

浅谈考虑梁端刚域及裂缝验算时考虑支座宽度对结构设计的影响

戴中辉（中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司）

一、现行主流设计软件中都开放了梁端刚域或柱端刚域选项，在设计中为什么要考虑刚域及刚域对结构受力分析的影响，有以下几点看法。

1)、由于梁柱在节点交接处有一个相互约束的作用，就会造成杆件梁端截面大、中间截面小的一个变截面体系。如下图 1，bc 段梁截面为一个定值，但 ab、cd 段由于与柱交接，截面不再同 bc 段。使得梁柱杆件在以节点中心长度进行受力分析时会出现两段不同的刚度，交接处刚度大于构件刚度。为了更好的模拟结构整体刚度，规范中引入了节点域这个概念，就是将杆件两端的某一区域等效为刚度无穷大的刚片而杆件长度不变，这样就简化了计算且更加真实的反应结构刚度。

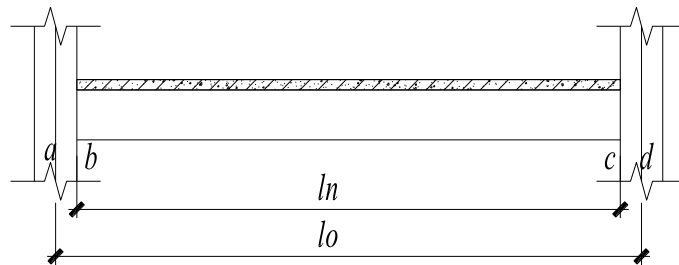


图 1

2)、设计如果不考虑梁端刚域，在竖向荷载作用下会放大其效应，梁的受力会偏于保守。但是在水平荷载作用下可能会出现不安全情况，即实际受力大于按不考虑梁端刚域模型分析出的内力，尤其是对水平力起控制作用的结构，究其原因有以下几点：a、没有考虑刚域会造成梁端或者柱端弯矩偏小，b、没有考虑刚域会造成梁端或者柱端剪力偏小，c、没有考虑刚域、结构的整体刚度会偏低，对于地震烈度较高的地区，可能会降低了地震作用。

3)、刚域的这个概念是针对框架，对次梁并不适用。

为了更好的说明以上观点，笔者以实际工程为例，采用盈建科软件进行对比分析，建立模型 1（不考虑刚域）和模型 2（考虑刚域）。工程位于四川甘孜州，为 3 层混凝土框架结构，主要跨度为 7.2 米，层高为 4.8 米；抗震设防烈度为 8 度（0.2g）、地震分组为第二组、场地类别为 II 类，基本风压为 0.45KN/m²，基本雪压为 0.5 KN/m²。

