

现浇楼板钢筋对梁端抗弯能力影响的数值分析

王素裹, 杨晨宇

(福州大学 土木工程学院 福建 福州 350108)

摘要: 为了研究实际钢筋混凝土(RC)框架结构中现浇楼板钢筋对梁端抗负弯矩能力的影响,采用有限元 ABAQUS 对一三层 RC 空间框架进行了数值仿真模拟,分析了结构在侧向荷载作用下的裂缝开展情况以及与梁肋平行的板筋沿着楼板宽度方向的应力分布情况。分析结果表明:现浇楼板在梁端抗弯能力中的参与作用对结构的屈服机制具有较大影响,现浇楼板的存在对框架梁端抗弯承载力有着显著的提高,在结构设计过程中应予以考虑。

关键词: RC 框架结构; 现浇楼板; 板筋; 框架梁端实际抗弯能力

中图分类号: TU375.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2012)04-0013-04

0 引言

通过对实际震害下的钢筋混凝土(RC)框架结构进行调查可知,在地震作用下不少框架结构实际出现“强梁弱柱”的破坏形态。而我国结构设计规范对 RC 框架进行抗震设计时,往往要求柱子的抗弯承载能力强于梁的抗弯承载能力,即“强柱弱梁”,用以提高结构的变形能力,防止在强烈地震作用下倒塌。由此可见,实际震害与设计理念上产生了一定的矛盾。一些学者^[1-3]认为在实际带现浇楼板的框架结构中,由于现浇楼板的参与,框架梁的抗弯刚度和抗弯承载力得到了显著的提高;而我国抗震规范^[4] GB 50011—2010 根据框架结构的“强柱弱梁”设计准则进行抗震设计时,没有明确考虑楼板对其产生的影响,这是上述矛盾产生的主要原因。过往的试验研究^[5-7]证明,与框架梁共同参与抗弯作用的楼板钢筋达到屈服强度的只是在有限范围内,而远离框架梁的楼板钢筋应力相对较小,因此现浇楼板中与梁肋平行的板筋参与梁端抗弯作用是有一定有效范围的,即可采用“有效翼缘宽度”来对其参与作用进行衡量。利用 ABAQUS 软件对水平地震作用下的三层 RC 空间框架结构进行仿真模拟,分析现浇楼板中与梁肋平行的钢筋参与梁端抗弯后,对实现“强柱弱梁”设计准则的影响程度。

1 模型简介

采用的三维 RC 空间框架结构模型按照福州地区设防烈度进行设计,其设计资料如下:结构跨度为 4 m × 4 m,纵横各 3 跨,层高为 3 m,共三层,楼板厚度为 100 mm,根据规范规定取梁截面尺寸为 200 mm × 400 mm,柱截面尺寸为 300 mm × 300 mm。根据 pkpm 计算结果,配筋情况如下:

(1) 梁柱钢筋:首层梁的顶部和底部受力筋分别为 2Φ22,二层梁的顶部和底部受力筋分别为 2Φ18,三层梁的顶部和底部受力筋分别为 2Φ16;柱子受力钢筋为 8Φ18;梁、柱箍筋为 Φ8@200,加密区为 Φ8@100。

(2) 楼板钢筋:板底钢筋配双向 Φ8@150,板面钢筋配双向 Φ8@200。荷载施加情况为:楼板荷载均布恒载取为 5.0 kN/m²、活载取为 2.0 kN/m²,梁上折算墙体自重荷载 3.6 kN/m,柱上施加集中力 1 037 kN(按轴压比限值 0.85 计算后扣除板梁承受荷载)。由于模型为对称结构,因此可根据对称条件进行模

收稿日期:2012-10-11

作者简介:王素裹 女 1984 年出生 讲师

基金项目:国家自然科学基金(51208114);福州大学引进人才科研启动基金(XCR-1046);福州大学科技发展基金(2012-XQ-34)

拟,该模型在 ABAQUS 中的模拟方法同文献[1]。侧向荷载施加方向如图 1 所示。

2 结果分析

2.1 结构开裂情况

当侧向荷载作用下结构首层层间侧移达到 90 mm 时,给出模型受拉损伤情况如图 2 所示,受拉损伤情况通过参数 DAMAGET(d_t)体现。由图 2 可知:梁端正弯矩作用之处,框架梁截面下方发生开裂,与之整浇的楼板开裂情况不明显;而梁端负弯矩作用之处发生开裂,与框架梁端相连的楼板位置也发生了开裂,框架梁矩形截面内负弯矩作用处的 d_t 值为 0.99,而与之相连的现浇楼板 d_t 值为 0.95,由此可见,在现浇 RC 框架结构中,与梁整浇的楼板也参与了框架梁端的抗负弯矩作用。

