

等效交叉梁系宽度合理取法探讨

钟南¹, 王祖华²

(1 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642; 2 华南理工大学 建筑学院, 广东 广州 510641)

摘要:高层建筑结构整体计算时,厚板转换层一般等效为交叉梁系。通过对厚板进行局部有限元分析计算,找出影响等效梁宽度的诸因素,按刚度等效的原则,反算出等效梁的宽度。据此得出,应根据板的跨度和厚度,分承受均布线荷载和集中荷载两种情况,以指数拟合公式来确定等效梁的宽度。

关键词:厚板转换层; 等效交叉梁系宽度; 合理取法

中图分类号: TU973.23

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)02-0098-03

Rational selection of equivalent cross beam system width

ZHONG Nan¹, WANG Zu-hua²

(1 College of Engineering, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 College of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The transfer slab is generally replaced by equivalent cross-beam systems when the integral structure of a tall building is computed. In this study, partial analytical computation of the transfer slab with the Finite Element Method was done, the factors influencing the width of equivalent beam were found, and the width of the equivalent beam was obtained by reverse calculation according to the principle of equivalent rigidity. The conclusion was that the main influencing factors were the span and thickness of the slab, and that the ideal computing formula for the width of the equivalent beam was exponential fitness depending on whether there existed concentrated load or uniformly distributed load.

Key words: transfer slab; width of equivalent cross beam systems; rational selection

现代高层建筑向多功能、综合用途发展。不同用途的楼层,需要大小不同的开间,采用不同的结构形式。为了实现这种结构布置,就必须在结构形式转换的楼层设置转换层。厚板转换层是近年来应用较多的一种形式。它能适应上下柱网错开较大或轴线布置不规则的情况,同时,又比其他形式转换层抗冲切、抗剪能力强^[1]。对于这类转换层的高层建筑,在结构的整体分析计算中,把厚板等效为交叉梁系,把转换层及其上下部结构整体作为空间杆系,采用目前通用的空间杆件分析程序(如 TBSA)进行分析计算。事实上,厚板本身的受力特点接近于三维受力的实体,与交叉梁系即杆件有着根本性的差别。为了更

正确合理地认识厚板局部的受力特点和应力应变分布规律,需要对厚板局部进行分析^[2]。为了消除在整体分析时把厚板当作交叉梁系所带来的误差,也为了使厚板局部的实际受力更接近于三维受力的实体,在结构整体分析时,需对厚板等效交叉梁系宽度进行合理选择。

1 求解等效交叉梁系宽度的方法

在整体计算分析时,把厚板等效处理为交叉梁系的一个主要问题是如何合理选取等效梁的宽度,使等效交叉梁系能较好地反映厚板对整体结构的影响。

按一般的取法,等效梁的宽度取为支承柱网的间距,即每一侧的宽度取其间距的一半,但不超过板厚度的 6 倍^[3].

在厚板转换层的静力试验中发现,按上述宽度的取法,当板的厚度比较小时是比较恰当的,当板厚度较大时,等效交叉梁系会有刚度偏高的问题.但以此分析所得的内力和配筋值作为厚板暗梁配筋的依

据,使暗梁的配筋量偏高,暗梁的钢筋在结构的设计荷载作用下不能充分发挥其潜力.

图 1 的厚板简支在图中的 6 个黑圆点所代表的柱上,沿中轴线承受集中荷载 $P = 10 \text{ kN}$ 或均布线荷载 $q = 1 \text{ kN/m}$,按刚度等效的原则等效为高度与板厚相同的简支梁,也就是使等效简支梁的跨中挠度等于厚板的跨中最大挠度.

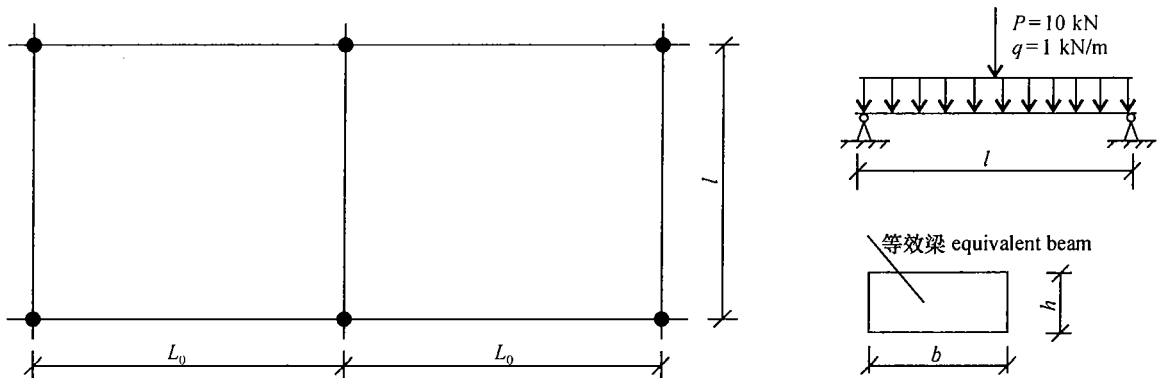


图 1 等效交叉梁系宽度计算示意图

Fig. 1 Outline of calculating width of equivalent cross beam system

取板的跨度 $l = 10 \text{ m}$, 间距 $L_0 = 10 \text{ m}$, 按板厚 (即等效梁高) $h = 2.50, 2.00, 1.75, 1.50, 1.25$ 和 1.00 m , 分集中荷载和均布荷载的情况, 利用本课题组以 20 结点等参数三维实体单元编制的厚板局部有限元分析程序 3D-IPFEM 计算分析, 得到厚板的跨中最大挠度值 f , 再据此反算出等效梁的宽度 b . 其中, 等效梁挠度计算公式为