1.1 基本周期及位移角的对比

表 1.1

	模型 1	模型 2
周期	T1=0.7142	T1=0.6941

		T2=0.7075	T2=0.6861
位移角	X	1/723	1/741
	Y	1/753	1/779

由上表可知在考虑梁柱端刚域后，结构的整体刚度明显提高，说明考虑刚域对结构的整体指标是有利的。

1.2 竖向荷载受力分析

由于篇幅有限，本次以恒载作用下，一层中柱及相交梁进行对比。

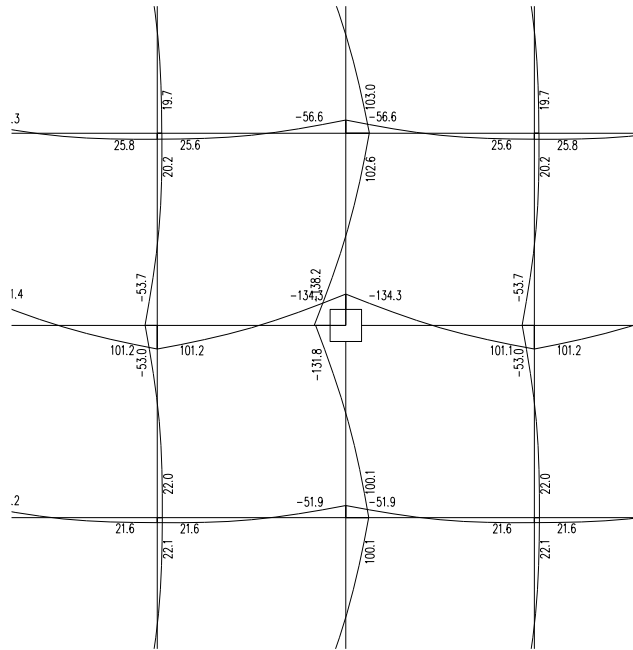


图 2 模型 1 恒载作用下内力图

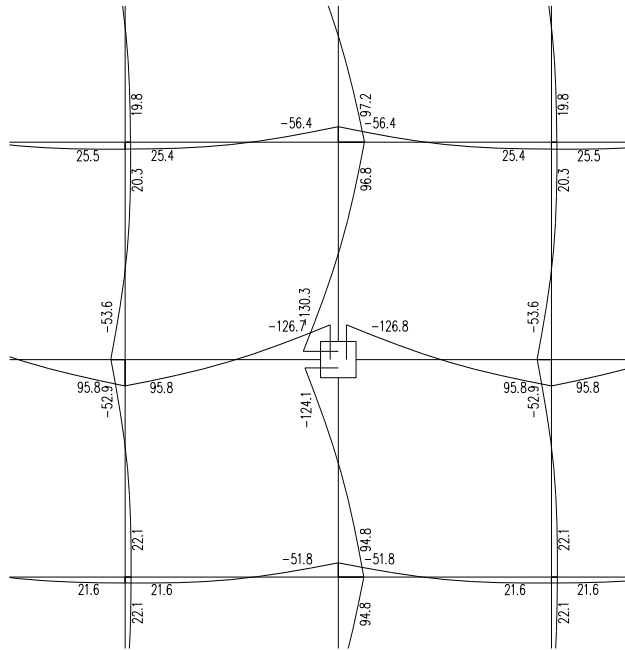


图 3 模型 2 恒载作用下内力图

对比图 2、图 3 可知考虑刚域后模型 2 梁的跨中弯矩所减少，大概降低了 5.3%。对于支座弯矩，模型 1 输出的节点中心的弯矩值，模型 2 输出的是刚域边的弯矩值，由抗规 6.3.3 条可知计算梁配筋时应用与柱交界面的组合弯矩设计值，故在实际配筋时应以交界面的弯矩值作为控制内力，对比图 2、图 3 可知在考虑梁端刚域后，梁柱交界面处梁的弯矩值 X 向有所降低，但幅度并不大，Y 方向梁弯矩反而增大；说明考虑刚域后影响了梁、柱刚度进而影响了内力分布，而并不是对弯矩进行了折减。

