

# 现浇混凝土隔墙不同节点做法对结构抗震性能的影响

张文茂

重庆市设计院有限公司

**摘要：**为研究现浇混凝土外隔墙不同节点做法对主体结构抗震性能的影响，本文采用结构有限元计算软件对不同节点做法进行数值模拟。结果表明：外隔墙采用现浇混凝土整体浇筑时，结构整体计算周期减小，结构位移比，位移角减小，结构倾覆力矩、楼层剪力增大。基于数值模拟结果，建议结构计算分析中适当考虑现浇混凝土外隔墙的刚度影响，必要时，在结构计算模型中整体建模分析。

**关键词：**高层建筑；现浇混凝土外隔墙；数值模拟；抗震性能

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.011

## 引言

随着高层住宅的全面发展，现浇混凝土剪力墙结构也越来越多，就目前而言，建筑物外隔墙一般采用砖或混凝土砌块进行二次砌筑。在实际工程中，砌体墙存在渗水的风险，且工序较多，施工工期较长。现在有部分工程将建筑外围的砌体填充墙全采用钢筋混凝土构造墙整体现浇，从而减小外墙渗水的风险，加快施工进度<sup>[1-2]</sup>。

但是此类隔墙按构造墙体配筋不符合混凝土设计规范中对剪力墙的验算及构造要求。以往工程中混凝土隔墙是和上边或下边的结构梁整体浇筑，一般视为刚接，但是此类隔墙往往厚度较低，配筋较少，刚度相对普通砖砌隔墙而言较大，在地震中容易发生脆性破坏。

目前，工程中采用的常规做法一般分有3种：

(1) 刚接（如图0.1所示）：混凝土构造墙与下部梁整体浇筑，此做法施工快捷，整体成型质量较高。

(2) 半刚接（如图0.2所示）：混凝土构造墙与下部梁局部填充聚苯板，减小与梁的连接宽度。

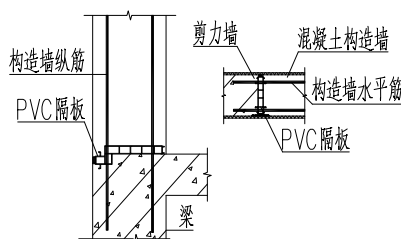


图 0.3 柔性连接节点

(3) 柔性连接（如图0.3所示）：在混凝土构造墙与下部梁相接位置采用PVC板或聚苯板分隔，仅有钢筋穿过隔板锚入下部梁中。

上述的3种做法在目前的设计中一般是折算为线荷载，直接考虑在梁上，但混凝土构造墙的刚度并没考虑在整体结构中，在现行规范中，对此类混凝土构造墙的抗震措施并无明确规定。

目前，对现浇混凝土隔墙已有一部分研究<sup>[3-4]</sup>，但对混凝土构造墙对整体结构抗震性能的分析研究相对较少，因此本文通过数值模拟的方式，针对不同节点做法对结构整体抗震性能的影响展开研究，针对此类隔墙，提出结构设计应注意的问题和建议，为类似结构设计提供参考。

## 一、有限元分析概况

本文采用Midas-Gen有限元分析软件建立分析模型。

### (一) 有限元数值分析计算参数

模型的所采用的工程位于四川省营山县，共18层，层高3m，总计高度54m，主要参数信息如下：

(1) 抗震设防烈度：6度，设计基本地震加速度：0.05g，水平地震影响系数最大值：0.04（计算多遇地震）。

(2) 场地类别：III类，设计地震分组：第一组，场地特征周期：0.45s。

(3) 结构阻尼比：0.05。

主要材料：

(1) 混凝土：C40~C30，材料参数按《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）（2015年版）取值。

(2) 聚苯板：密度0.03g/cm<sup>3</sup>，柔性材料。

(3) PVC板：密度1.40g/cm<sup>3</sup>，弹性模量3.5Gpa。

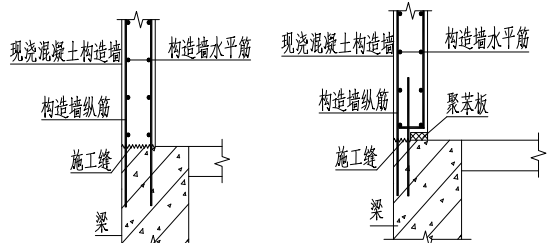


图 0.1 刚接节点

图 0.2 半刚接节点

(二) 计算中的基本假定

本文在计算中，采用下列假定为计算的前提条件：

- (1) 剪力墙底部与地面完全固接，即剪力墙底部节点的平动与转动均被约束。
- (2) 楼板采用刚性楼板假定，在动力学分析时，模型模拟为多自由度简化模型（及“糖葫芦串”模型）进行动力学计算。
- (3) 结构变形为线弹性变形，且在荷载作用下为小变形。
- (4) 不考虑砖砌隔墙刚度，仅考虑隔墙荷载。
- (5) 不考虑基础的沉降变形。

