

文章编号:1673-9469(2009)03-0012-03

型钢混凝土-钢筋混凝土混合结构的静力弹塑性分析

魏翠玲,刘会欣,韩亚强,沈古成

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:静力弹塑性分析(Push-over)是逐渐得到广泛应用的一种评估结构抗震性能的简化方法。型钢混凝土-钢筋混凝土混合结构(SRC-RC)由于其承载能力高、刚度大、延性好及耗能少等优点,在地震区得到了广泛的应用。本文以SRC-RC结构为例,对遭遇罕见地震后可能出现的破坏状况进行了较为精确的Push-over分析,结果显示结构的最大层间弹塑性位移角为1/407,满足在罕遇地震下对薄弱层弹塑性变形的要求。

关键词:静力弹塑性分析;型钢混凝土;能力谱

中图分类号: TU352

文献标识码: A

Push-over analysis of shaped-steel reinforced concrete-reinforced concrete mixed structure

WEI Cui-ling, LIU Hui-xin, HAN Ya-qiang, SHEN Gu-cheng

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: The push-over analysis is a simplified method to evaluating structural anti-earthquake function which is gradually used widely. While the shaped-steel reinforced concrete-reinforced concrete (SRC-RC) structure is often used in the earthquake-stricken areas for its virtues, including high bearing capacity, strong stiffness, excellent ductility and less energy consumption. With method of the push-over analysis, this research concisely analyzed the damage to the SRC-RC structure that might occur after the strong earthquake. The results show that the maximum elastic-plastic story-drift-angle of the SRC-RC structure is 1/407, which meets the requirement for elastic-plastic deformation of the weak storey under a rare earthquake.

Key words: push-over analysis; SRC; capacity spectrum

我国在20世纪50年代的一些工业建筑中就应用了钢骨混凝土结构形式,如包头钢厂主厂房、鞍山钢铁公司的混铁炉基础、郑州铝厂的蒸发车间等。型钢混凝土-钢筋混凝土混合结构(SRC-RC)出现在钢骨混凝土结构之后,是指在结构的关键部位采用型钢混凝土,而其它的结构构件仍采用普通的钢筋混凝土的结构形式,具有刚度大、延性好、抗震能力强、防火、防腐性能好的特点,因而具有广阔的应用前景。

20世纪90年代初美国科学家和工程师提出了基于性能^[1](Performance-based)及基于位移^[2](Displacement-based)的设计方法后,由此衍生的

静力弹塑性分析(push-over)逐渐引起越来越多的学者和设计人员的兴趣^[3,4]。目前,国内外研究人员对钢筋混凝土结构或钢结构进行静力非线性分析的研究较多^[5,6],但对型钢混凝土-钢筋混凝土组合结构进行push-over分析还不多见。本文以一个SRC-RC结构为例进行了全过程的Push-over分析,并在这方面进行了初步的探讨。

1 基本原理

Push-over从本质上说是一种静力弹塑性计算方法,与传统的抗震静力计算方法不同之处在

收稿日期:2009-04-12

基金项目:河北省自然科学基金项目(503392)

特约专稿。

作者简介:魏翠玲(1963-),女,河北衡水人,博士,教授,从事结构与路基路面方面的教学与研究。

于它将设计反应谱引入了计算过程和计算成果的工程解释。它在结构分析模型上施加按某种方式模拟地震水平惯性力的侧向力,并逐级单调加大,构件一旦开裂或屈服,修改其刚度,直到结构达到预定的状态(成为机构、位移超限或达到目标位移)。其大致步骤^[2]是:根据建筑物的具体情况在建筑物上施加某种分布的水平力,逐渐增加水平力使结构各构件依次进入塑性。因为某些构件进入塑性后,整个结构的特性会发生改变,因此又可以反过来调整水平力的大小和分布。这样交替进行下去,直到结构达到预定的破坏(成为机构或位移超限)。这种方法的优点在于:水平力的大小是根据结构在不同工作阶段的周期,由设计反应谱求得,而分布则根据具体结构的振型变化求得。较底部剪力法和振型分解反应谱法,它考虑了结构的弹塑性特征;较时程分析法,其输入数据简单,工作量较小。

2 实施步骤

1) 建立结构的计算模型,构件的物理常数和恢复力模型,计算结构在重力荷载作用下的内力。

2) 确定水平荷载分布形式,常用的有倒三角形分布、均布荷载等,对结构施加单调递增的水平荷载,得到结构的基底剪力-顶点位移关系曲线。

3) 将结构的基底剪力-位移曲线转换为等效单自由度体系的谱加速度-谱位移曲线,即结构的能力谱曲线。然后将加速度反应谱曲线转换为谱加速度-谱位移的形式,即得到结构的弹性需求曲线。结构产生非线性变形后,将引起结构阻尼增加,考虑等效阻尼比对初始的弹性需求谱进行折减,得到弹塑性需求谱。

