 并应采用穿过楼板的钢筋或钢板条将下层的套管与上层构件连接, 钢筋、钢板条应有足够的延伸长度, 钢筋、钢板条的总横截面积不应小于套管的横截面积 (图 5.2.21)。在有充足论证情况下, 也可根据工程经验采用其他节点处理方式。



(a) 矩形套管平面图

(b) 椭圆套管平面图



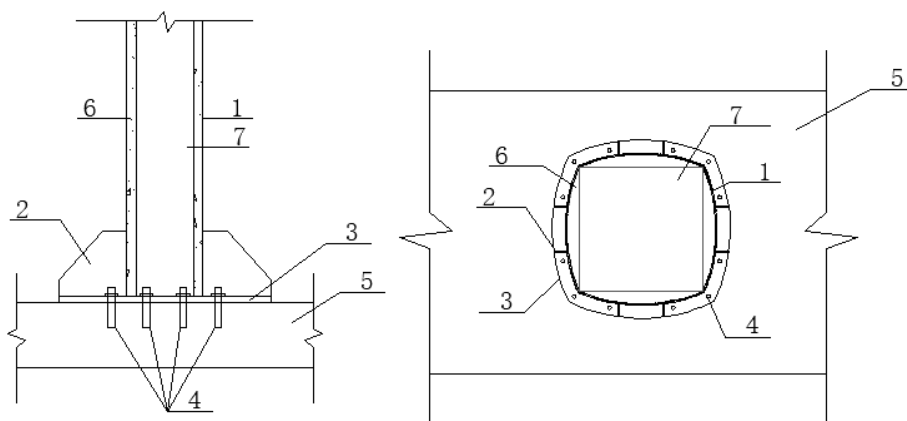
(c) 剖面图

1-套管；2-后浇灌浆料；3-原钢筋混凝土柱；4-穿过楼板的钢筋或钢板条；

5-原楼板；6-原主梁；7-原次梁；8-焊缝

图 5.2.21 套管加固柱的柱顶节点连接构造示意

5.2.22 套管加固柱的柱脚可采用焊接加劲肋方式连接套管与钢制环形底板，环形底板可通过自锁锚杆固定在基础上（图 5.2.22），锚杆的锚固深度和直径应符合现行协会标准《扩孔自锁锚固技术规程》T/CECS 813 的有关规定。底板除满足强度要求外，尚应具有足够的面外刚度。