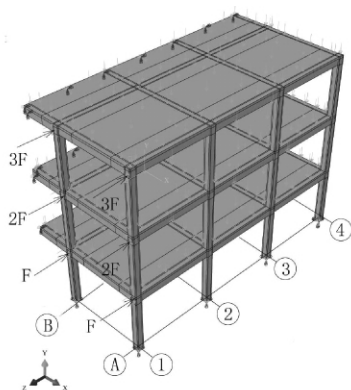


图 1 模型及受荷情况

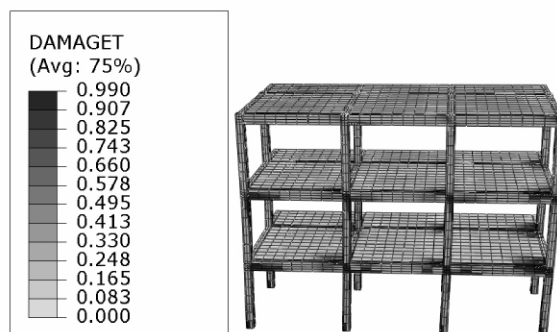


图 2 混凝土受拉损伤参数

除此之外,由图 2 还可知:首层的受拉裂缝开展情况比二、三层更为严重,这是因为结构的基底剪力是由上部各楼层剪力之和得到,下层的剪力等于其上各层剪力之和,因此应用到本三维框架模型中底层框架产生的损伤更为严重,顶层损伤最小,由此可见,本三层 RC 框架结构模型的薄弱层出现在首层,塑性铰率先在首层出现。

2.2 楼板钢筋应力

首层与梁肋平行的板面钢筋应力在不同首层层间侧移下、沿着楼板宽度方向的变化情况,如图 3 所示。由图 3 可知,越靠近框架梁的板面钢筋应力越大,当板面钢筋的位置离框架梁约为 900 mm(即楼板宽度达到 900 mm)时,板面钢筋应力随着首层层间侧移的增加变化趋于平缓。由此可见,楼板参与梁端抗负弯矩作用时,板内钢筋距离框架梁越远,参与程度越小,钢筋应力值越小。

对比图 3(a)、(c)、(e)可知,A 轴③-④跨的框架梁负弯矩作用处对应同一楼板宽度的板面钢筋应力最大,在首层层间位移达到 60 mm(即层间位移角达到 1/50)时,约为 500 mm 宽度范围内的板面钢筋均已达到屈服,而①-②跨和②-③跨对应的板面钢筋应力相近。这是因为在侧向力作用下,根据结构力学原理可知,如图 4 所示,①-②跨和②-③跨对应的梁端负弯矩值 M_2^- 和 M_3^- 相近,而③-④跨的梁端负弯矩值 M_4^- 大于这两跨对应的负弯矩值。若①-②跨和②-③跨对应的梁端负弯矩值进一步增加,则板面钢筋对应的应力值将会相应增大,且在 500 mm 范围内也能同③-④跨一样达到屈服。由此可见,板筋在框架梁端抗负弯矩能力中的参与作用可随着作用在梁端负弯矩值的增大而增加。该结论通过对比 B 轴三跨框架梁对应的板面钢筋应力,即图 3(b)、(d)、(f),亦可得出。

对比图 3(a)、(b)或(e)、(f),即 A、B 轴同一跨位置的板面钢筋应力情况可知,对应同一首层层间位移时,A 轴的板面钢筋应力比 B 轴的大,这是因为模型中 A 轴方向框架梁只有一侧与楼板连接,而 B 轴方向框架梁两侧均与楼板相连,因此 B 轴框架梁中参与作用的板筋比 A 轴的多,从而使得 B 轴同一楼板宽度处的板筋应力小于 A 轴的板筋应力。给出 A、B 轴在①-②跨和③-④跨负弯矩作用处的梁端矩形截面内梁柱钢筋应力如图 5 所示(图中的“A2 柱”表示图 1 中的 A 轴与 2 轴交点处的框架柱钢筋应力,“A2 梁”表示图 1 中的 A 轴与 2 轴交点处负弯矩处的框架梁钢筋应力,其余图例同此编号规则),由图可知,B