4) 将结构的能力谱曲线和需求谱画在同一坐标系中,如果能力谱曲线能够通过需求谱曲线的外包络线,则结构在地震作用下是安全的,两者的交点成为性能点。若两曲线没有交点,说明抗震性能不足,必须重新设计。

结构的性能点所对应的目标位移为等效单自由度体系的位移,需通过单、多自由度体系的转换关系,将目标位移转换为结构的顶点位移,根据该位移在原结构基底剪力-顶点位移曲线的位置,可求得对应于该顶点位移时结构各层的位移、层间位移角、各构件端部的变形、塑性铰分布以及结构的薄弱部位等。

3 案例分析

本例中的计算模型为9层型钢混凝土-钢筋混凝土混合结构框架,首层层高3.6m,其它层层高3m,总高度是27.6m,场地类别为Ⅲ类,场地土特征周期为0.45s,抗震设防烈度为8度,抗震等级为1级。采用全框架结构体系,框架等级为2级。楼面采用150mm混凝土板,板采用壳单元模拟,框架梁的尺寸为500mm×250mm,框架柱的尺寸及柱中型钢尺寸如表1所示,梁、柱采用HRB335级钢筋,柱混凝土强度等级C30,梁的混凝土强度等级C20,楼面恒载取4.0kN/m²,活荷载取2.0kN/m²;屋面恒载4.5kN/m²,活荷载取0.5kN/m²^[7,8]。

表1 型钢尺寸表

Tab. 1 Section steel size diagram

柱尺寸	工字钢尺寸				
	L/mm	H/mm	B/mm	t _f /mm	t _w /mm
300×300	220	110	12.3	7.5	4.367
400×400	320	132	15.0	11.5	4.891
500×500	450	150	18.0	11.5	5.750

1) 对该混合结构进行X方向Push-over分析,得到结构底部剪力V和控制位移D的关系曲线,即能力谱曲线,如图1所示。

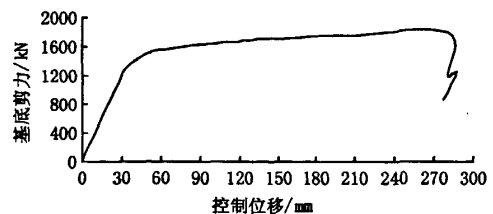


图1 X方向Push-over 分析能力

Fig. 1 Horizontal Push-over analysis capability curve

2) 结构在性能点处的层间位移如图2所示。

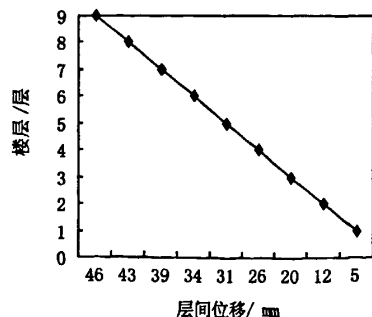


图2 X方向性能点处的层间位移图

Fig. 2 Horizontal engineering properties point Storey-drift-angle displacement diagram

3) 结构在 X 方向性能点处的层间位移角以及层间剪力如图 3、图 4 所示。

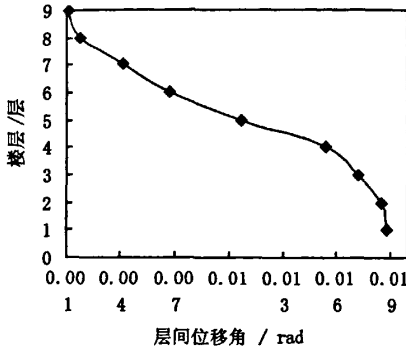


图3 X方向性能点处的层间位移角图

Fig.3 Horizontal engineering properties point Storey-drift-angle

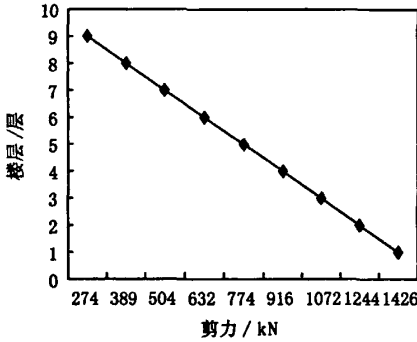


图4 X方向性能点处层间剪力

Fig.4 Horizontal engineering properties point Storey-drift shear

算例中绝大多数的塑性铰先出现在梁上, 开始无论是普通的混凝土柱还是型钢混凝土柱都没有出现塑性铰, 说明该结构符合“强柱弱梁”的设计要求。同时从塑性铰的出现情况可以看出 SRC-RC 结构的性能较好, 即使发生 7 级罕遇地震, 仍能保证人身安全。进行 X 向 Push-over 分析时, 最大层间弹塑性位移角为 1/407, 见表 2, 小于《建筑抗震设计规范》GB50011-2001 规定的混凝土框剪结构弹塑性层间位移角的限值 1/50, 满足规范在罕遇地震下对薄弱层弹塑性变形的要求。