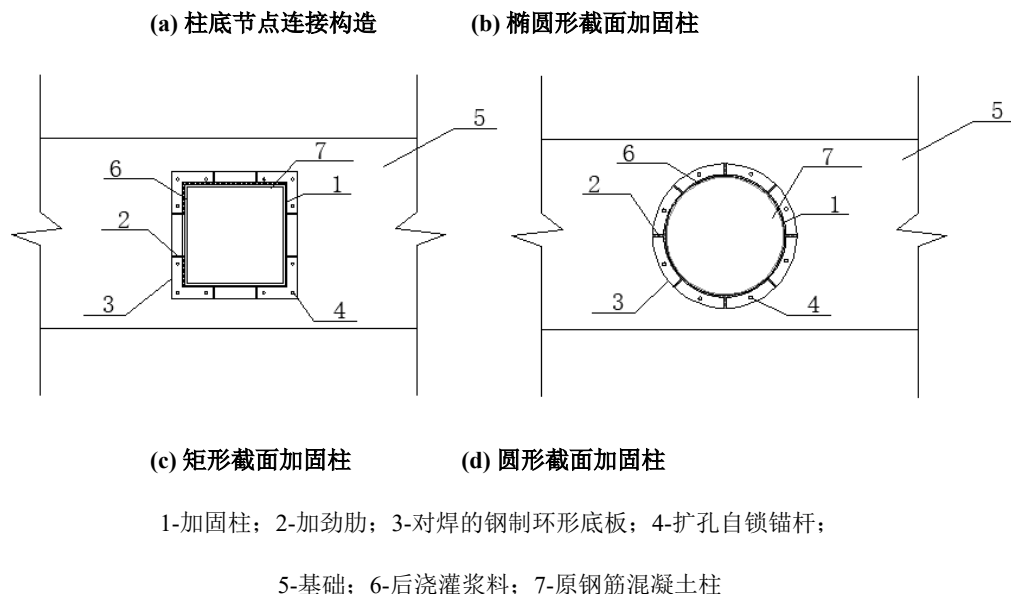


图 5.2.22 套管加固柱的柱底节点连接构造示意

5.3 壁柱加固法

5.3.1 增设钢筋混凝土壁柱加固内框架房屋的砖柱（墙）时，应符合下列要求：

1 壁柱应从底层设起，沿砖柱（墙垛）全高贯通，在楼、屋盖处应与圈梁或楼、屋盖拉结；壁柱应设基础，埋深与外墙基础不同时，不得浅于冻结深度；

2 壁柱的截面面积不应小于 36000 mm^2 ，内壁柱的截面宽度应大于相连内框架梁的宽度；

3 壁柱的纵向钢筋不应少于 $4\Phi 12$ ；箍筋间距不应大于 200 mm ，在楼、屋盖标高上下各 500 mm 范围内，箍筋间距不应大于 100 mm ；内外壁柱间沿柱高度每隔 600 mm ，应拉通一道箍筋。

5.3.2 增设钢筋混凝土壁柱加固内框架房屋砖柱（墙）的设计，尚应符合下列规定：

1 壁柱的混凝土强度等级不应低于 C20；纵向钢筋宜采用 HRB400、HRB335 级热轧钢筋，箍筋可采用 HPB235、HRB335 级热轧钢筋；

2 壁柱的构造尚应符合下列要求：

1) 壁柱的截面宽度不宜大于 700 mm ，截面高度不宜小于 70 mm ；内壁柱的截面，每侧比相连的梁宽处的尺寸应大于 70 mm ；

2) 内壁柱应有不少于 50%纵向钢筋穿过楼板，其余的纵向钢筋可采用插筋相连，插筋上下端的锚固长度不应小于插筋直径的 40 倍；

3) 外壁柱与砖柱（墙垛）的连接，可按本规程的有关规定采用。

3 采用壁柱加固法加固后形成的组合砖柱（墙垛），其抗震验算应符合下列要求：

1) 横墙间距符合鉴定要求时，加固后组合砖柱承担的地震剪力可取楼层地震剪力按各抗侧力构件的有效侧向刚度分配的值；有效侧向刚度的取值，对原有框架柱和加固后的组合砖柱不折减，对 A 类内框架，钢筋混凝土抗震墙可取实际值的 40%，对砖抗震墙可取实际值的 30%；对 B 类内框架，钢筋混凝土抗震墙可取实际值的 30%，对砖抗震墙可取实际值的 20%。

2) 横墙间距超过规定值时，加固后的组合砖柱承担的地震剪力可按下列

式计算：

$$V_{cij} = \frac{\eta K_{cij}}{\sum K_{cij}} (V_i - V_{wi}) \quad (5.3.2-1)$$

$$\eta = 1.6L/(L + B) \quad (5.3.2-2)$$

式中： V_{cij} ——第 i 层第 j 柱承担的地震剪力设计值；

K_{cij} ——第 i 层第 j 柱的侧向刚度；

V_i ——第 i 层的层间地震剪力设计值，应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定确定；

V_{wi} ——第 i 层所有抗震墙现有受剪承载力之和；对 A、B 类内框架，可按现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 的有关规定确定；

