SAT-1.307-2-MME-02

Исследование напряженно-деформированного состояния двухэтажной постройки с внутренней перегородкой при статической оттягивающей нагрузке

Собиржон Раззаков, Абдусаттор Холмирзаев, Султонбой Абдурахмонов, Равшанбек Мавлонов

Investigation of stress-strain state two-storey building with internal partitions under static pulls load

Sobirjon Razzakov, Abdusattor Holmirzaev, Sultonboy Abdurakhmonov, Ravshanbek Mavlonov

Abstract. *The results of the analysis of the stress-strain state of a two-storey building with an internal partition with bearing brick walls and brick walls reinforced with frames on the perimeter walls. The calculations are based on a spatial model and its finite-element sample flat and beam elements.*

Keywords*. The spatial model, stress-strain state, brick wall, frame, movement, tension, concrete, wood, partition, pulls static load*

Подобно исследованиям, проведенным для одноэтажного сооружения, исследуется влияние установки каркаса на напряженно-деформированном состоянии двухэтажного здания при статической оттягивающей нагрузке, приложенной по верхнему поясу. Для возможности сравнения получаемых результатов, величина нагрузки также выбиралась равной P=25 кН с направлением перпендикулярным продольной оси здания. Вес здания с учетом веса кладки и веса перекрытия составляет Q=1500 кН, т.е. в 6 раз больше приложенной горизонтальной нагрузки. Полученная деформация постройки с несущими стенами и с каркасом при P=25 кН в масштабе (1:500) показана на рис.1а,б.

а) б)

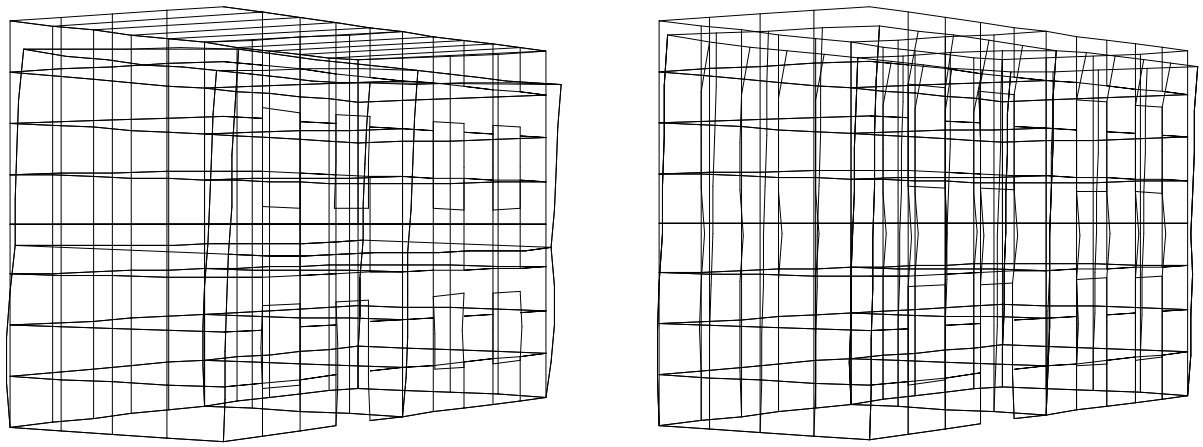
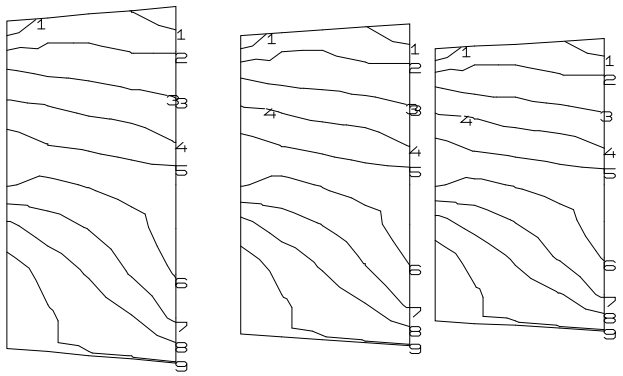


Рис.1. Деформированное состояние двухэтажной постройки при статической нагрузке на уровне верхнего перекрытия в поперечном направлении P=25кН и с учетом собственного веса: без каркаса - а и с каркасом - б. Масштаб 1:500