二、有限元模型建立

(1) 砖砌体墙模型

本模型将砌体墙转换为线荷载考虑在结构梁上，不考虑砌体墙刚度。

(2) 刚性连接模型

本模型将混凝土构造墙按实际尺寸在模型中建立，以模拟构造墙的真实刚度。

(3) 半刚接模型

本模型将混凝土构造墙与下部梁连接位置按实际做法建入模型中，以模拟构造墙及连接节点的真实刚度。

(4) 柔性连接模型

本模型将(3)半刚接模型中节点部分中混凝土部分替换为PVC板。

三、有限元模型数值模拟结果分析

(一) 结构模态分析

结构模态分析反映了结构的动力特性，在Midas-Gen中主要采用特征向量法或Ritz向量法进行分析，在本章中采用特征向量法对结构进行特征值分析。周期汇总表3.1。

表3.1 不同节点做法下结构的自震周期汇总

周期(S)	砖砌体	刚性连接	半刚接	柔性连接
第一阶平动	3.36 (X向)	1.68 (X向)	2.02 (X向)	2.55 (X向)
第二阶平动	2.77 (Y向)	1.51 (Y向)	1.80 (Y向)	2.21 (Y向)
第三阶扭转	2.27	0.86	1.02	1.37

从上述周期计算结果看，混凝土构造墙可以大幅度降低结构自震周期，及混凝土构造墙对结构刚度有一定的影响，从不同节点做法后计算的周期可看出，节点强度越大，对结构刚度的影响越明显。

(二) 结构层间位移结果分析

(1) 层间位移角

层间位移角反映了主体结构在地震作用下墙、柱、

梁、节点弹性变形的情况，我国以钢筋混凝土构件开裂时的层间位移角作为多遇地震下结构弹性层间位移角限值<sup>[5]</sup>。不同计算模型最大层间位移角曲线如图3.2.1所示。

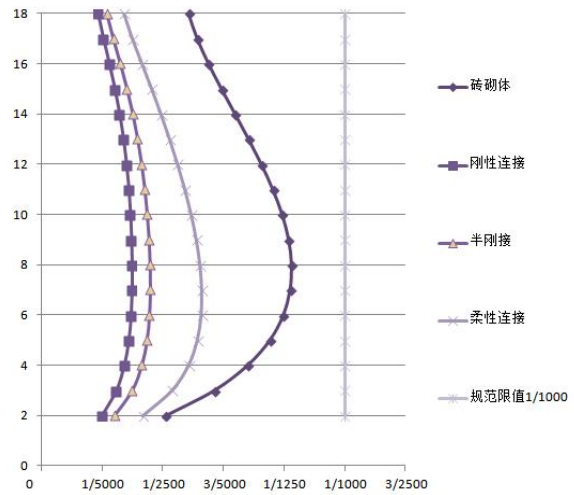


图3.2.1 不同节点做法层间位移曲线

剪力墙结构层间位移角规范<sup>[5]</sup>限值为1/1000，从上图的曲线来看，不同的节点做法会对结构的变形产生影响（最大位移角减小20%~50%），节点强度越高，对变形的影响越明显。

(2) 层间位移比

层间位移比反映了结构质量与刚度偏心 and 扭转效应的影响，一定程度上也反映了结构的抗扭转刚度和结构平面布置的规则性，结构最大位移比汇总结果见表3.2.2。

表3.2.2 不同节点做法层间位移比

楼层	砖砌体	刚性连接	半刚接	柔性连接
18F	1.297	1.111	1.128	1.182
17F	1.297	1.112	1.132	1.187
16F	1.299	1.114	1.135	1.191
15F	1.303	1.116	1.138	1.195
14F	1.307	1.119	1.142	1.199
13F	1.313	1.123	1.145	1.204
12F	1.320	1.127	1.149	1.209
11F	1.328	1.132	1.155	1.216
10F	1.335	1.138	1.160	1.224
9F	1.343	1.144	1.167	1.232
8F	1.352	1.150	1.175	1.242
7F	1.360	1.157	1.185	1.253
6F	1.368	1.164	1.195	1.266
5F	1.377	1.172	1.206	1.280
4F	1.385	1.180	1.220	1.297
3F	1.393	1.190	1.238	1.319
2F	1.402	1.204	1.264	1.334

结合前文中周期计算结果看，混凝土构造墙对结构的抗扭刚度有明显的影响（位移比减小5%~14%），其中刚性连接节点能明显提高结构的抗扭刚度。

### （三）地震作用下结构倾覆力矩结果分析

对不同节点做法在地震作用下结构倾覆力矩计算结果见表3.3。

表3.3 地震作用下结构倾覆力矩

	砖砌体	刚性连接	半刚接	柔性连接
Mx (kN·m)	21138.86	30050.25	27025.49	26305.06
My (kN·m)	24276.91	35921.62	31068.64	29992.69