均布荷载下: $f = \frac{5ql^4}{384 EI}$,
集中荷载下: $f = \frac{Pl^3}{48 EI}$,

式中: E 为材料弹性模量, 取 $E = 1\,000 \text{ kN/m}^2$; I 为等效梁截面惯性矩, $I = bh^3/12$

把算出来的不同的厚跨比 h/l 下相应的等效梁宽跨比 b/l 值分别通过线性拟合和指数拟合 (表 1、

2), 得拟合公式为:

均布荷载下:
 $b/l = 1.283\,94 - 4.178\,92\,h/l$ (线性拟合),
 $l/b = 0.496\,61 \times 2\,466.170\,1^{h/l}$ (指数拟合).
集中荷载下:
 $b/l = 1.298\,77 - 3.771\,46\,h/l$ (线性拟合),
 $l/b = 0.565\,54 \times 435.652\,7^{h/l}$ (指数拟合).

从表 1 和表 2 中可以看出, 等效梁宽度 b 与板厚 h 及跨度 l 的相关关系以 $l/b \sim h/l$ 的指数拟合公式来表示其符合程度最好.

此外, 为了了解厚板跨度 l , 支座间距 L_0 和材料特性 E 对等效梁宽度 b 的影响, 笔者对变跨度 l , 变间距 L_0 和变弹性模量 E 等的情况作了计算, 发现当其他条件不变时, 跨度 l 和弹性模量 E 的改变对 b 与 h 及 l 的相关关系没有影响.

表 1 均布荷载作用下的各值

Tab. 1 Values in uniformly distributed load

h/l	f/m	b/l	b/l 线性拟合 linear fit	l/b	l/b 指数拟合 exponential fit
0.250	0.035	0.285	0.239	3.514	3.500
0.200	0.047	0.420	0.448	2.381	2.368
0.175	0.056	0.516	0.553	1.938	1.948
0.150	0.073	0.631	0.657	1.585	1.603
0.125	0.105	0.763	0.762	1.310	1.318
0.100	0.172	0.910	0.866	1.099	1.084

表2 集中荷载作用下的各值
Tab. 2 Values in concentrated load

h/l	f/m	b/l	b/l 线性拟合 linear fit	l/b	l/b 指数拟合 exponential fit
0.250	0.042	0.381	0.356	2.622	2.584
0.200	0.059	0.526	0.544	1.901	1.907
0.175	0.075	0.619	0.639	1.615	1.638
0.150	0.103	0.722	0.733	1.386	1.407
0.125	0.154	0.830	0.827	1.205	1.209
0.100	0.265	0.943	0.922	1.060	1.038

当厚板的支座间距 L_0 改变时,取 $l = 10\text{ m}$, $h = 2.5\text{ m}$, $E = 1\,000\text{ kN/m}^2$,分为 $L_0 = 10.0$ 、 7.5 和 5.0 m 的情况,计算所得的等效梁宽度值列于表3。由表3中数据可看出,支座间距 L_0 对等效梁的宽度影响不大。

表3 不同的厚板支座间距 L_0 所对应的等效梁宽度值 b
Tab. 3 Values of equivalent beam widths b corresponding to slab spaces between supports L_0

L_0/m	均布线荷载作用下 acting in q			集中荷载作用下 acting in P		
	f/m	b/m	b/l	f/m	b/m	b/l
10.0	0.035	2.846	0.285	0.042	3.814	0.381
7.5	0.034	2.909	0.291	0.041	3.881	0.388
5.0	0.036	2.809	0.281	0.044	3.673	0.367

同时,还计算了一系列不同板厚度、不同支座间距情况下的各板带的跨中弯矩值和厚板中轴线两侧各 $L_0/2$ 宽度范围内的跨中弯矩值。从这些数据中发现,在荷载直接作用处的板跨中弯矩有集中的情况,随着板厚度的减小和板的支座间距减小,集中情况有减弱的趋势,其中支座间距改变时的影响比较明显,这是由于相邻板支座的影响增强的缘故。

2 厚板等效宽度取法的建议

综上所述,对厚板转换层等效为交叉梁系的处理,应根据板的跨度和厚度来确定等效梁的宽度,建议分承受均布线荷载和集中荷载的情况,按如下公式计算:

$$\text{均布线荷载下: } b = \frac{l}{0.496\,61 \times 2\,466.170^{h/l}},$$

$$\text{集中荷载下: } b = \frac{l}{0.565\,54 \times 435.653^{h/l}}.$$

式中,等效梁宽度 b ,厚板跨度 l 和厚板厚度 h 的单位均为 m 。按上述2式计算所得的等效梁宽度不得大于厚板支承柱网的间距和板厚的12倍。

参考文献:

- [1] 王祖华,吴勇明. 多高层建筑中的转换层结构体系[J]. 建筑结构,1994.(12):11-17.
- [2] JGJ3-2002,高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.41.
- [3] 赵西安. 钢筋混凝土高层建筑结构设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992. 348-354.

【责任编辑 李晓丹】