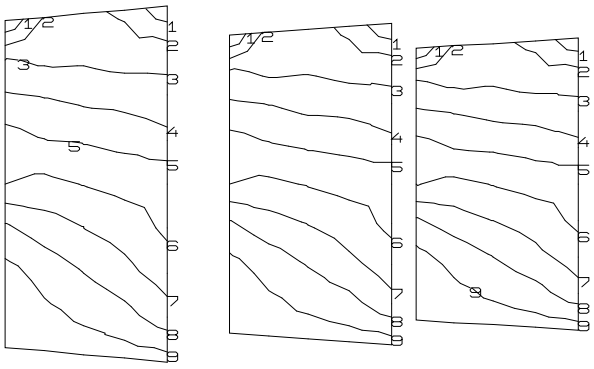
Каркас, как и в случае одноэтажной постройки, значительно уменьшает деформацию сооружения (рис.1а и рис.1б), причем и с каркасом и без него вертикальные смещения перекрытия превосходят горизонтальные, что объясняется шестикратным превышением собственного веса оттягивающей горизонтальной нагрузки. Рассматриваемая модель здания принимается линейно упругой, а для

таких систем справедлив принцип суперпозиции, т.е. перемещения от совместного действия двух нагрузок - собственного веса и оттяжки - можно принимать как сумму перемещений от каждого из нагружений в отдельности[1-4]. Представим эпюры горизонтальных смещений в направлении приложенной нагрузки для двухэтажного строения без каркаса (рис.2а) и с каркасом (рис.2б,в). Максимальные значения в верхнем уровне поперечных стен в здании без каркаса составляют 0,57 мм, при установке деревянного каркаса горизонтальные перемещения уменьшаются до 0,36 мм, а наличие бетонных стоек в качестве каркаса уменьшает перемещения еще больше - до 0,31мм.

а) 0,0 мм - (9)
0,06 мм - (8)
0,13 мм - (7)
0,2 мм - (6)
0,3 мм - (5)
0,35 мм - (4)
0,4 мм - (3)
0,45 мм - (2)
0,5 мм - (1)
макс смещение - 0,57мм



б) 0,0 мм - (9)
0,05 мм - (8)
0,1 мм - (7)
0,14 мм - (6)
0,17 мм - (5)
0,2 мм - (4)
0,24 мм - (3)
0,28 мм - (2)
0,32 мм - (1)
макс смещение - 0,36мм



в) 0,03 мм - (9)
0,06 мм - (8)
0,09 мм - (7)
0,13 мм - (6)
0,16 мм - (5)
0,19 мм - (4)
0,22 мм - (3)
0,25 мм - (2)
0,28 мм - (1)
макс смещение - 0,31мм

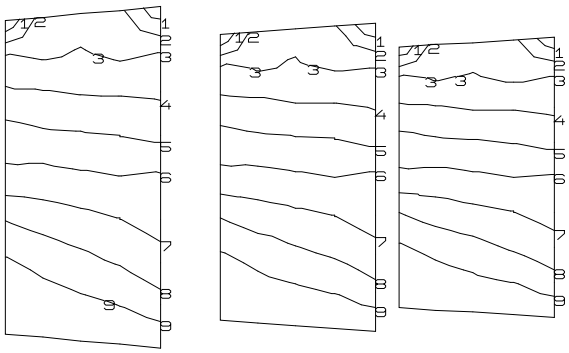


Рис.2.Эпюры горизонтальных смещений в двухэтажном здании: с несущими кирпичными стенами (а) и с каркасом (б - деревянным; в - бетонным) при оттягивающей нагрузке P=25 кН

Сравнительный анализ результатов на рис.2а,б,в показывает, что наличие каркаса повышает устойчивость стен, уменьшая их деформацию в 1,5 раза по сравнению с кирпичными стенами не усиленными каркасом. Наибольшей деформации подвергаются верхние части стен на стыках с верхним перекрытием. Для выяснения вопроса возможно ли выпадение кладки в результате наклона