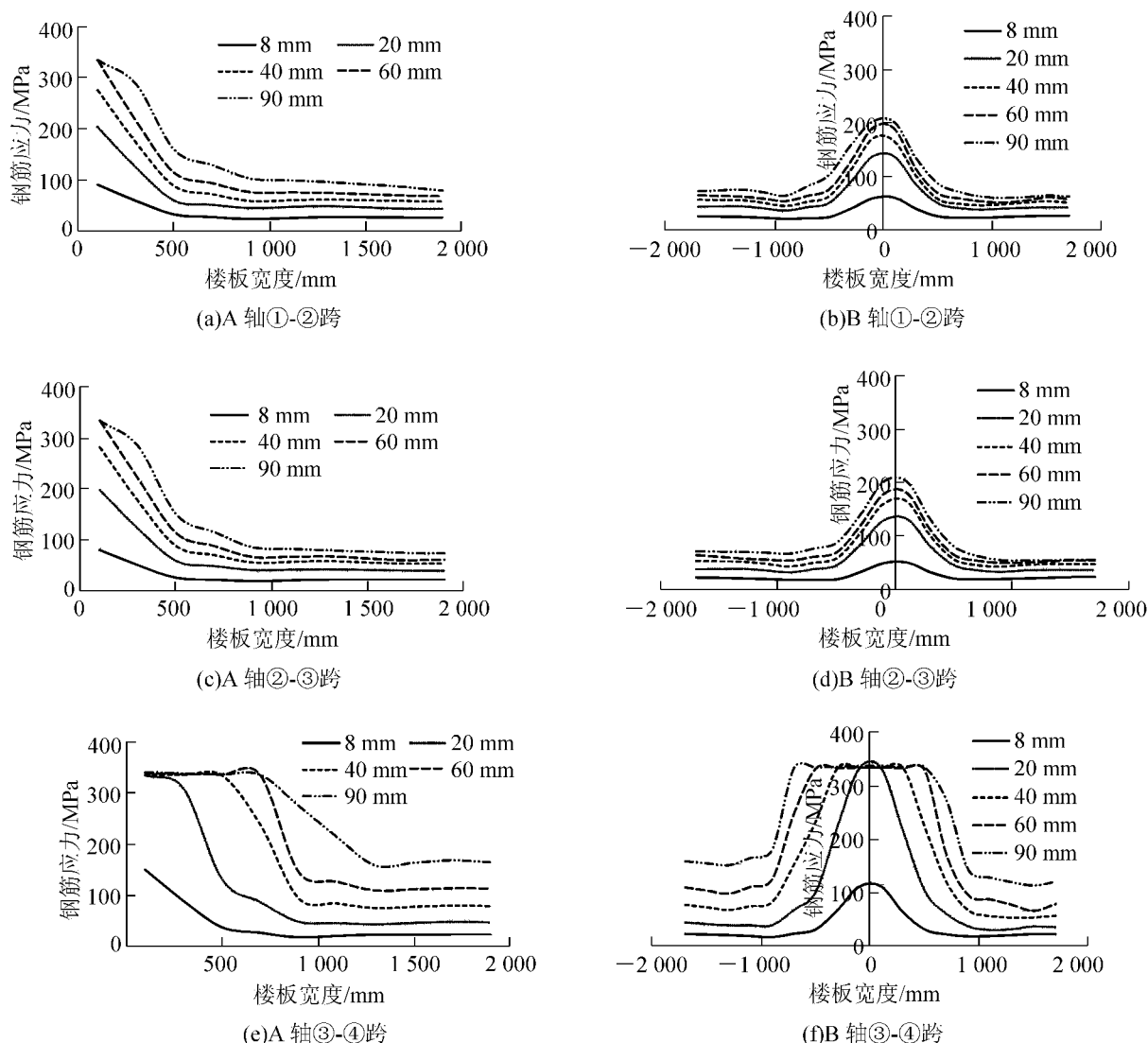


图3 首层框架梁端负弯矩处板面钢筋应力图

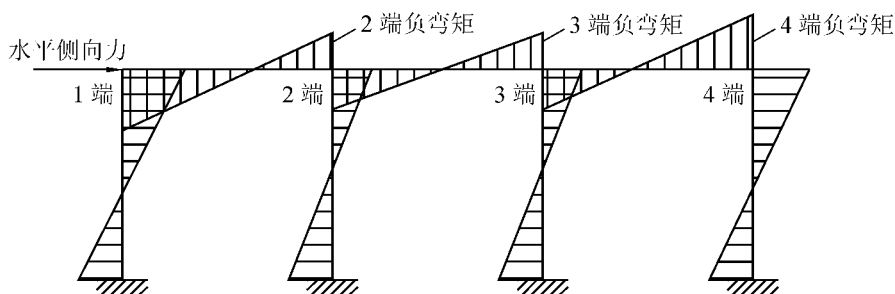


图4 框架结构受力简图

轴对应的梁端矩形截面内应力小于 A 轴, B 轴的框架梁比 A 轴的框架梁更晚出现塑性铰, 由图 5(a) 可看出, 在①-②跨位置 B 轴甚至出现了柱端钢筋先于梁端钢筋屈服的情况, 即框架柱先于框架梁出现塑性铰。由此可见, 在抵抗同样大小的负弯矩时, 由于两侧与楼板相连的 B 轴框架梁中楼板参与作用大于单侧与楼板相连的 A 轴框架梁, 因此 B 轴的框架梁比 A 轴更难出现梁端塑性铰。