表 2 X、Y 向 Push-over 分析时各步的层间位移及位移角

Tab.2 Storey-drift displacement and storey-drift-angle in the horizontal and the vertical Push-over analysis

楼层 / 层	X 向		Y 向	
	侧移 /mm	层间位移角 /rad	侧移 /mm	层间位移角 /rad
9	45.970 5	1/1 121	56.709 2	1/1 414
8	43.295 2	1/766	54.589 1	1/732
7	39.377 5	1/600	50.491	1/471
6	34.379	1/842	44.126 1	1/644
5	30.816 9	1/659	39.473 9	1/459
4	26.267 3	1/454	32.940 9	1/328
3	19.699 9	1/407	23.807 2	1/317
2	12.343 4	1/415	14.363 4	1/348
1	5.12	1/703	5.758	1/627

4 结论

Push-over 分析可以对 SRC-RC 结构在遭受罕遇地震后可能出现的破坏状况进行较为精确的分析, 结果显示 SRC-RC 结构的性能较好, 能够满足规范对罕遇地震下薄弱层弹塑性变形的要求。

参考文献:

- [1] SEAOC VISION COMMITTEE. Performance-based seismic engineering [R]. Sacramento: Structural Engineering Association of California, 1995.
- [2] 叶燎原, 潘文. 结构静力弹塑性分析(push-over)的原理和计算实例[J]. 建筑结构学报, 2000, 21(1): 37-42.
- [3] 魏翠玲, 邵新刚. T型短肢剪力墙的弹塑性分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2009, 26(1): 40-42.
- [4] MOJEKWU E C. Nonlinear analysis of reinforced concrete frame [D], Austin: University of Texas, 2006.
- [5] 熊向阳, 戚震华. 侧向荷载分布方式对静力弹塑性分析结果的影响[J]. 建筑科学, 2001(10): 8-13.
- [6] 黄立新, 邓子辰, 侯秀慧. 基于精细积分的桥梁移动荷载识别精度分析[J]. 河北科技大学学报, 2008, 29(2): 124-127.
- [7] MARK A, EDGAR F. Black, Yield Point Spectra for Seismic Design and Rehabilitation [J]. Earthquake Spectrum, 2000(16): 317-338.
- [8] BROWNING J. Performance assessment for a reinforced concrete frame building [J]. Earthquake Spectrum, 2000(16): 541-559.
- [9] GB50009-2001, 建筑结构荷载规范 [S].
- [10] 陈基发, 沙志国. 建筑结构荷载设计手册(2版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.

(责任编辑 马立)

型钢混凝土-钢筋混凝土混合结构的静力弹塑性分析

作者: 魏翠玲, 刘会欣, 韩亚强, 沈古成, WEI Cui-ling, LIU Hui-xin, HAN Ya-qiang,
SHEN Gu-cheng
作者单位: 河北工程大学, 土木工程学院, 河北, 邯郸, 056038
刊名: 河北工程大学学报(自然科学版) 
英文刊名: JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING (NATURAL SCIENCE EDITION)
年, 卷(期): 2009, 26 (3)
被引用次数: 2次

参考文献(10条)

1. Performance-based seismic engineering 1995
2. 叶燎原;潘文 结构静力弹塑性分析(push-over)的原理和计算实例[期刊论文]-建筑结构学报 2000(01)
3. 魏翠玲;邵新刚 T型短肢剪力墙的弹塑性分析[期刊论文]-河北工程大学学报(自然科学版) 2009(01)
4. MOJEKWU E C Nonlinear analysis of reinforced concrete frame 2006
5. 熊向阳;戚震华 侧向荷载分布方式对静力弹塑性分析结果的影响[期刊论文]-建筑科学 2001(10)
6. 黄立新;邓子辰;侯秀慧 基于精细积分的桥梁移动荷载识别精度分析[期刊论文]-河北科技大学学报 2008(02)
7. MARK A;EDGAR F Black Yield Point Spectra for Seisnilc Design and Rehabilitation 2000(16)
8. BROWNING J Performance assessment for a reinforced concrete frame building 2000(16)
9. GBS 0009-2001. 建筑结构荷载规范
10. 陈基发;沙志国 建筑结构荷载设计手册 2004

引证文献(2条)

1. 张俊杰, 何陶 型钢轻骨料混凝土梁正截面受弯裂缝实验[期刊论文]-黑龙江科技学院学报 2009(6)
2. 谭燕秋, 韩旭飞, 史三元, 张宏磊 钢管-钢管混凝土框架结构抗震性能比较[期刊论文]-河北工程大学学报(自然科学版) 2011(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200903004.aspx