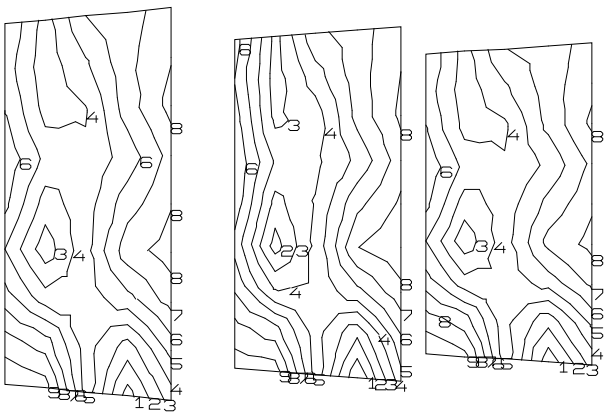
каркаса, вызванного перемещением перекрытия, необходимо проверить условие эксплуатационной пригодности конструкции здания с ненесущими элементами из хрупкого материала (кирпичной кладки), прикрепленными к несущим конструкциям (каркасу) [5-6], относительное перемещение верха здания к его высоте не должно превышать 1/200. т.е. u_{max}/H<1/200. В нашем случае при наличии каркаса u_{max}/H составляет 0,0003/6=0,00005, т.е. при заданной горизонтальной статической нагрузке в поперечном направлении P=25 кН деформации конструктивной системы не превосходят допустимые при обоих рассмотренных каркасах.

В отличии от одноэтажного здания, здесь наличие междуэтажного перекрытия меняет картину распределения перемещений в плоскости поперечных стен не усиленных каркасом: выше перекрытия перемещения равномерно распределяются по высоте стены. а ниже - линии одинаковых перемещений распределяются вдоль диагонали (рис.2а). Наличие жесткого каркаса приводит к равномерному росту перемещений по высоте (рис.2в).

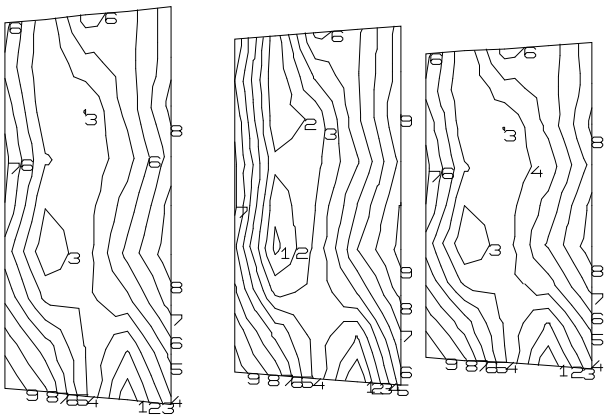
Как было отмечено выше, поскольку расчет производится в упругой постановке, то изменение нагрузки приводит к пропорциональному изменению перемещений, не меняя характер их распределения по периметру здания. Поэтому результаты приводятся только для одного значения нагрузки, а именно для P=25кН.

Изолинии касательных напряжений в стенах поперечного направления здания без каркаса и с каркасом при оттягивающей нагрузке P=25 кН представлены на рис.3, откуда видно, что изолинии наибольших касательных напряжений в неусиленных каркасом стенах располагаются по диагонали стен первого этажа здания. Величина максимальных напряжений здесь достигает величины 0,01 МПа. В стенах же, усиленных каркасом, максимальные касательные напряжения достигаются в центральном вертикальном сечении поперечных стен и равны 0,006-0,007 МПа, что на 30-40% меньше, чем в стенах без каркаса. И хотя наличие междуэтажного перекрытия сглаживает четкую вертикальную направленность изолиний касательных напряжений, которая наблюдалась в одноэтажной постройке, однако с увеличением жесткости каркаса изолинии равных касательных напряжений приобретают вертикальный характер. что свидетельствует об уменьшении перекоса стен с каркасом по сравнению с неусиленными стенами.

а) 0,001 МПа - (9)
0,0 МПа - (8)
-0,002 МПа - (7)
-0,003 МПа - (6)
-0,004 МПа - (5)
-0,005 МПа - (4)
-0,006 МПа - (3)
-0,008 МПа - (2)
-0,009 МПа - (1)
$\{\tau_{xy}\}_{max}$ =-0,01МПа



б) 0,0 МПа - (9)
-0,001 МПа - (8)
-0,0019 МПа - (7)
-0,0027 МПа - (6)
-0,0034 МПа - (5)
-0,0042 МПа - (4)
-0,005 МПа - (3)
-0,0058 МПа - (2)
-0,0065 МПа - (1)
$\{\tau_{xy}\}_{max}$ =-0,0073МПа



в) 0,0 МПа - (9)
-0,0015 МПа - (8)
-0,002 МПа - (7)
-0,0027 МПа - (6)
-0,0032 МПа - (5)
-0,0038 МПа - (4)
-0,0044 МПа - (3)
-0,0050 МПа - (2)
-0,0055 МПа - (1)
$\{\tau_{xy}\}_{max}$ =-0,0061МПа