3 结语

现浇楼板的存在对 RC 框架结构的框架梁端实际抗负弯矩能力影响较大, 通过对一三层 RC 空间框

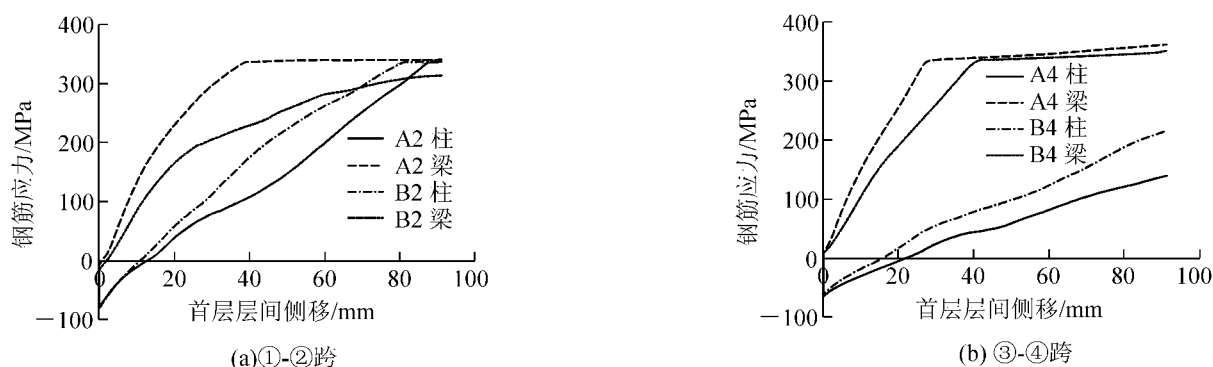


图 5 负弯矩作用处梁柱应力图

架的仿真模拟,研究了现浇楼板中板筋在框架梁端抗弯能力的参与作用和影响方式,通过模拟结果的分析得到以下结论:

(1) 在侧向荷载作用下,RC 框架结构梁端负弯矩作用处,与梁整浇的楼板也参与了框架梁端的抗负弯矩作用。

(2) 楼板参与梁端抗负弯矩作用时,板内钢筋距离框架梁越远,参与程度越小。

(3) 板筋在框架梁端抗负弯矩能力中的参与作用可随着作用在梁端负弯矩值的增大而增加。

(4) 在相同梁端负弯矩作用下,能参与作用的板筋在两侧与楼板相连的框架梁中比单侧与楼板相连的框架梁多,因而两侧与楼板相连的框架梁比单侧与楼板相连的框架梁更难出现梁端塑性铰。

参 考 文 献

- [1]王素裹,韩小雷,季静.现浇楼板对 RC 框架结构破坏形式的影响分析[J].土木建筑与环境工程,2009,31(1):66-71.
- [2]杨小卫,王亚勇.考虑板筋参与梁端承载力贡献的设计方法及抗震性能研究[J].建筑科学,2011,27(7):11-16.
- [3]宋吉荣,何世龙.现浇板钢筋对混凝土框架结构抗震影响分析[J].四川建筑科学研究,2010,36(5):55-57.
- [4]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50011—2010 建筑抗震设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5]王素裹.强震作用下现浇 RC 楼板对框架结构破坏形态影响的研究[D].广州:华南理工大学土木与交通学院,2009.
- [6]蒋永生,陈忠范,周结平,等.整浇梁板的框架节点抗震研究[J].建筑结构学报,1994,15(6):11-16.
- [7]霍林生,李宏男,肖诗云,等.汶川地震钢筋混凝土框架结构震害调查与启示[J].大连理工大学学报,2009,49(5):718-723.

Analysis of Influence of Monolithic Slab Reinforcement on Flexural Behavior of Beams

Wang Suguo, Yang Chenyu

(College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: In order to study the influence of monolithic slab in the actual flexural capacity of beam end in RC frame structures, a 3D, three-story RC frame structure subject to lateral load is simulated by the finite element software ABAQUS. The crack development and the distribution of slab reinforcement stress along slab width direction is investigated. The analysis results show that the failure mechanism of the frame structure is significantly effected by the participation degree of monolithic slab. The resistance to bending moment capacity on the beam ends is improved significantly by the monolithic slab. So the effect of the monolithic slab on the actual flexural capacity of beam end should be considered in frame structure design.

Key words: reinforced concrete frame structure; monolithic slab; slab reinforcement; actual flexural capacity of beam end

(责任编辑 刘宪福)