η ——楼、屋盖平面内变形影响的地震剪力增大系数：当 $\eta \leq 1.0$ 时，取 $\eta = 1.0$ ；

L ——抗震横墙间距；

B ——房屋宽度。

3) 加固后的组合砖柱（墙垛）可采用梁柱铰接的计算简图，并可按钢筋混凝土壁柱与砖柱（墙垛）共同工作的组合构件验算其抗震承载力。验

算时，钢筋和混凝土的强度宜乘以折减系数 0.85，加固后有关的体系影响系数和局部尺寸的影响系数可取 1.0。

6 灾后结构临时稳定性加固

6.1 面向救援需求的临时稳定性加固

6.1.1 自然灾害后，应根据救援抢险阶段的目标和要求，对受灾建筑结构受损状况及场地环境进行应急检查和评估，并制定面向救援需求的临时稳定性加固应急方案。

6.1.2 面向救援需求的临时稳定性加固应以保障救援抢险安全为原则仅对承重结构进行加固，且应做好次生灾害应急预案。

6.1.3 面向救援需求的灾后建筑构件可采用下列临时稳定性加固措施进行构件支护：

1 呈较宽裂缝、或局域破损的楼板、梁构件，呈较宽裂缝、局域压溃或受压失稳的柱、墙构件，宜采用临时性支顶支护措施；

2 呈倾斜状，或底部存在压溃的墙体或柱，宜采用临时性支撑支护措施；

3 临时性支顶、支撑加固采用的材料宜以钢、木构件为主，不应使用砌体或素混凝土构件；

4 临时性支顶、支撑支护加固设置的数量和位置应根据对受灾建筑结构安全性的判定和救援需求确定。

6.1.4 面向救援需求的灾后建筑构件可采用下列临时稳定性加固措施进行构件补强：

1 使用高强度加固胶带或绑带对开裂或破损构件局域或整体加固；

2 使用快速硬化的填充材料（如快干混凝土或聚合物复合材料），填补构件开裂或破损部分。

6.1.5 当受灾建筑结构构件变形、构件间挤压时，应根据救援需求进行构件拆除或支护措施。

6.1.6 当受灾建筑结构构件间连接存在脱离或拉开时，可通过加固螺栓或其他防止移动或分离的装置将不稳定部分连接在一起。

6.1.7 临时稳定性加固措施与原结构的连接和固定构造宜便于拆卸且不影响后期恢复性加固。

6.1.8 在临时稳定性加固的救援通道入口和关键位置宜设置明显的标识，指示临时稳定性加固的区域和使用注意事项，确保人员能够安全、迅速通过。

6.2 面向紧急安置需求的临时稳定性加固

6.2.1 自然灾害后，应对受灾建筑结构受损状况进行应急检查和评估，并形成系统鉴定结论。应急检查和评估的程序及内容应符合现行标准的有关规定。

6.2.2 用于紧急安置的既有建筑结构的灾后情况应符合下列规定：

- 1 建筑场地周边应无安全危害因素；
- 2 地基基础应无明显不均匀沉降，基础应无平移、转动和变形；
- 3 结构构件宜无损伤，或个别构件轻微损伤，但不应影响主体结构安全；
- 4 非结构构件宜无损伤，或部分非承重墙体出现轻微裂缝、部分抹灰层剥落、部分吊顶等装饰局部散落，但不应影响人员生命安全。

6.2.3 面向紧急安置需求的临时稳定性加固应根据建筑灾后系统鉴定的结论进行，临时稳定性加固的范围应包括结构和非结构构件，并以 5-8 年的短期使用为目标。

6.2.4 极轻微损坏的既有建筑原则上不进行应急处理，可立即入住或重新启用。

6.2.5 当结构构件受损严重时，宜进行局部或整体构件替换，其他情况时，可采用本规程的临时稳定性加固方法。新增构件与原构件间应可靠连接，新增抗震墙、柱等竖向构件宜设置基础。

6.2.6 开裂钢构件板材的临时稳定性加固，可采用堵焊或加盖固定盖板的方法，且应在裂缝的两端钻止裂孔。

6.2.7 局部屈曲钢构件板材的临时稳定性加固，可采用加劲板或加强板，采用加强板加固前，应对屈曲部位进行矫正。

6.2.8 弯曲变形的钢构件宜采用冷加工法矫正，采用热加工法修复时，应采取措施保证修复时的承载力。

6.2.9 受压或受弯钢构件的受压翼缘受损和变形严重时，可采用增设钢筋混凝土套的方法。

6.2.10 钢结构梁柱节点区仅焊缝连接裂缝时，可采取补焊修复；当腹板板材屈曲时，可采取切割替换法修复；当腹板板材断裂时，可采取腹板加焊补板方法修复。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/765221133104011331>