1.3 地震作用分析

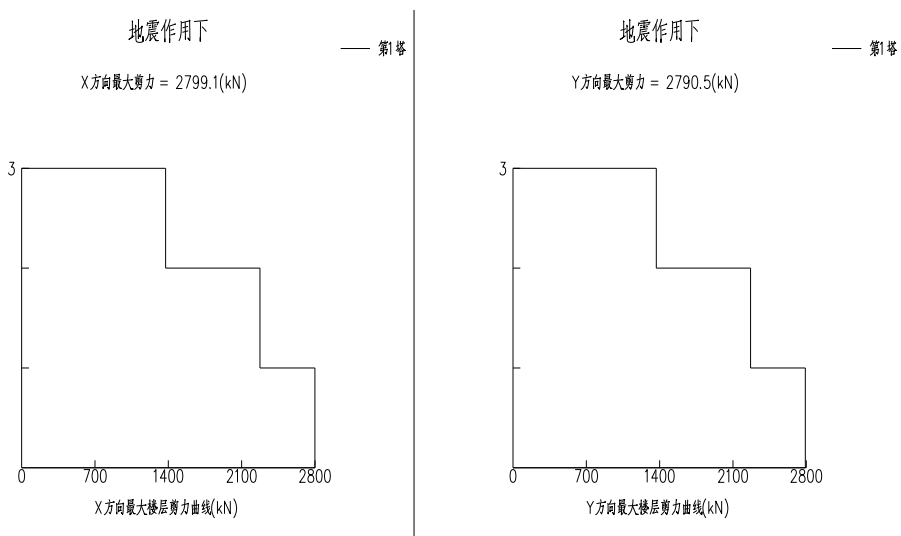


图 4 模型 1 地震剪力图

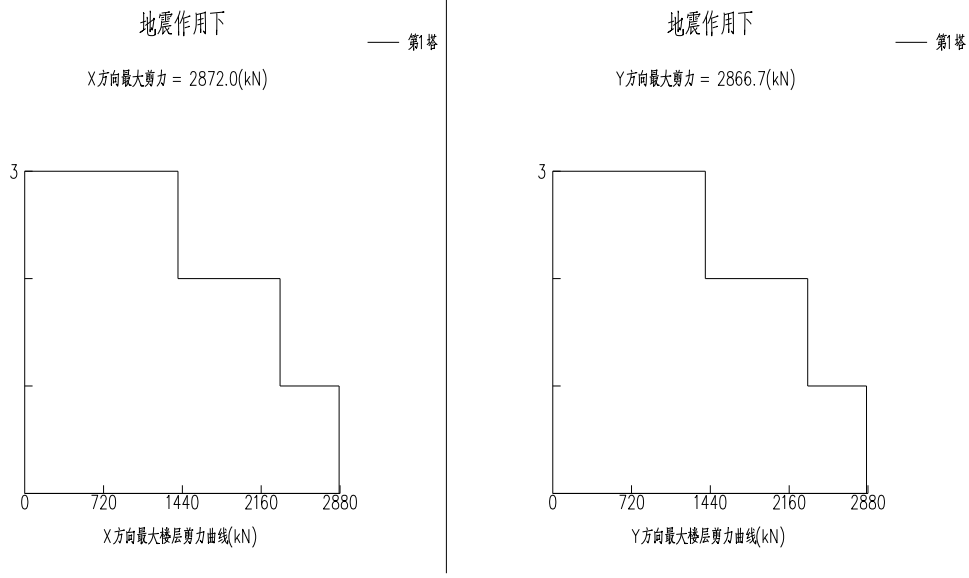


图 5 模型 2 地震剪力图

由图 4 与图 5 可知，模型 2 的地震剪力较模型 1 有明显增加，增加幅度约为 2.6%，幅度并不大，主要是建筑高度较低，地震力并不是很大。但仍可说明在考虑刚域后结构的地震力会增大，进而导致框架承担的弯矩和剪力会增加。

1.4 配筋分析

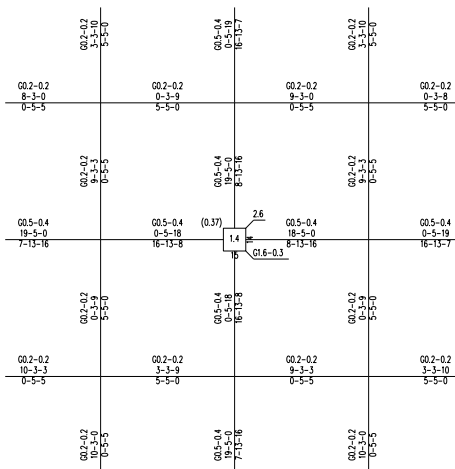


图 6 模型 1 配筋图

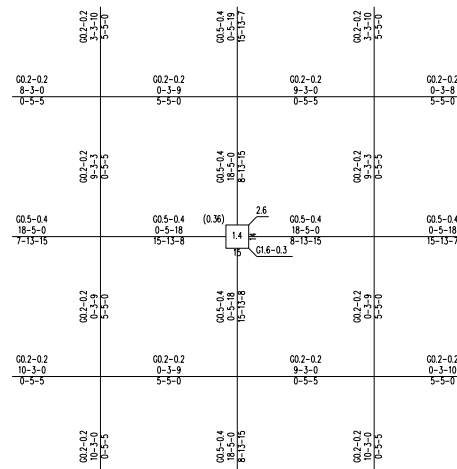


图 7 模型 2 配筋图

由上图可知考虑刚域与不考虑刚域的两个模型配筋并没有显著改变，这是由于在验算地震组合中考了地震承载力调整系数，使得非地震组合的配筋并不小于地震组合的配筋，导致两个模型配筋基本一致；但对于高层建筑，地震力的影响则会显著上升，将会出现考虑刚域后地震作用增加幅度较大时，此时如果仍按不考虑刚域的影响进行计算，则会偏于不安全。

二、在梁的裂缝验算时是否还能再考虑支座宽度的影响？

如今的主流是大多数设计人员认为在考虑刚域后就不能考虑支座宽度的影响；盈建科软

件在梁施工图帮助文件中也有说明：如果计算软件考虑了节点刚域的影响，则计算时不宜再考虑此项折减，见图 8。笔者认为在考虑刚域后仍可以考虑支座宽度对裂缝的影响，有以下几个观点作为说明。