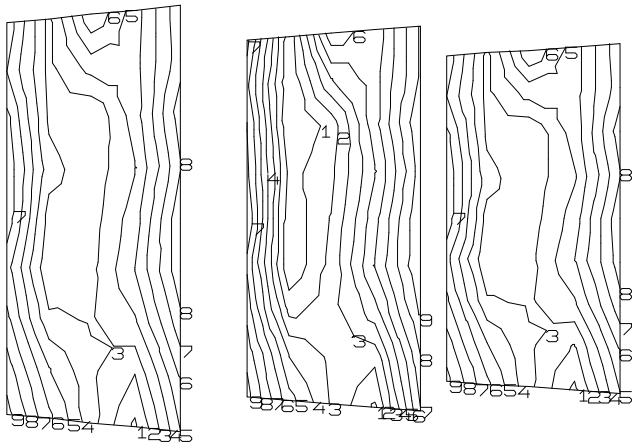


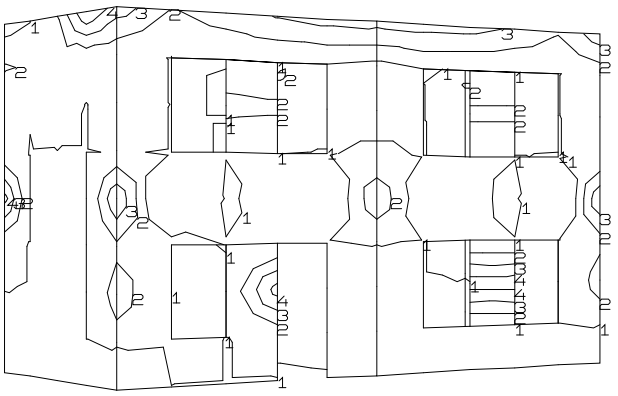
Рис.3. Эпюры касательных напряжений в поперечных стенах без каркаса (а) и с каркасом (б,в) при нагрузке P=25 кН, приложенной на уровне перекрытия в поперечном направлении.

Таким образом, при оттягивающей статической нагрузки в уровне перекрытия, установка каркаса в стенах двухэтажного здания позволяет снизить величину сдвиговых напряжений в поперечных стенах с 0,01 МПа до 0,006 МПа, т.е. на 30-40%.

Возникающие при рассматриваемой нагрузке растягивающие напряжения в стенах двухэтажной постройки показаны на рис.4.

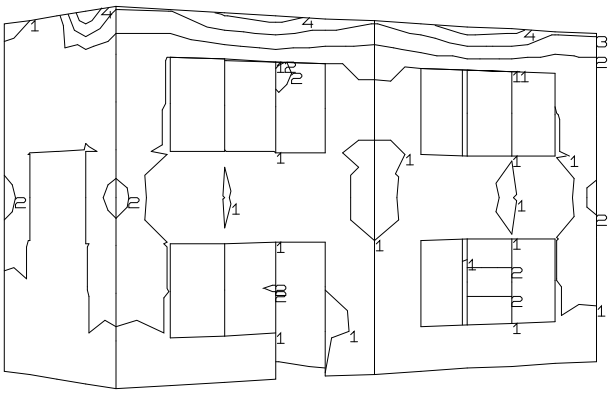
а)

0,009 МПа - (4)
0,006 МПа - (3)
0,003 МПа - (2)
0,0 МПа - (1)
$\{\sigma_x\}_{max}$ =0,014МПа



б)

0,009 МПа - (4)
0,006 МПа - (3)
0,003 МПа - (2)
0,0 МПа - (1)
$\{\sigma_x\}_{max}$ =0,014МПа



в)
0,01 МПа - (4)
0,007 МПа - (3)
0,0035 МПа - (2)
0,00 МПа - (1)
$\{\sigma_x\}_{max}$ =0,014МПа

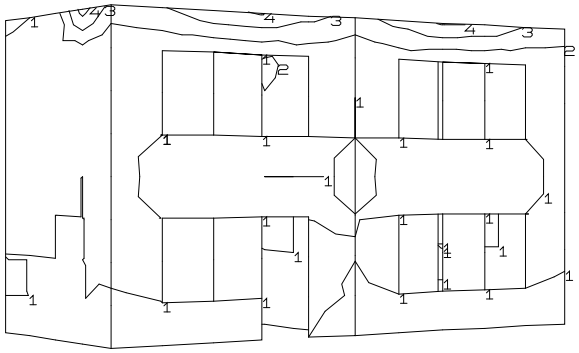


Рис.4. Эпюры растягивающих напряжений в стенах без каркаса (а) и с каркасом (б,в) при нагрузке P=25 кН на уровне перекрытия в поперечном направлении.