从上表看，在地震作用下，混凝土构造墙对地震力下倾覆力矩有较大的影响（较普通隔墙增大了25%~48%），不同的节点做法对地震力下倾覆力矩也有一定影响。在设计中，一般未考虑此部分倾覆力矩的影响，而倾覆力矩过大可能导致基础出现零应力区。

### （四）地震作用下楼层剪力结果分析

对不同节点做法在地震作用下的底部楼层剪力计算结果汇总见表3.4.1。

表3.4.1 地震作用下楼层剪力

	砖砌体	刚性连接	半刚接	柔性连接
X向 (KN)	624.38	1014.50	957.09	940.85
Y向 (KN)	736.64	1201.96	1144.15	1128.60

从上表看，在地震作用下，混凝土构造墙对楼层剪力有较大的影响（较普通隔墙增大了25%~56%），不同的节点做法对楼层剪力也有一定影响。

### （五）地震作用下混凝土构造墙墙体应力分析

本文截取了在不同节点做法，同一位置，同一工况下，混凝土构造墙应力云图，如图3.5.1。

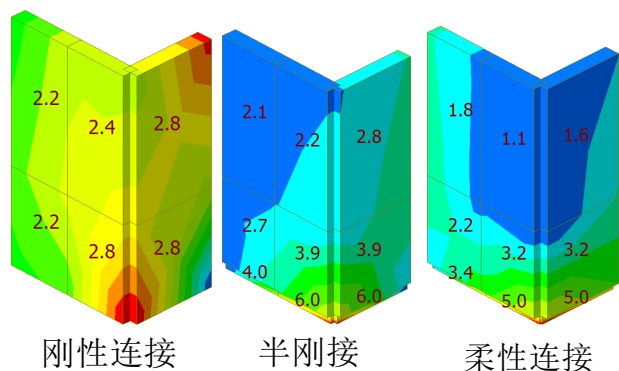


图3.5.1 构造墙应力云图

从上述构造墙应力云图看，构造墙整体应力小于混凝土受压强度，在节点连接区域，因截面和材料改变，引起应力突变，最大应力在底部节点连接处，此情况在设计中需重视，避免在节点处应力过大，导致节点位置

开裂破坏。

## 四、结论

本文通过有限元计算软件Midas-Gen对结构进行数值模拟分析，研究不同节点做法对结构抗震性能的影响，主要结论如下：

（1）不同节点做法的混凝土构造墙均能满足规范所规定的抗震要求。

（2）现浇混凝土构造墙与砖砌体墙相比，层间位移比及位移角更小，结构整体抗扭转刚度有较大提升，特别是采用刚性连接做法时，提高比较明显。

（3）采用混凝土构造墙后，结构地震作用下倾覆力矩及底部剪力均有所增大，而在设计中并未考虑此增大部分的弯矩及剪力，倾覆力矩过大容易导致地震作用下底部基础出现零应力区，建议在设计过程中，适当增大结构抗倾覆力矩，必要时需进行结构整体抗倾覆验算。针对剪力增大的情况，建议在设计中适当放大地震水平剪力。

（4）在构造墙与下部混凝土梁连接节点位置，容易引起应力突变，设计时需注意复核该节点位置材料强度，避免应力过大引起开裂。

（5）从整体结果上看，采用现浇混凝土构造墙会显著提高结构整体刚度，减小地震作用对结构的影响，对结构各计算指标更为有利，但过小的计算指标（如采用柔性连接时，最大位移角为1/1900，刚性连接时，最大位移角为1/3300，规范限值1/1000）对结构经济性有一定影响，建议在设计初期明确外围填充墙做法，并在结构计算中整体考虑。

## 参考文献

[1] 张浩, 喻红霞, 何金明. 高层建筑外墙防渗漏施工技术的应用研究[J]. 施工技术, 2016 (6): 913-914.

[2] 向尧贤, 张德生, 等. 基于铝模板的全混凝土外墙设计及其施工技术[J]. 建筑技术开发, 2021, 48 (18): 27-28.

[3] 李建辉, 薛彦涛, 王翠坤, 等. 框架填充墙抗震性能的研究现状与发展建筑结构[J]. 2011, 41 (增刊1): 12-17.

[4] 邓志峰, 王炎伟. 全现浇混凝土填充墙结构拉缝施工技术[J]. 安徽建筑, 2017 (5): 162-165.

[5] 建筑抗震设计规范: GB 50011-2010[S]. (2016年版). 北京: 中国建筑工业出版社, 2016