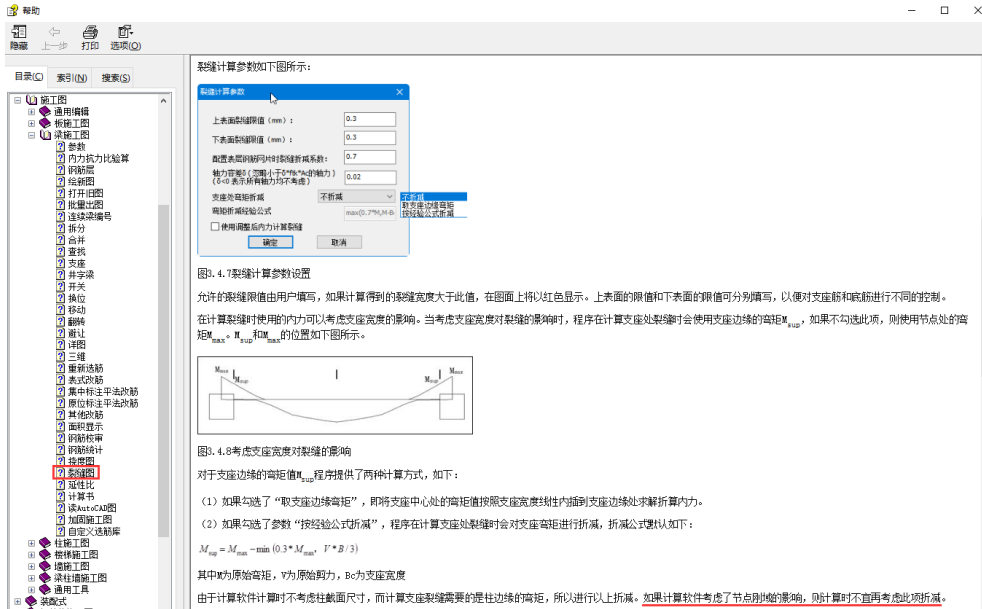


图 8

1、考虑支座宽度对裂缝的影响，笔者认为是用支座边的弯矩或者是对支座中心弯矩考虑一个折减系数再用来验算裂缝宽度。

2、考虑刚域并不是已经考虑了支座宽度，前者针对的是结构刚度，后者体现的裂缝开展的规律，两者之间并没有必然联系；刚域对裂缝的影响并不是直接体现在支座宽度上，而是影响结构整体受力进而影响构件的正常使用极限状态。

3、刚域这个概念并不适用于次梁，只是针对框架。

4、验算裂缝时一般采用准永久组合或者标准组合，地震作用不参与，故考虑梁端刚域后框架梁裂缝的计算值可能会有一定改善。

为了更好的说明上述观点，仍用前面使用的模型 1、2 进行分析。在分析前模型 1、2 都按不考虑支座影响生成梁施工图，再将模型 2 生成的施工图导入到模型 1 中进行验算。