Анализируя полученные результаты для растягивающих напряжений можно констатировать, что в целом растягивающие напряжения при рассмотренной статической нагрузке незначительны и их максимальные значения практически не отличаются для здания в целом и концентрируются, в основном в верхней части здания у перекрытия. Однако в здании, не усиленном каркасом, такие наибольшие растягивающие напряжения отмечаются на фасадной стене в простенках между проемами первого этажа. Эти напряжения достигают значений 0,014 МПа (рис.4а). Установка каркаса, не снижая уровня максимальных напряжения в верхней части строения, позволяет значительно снизить растягивающие напряжения в простенках на фасадной стене: до 0,003 МПа (деревянный каркас - рис.4б) и практически до нуля при бетонном каркасе (рис.4в).

Таким образом на основании проведенного анализа динамических характеристик - основных периодов, форм собственных колебаний и анализа напряженно-деформированного состояния двухэтажного здания с внутренней перегородкой при статической оттяжке по уровню перекрытия, действующей в поперечном направлении, и с учетом собственного веса, можно сделать следующие заключение

1. Полученные на основе пространственной модели и численного метода конечных элементов основные периоды и формы собственных колебаний двухэтажного кирпичного здания с несущими стенами и стенами, усиленными деревянными и бетонными стойками, вполне соответствуют данным натурных экспериментов. Наличие каркаса по периметру стен двухэтажного здания не меняет характера основных форм колебаний, но снижает продолжительность соответствующих периодов колебаний. что свидетельствует о повышении жесткости конструкции.

2. При статических нагрузках наличие каркаса значительно уменьшает смещения и напряженно-деформированное состояние двухэтажного здания.

3. Сжимающие напряжения, возникающие в продольных стенах без каркаса при учете собственного веса, увеличиваются к основанию, где они достигают максимальных значений 0.14МПа. Кроме того такие же значения сжимающие напряжения достигают в простенках между проемами в фасадной стене здания. Наличие каркаса позволяет не только в целом снизить максимальные сжимающие напряжения до 0,054 МПа (деревянный каркас) или до 0,029 МПа (бетонные стойки), но и равномерно распределить напряжения по плоскости фасадной стенки.

4. Наибольшие касательные напряжения распределяются по диагонали в боковых стенах первого этажа двухэтажной постройки без каркаса и равны 0.01МПа. Установка каркаса уменьшает степень деформирования здания, особенно его нижней части, в результате чего касательные напряжения в боковых стенах уменьшаются до 0,006 – 0,007 Мпа и приобретают вертикальную направленность.

5. Растягивающие напряжения в здании при оттягивающей нагрузке P=25 кН в целом невелики и возникают в верхних уровнях стен, где их величина составляет 0,014 МПа. В здании, не усиленном каркасом, такие растягивающие напряжения отмечаются и на фасадной стене в простенках между проемами первого этажа. Установка каркаса, не снижая уровня максимальных напряжения в верхней части строения, позволяет значительно снизить растягивающие напряжения в простенках на фасадной стене практически до нуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Handa K.H. Inplane vibration of box-type structures. / K.H.Handa // Journal of Sound and Vidration. – 1972, - №21(2). - P.107-114.
2. Zienkiewicz O.C. Three-dimensional analysis of buildings composed of floor and wall panels / O.C. Zienkiewicz // Proc.Inst.of Civil Engeneers.-1971,v.49, -P..319-332.
3. Макеев В.В. Статический расчет зданий из объемных блоков методом конечных элементов : автореф. дис.… канд.техн.наук / В.В.Макеев.- Москва, 1975. – 30 с.
4. Постнов В.А., Хархурим И.Я. МКЭ в расчетах судовых конструкций / В.А.Постнов , И.Я.Хархурим – Л.: Судостроение, 1974.- 342 с.
5. Жилые и общественные здания. Краткий справочник инженера-конструктора. Ред. Дыховичного Ю.А. - М.: Стройиздат,1991, 656 с.
6. Razzaqov S.J. The earthquake-resistance and stability of buildings and structures built from clay. Moderner Lehmbau 2003. Nachhaltiger Wonungsbau-Zukunft Okologisches Bauen. Fraunhofer IRB Verlag. Auferstehungs-kirche-Berlin, Germany.- S. 158-169