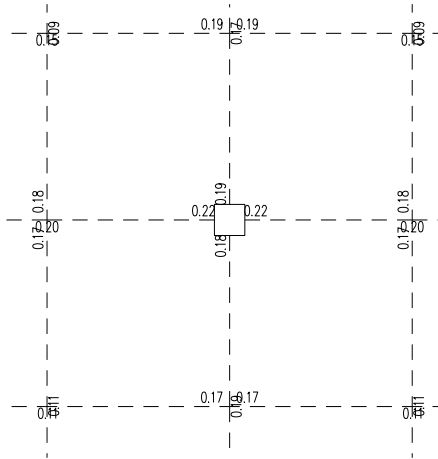


图 9 模型 1 不考虑支座影响

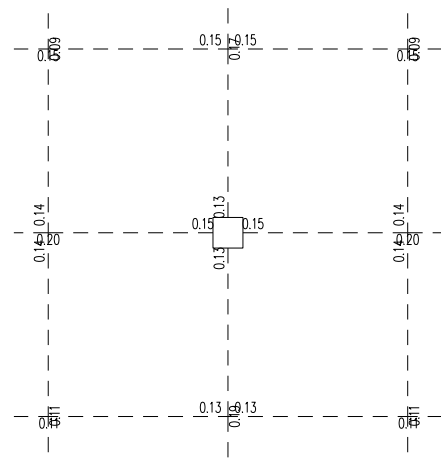


图 10 模型 1 考虑支座影响

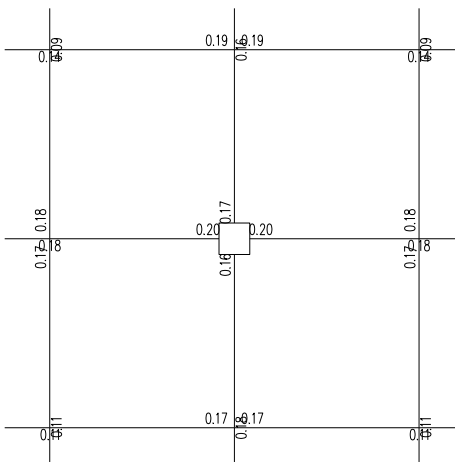


图 11 模型 2 不考虑支座影响

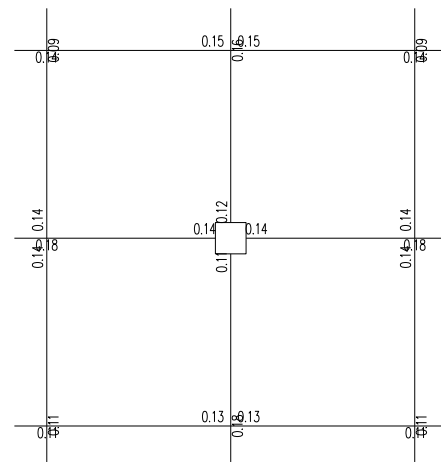


图 12 模型 2 考虑支座影响

由图 9~12 可知在无论考虑梁端刚域与否，在考虑支座影响时，支座上表面裂缝都得以减小；且对比同一模型可以发现梁的跨中下表面裂缝并没有变化，不受支座宽度的影响；同时也说明在验算裂缝时考虑支座宽度的影响只会对梁上表面裂缝产生影响。对比图 9 与图 11 或图 10 与图 12 可知次梁在相同的支座条件下，裂缝的大小都相同，这样同样证明是否考虑刚域对次梁是没有影响的。框架梁在考虑刚域的情况下，跨中和支座处的裂缝都有所减小，主要原因是由于考虑刚域后，竖向荷载产生的效应会有所减弱，但这种受力是真实存在而并不是说考虑刚域就是对弯矩进行折减。

综合以上分析，笔者认为在设计过程中宜考虑节点域以更加真实的模拟结构刚度及受力。支座宽度对裂缝的影响主要体现在支座表面裂缝不会影响跨中下表面裂缝，说明只是在验算支座裂缝时，验算的截面选取位置不同，并不是对弯矩折减。考虑刚域后仍可以考虑支座宽度对裂缝的影响，考虑刚域只为了更加真实的反映结构整体受力并不是对受力进行折减。

编者注：对支座计算裂缝的弯矩取值，软件考虑到传统的计算公式是按无刚域的结果计算(弯矩偏大)以及工程经验和市场反馈，给出了“不折减”、“取支座边缘弯矩”、“按经验公

式折减”三个选项供用户选择使用。其中，“不折减”采用的是支座中心处弯矩 M_{max} ；“取支座边缘弯矩”是将支座中心处的弯矩值按照支座宽度线性内插到支座边缘处求解折算内力；“按经验公式折减”是在计算支座处裂缝时直接按软件默认公式或用户编辑的公式进行折减，公式中的内力都对应支座中心处内力。如果计算时考虑了梁端刚域，梁计算长度及端截面位置是取到刚域边的，梁端内力输出的已经是扣除刚域部分的值了，此时裂缝计算会将这个内力直接当做支座中心处内力，相对于无刚域的内力结果，该值偏小，为保证施工质量，传统设计习惯都是建议不宜同时使用“梁端刚域”和“支座弯矩折减”这两个参数的。但对于受力较大的关键节点，算裂缝时不折减弯矩使支座负筋配置量增大，这一方面增加了工程造价(很可能是不必要的)。另一方面使得梁柱节点区域的钢筋变得更加拥挤，增加了施工难度。

针对这个矛盾，作者在本文第一部分辩明设置梁端刚域是为了使承载力计算更接近实际,同时使用数值实验阐明了适宜设置梁端刚域的情况及设置了刚域对结构分析的影响。在本文第二部分，作者说明了支座弯矩折减是为了使支座处裂缝计算更加接近实际，承载力分析和正常使用极限状态分析是两个不同设计阶段，理论上讲并不是说设置了梁端刚域一定不能对算裂缝时使用的弯矩进行折减。

有梁端刚域的梁，在计算裂缝时支座弯矩需要新的折减公式。这个公式一定是根据实验研究和设计经验总结出的。本文并没有给出这个公式，广大设计师及盈建科用户关于这个问题如有经验及兴趣,欢迎来函与作者和编者讨论。