



The Effect of Nonlinear Deformation of Shear Bonds on the Distribution of Vertical Stresses in Multi-Storey Buildings

Valery Lyublinskiy, Kenan Alzaibak and Khayriyeh Alwaz

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

October 20, 2020

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СВЯЗЕЙ СДВИГА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

В.А. Люблинский¹, К. Алзайбак¹, Х. Алваз¹

¹Московский государственный строительный университет, Россия,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

e-mail: lva_55@mail.ru

e-mail: eng.kenan.alzaibak@gmail.com

e-mail: khayriyehalwaz@gmail.com

Аннотация. Математические модели несущих систем многоэтажных зданий в большинстве случаев руководствуются упругой работой несущих элементов и соединяющих их соединений. В тоже время, они не позволяют достаточно точно определить реальное состояние системы здания, особенно в несущих системах большой высоты со значительными вертикальными и горизонтальными нагрузками. В зданиях малой этажности вертикальная жесткость несущих конструкций относительно велика по сравнению с горизонтальной площадью здания, работа элементов этих конструкций ограничивается упругой стадией (стадией линейных деформаций). В случае высоких зданий их осевая и изгибная жесткость относительно невелика по сравнению с высотой и горизонтальной площадью. Напряжения и деформации в зданиях такого типа связаны нелинейными зависимостями более близкими к реальной работе вертикальных несущих конструкций и связей, соединяющих их в единую пространственную систему. Эти связи (связи сдвига) подвержены большей деформируемости, из-за их небольшой жесткости, по сравнению с жесткостью стенок, с которыми они соединены.

Целью представленной работы является исследование поведения сдвиговых связей влияющих на изменения распределения напряжений и деформаций в вертикальных конструкциях, а также сравнение этих напряжений и деформаций с линейной постановкой при которой податливость связей является константой.

Ключевые слова: связи сдвига, стены сдвига, пластичность, железобетон, физическая нелинейность.

Введение

Несущие конструкции, имеющие один вертикальный шов и, следовательно, один ряд поперечных соединяющих элементов, называются односвязными, два ряда звеньев - двусвязными и т. д. [1]. Если бы соединения были шарнирными, то каждая вертикальная несущая конструкция деформировалась бы сама по себе, а соединения, вращаясь без опоры, оставались бы горизонтальными [1]. Реальные соединения (связи) сопротивляются изгибу и сдвигу, вертикальные конструкции в составе системы получают дополнительные усилия и деформируются. Местные моменты и усилия сдвига возникают в уровнях контакта связи с вертикальными конструкциями. Усилия сдвига Q_{ij} от связей накапливаются по длине вертикальной конструкции и создают в ней нормальную силу N_i . Эти силы не следует смешивать с продольными силами (рисунок 1), которые создаются в этих элементах от вертикальной нагрузки, приложенной непосредственно к ним) [1]:

$$N_i(x) = \sum_{j=1}^q Q_{ij} \quad (1)$$

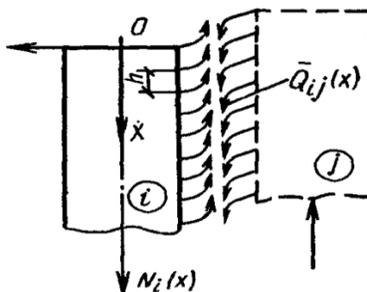


Рис. 1. - К определению зависимости между N_i и Q_{ij} в односвязной конструкции

Величина N_i зависит от типа и жесткости сдвиговых связей, жесткости всей несущей системы, ее геометрии, нагрузки. Связи обладают большей деформативностью по сравнению с жесткими вертикальными конструкциями и вместе с тем оказывают существенное влияние на формирование напряженно-деформированного состояния всей несущей системы многоэтажного здания [2-4].

Нелинейное деформирование связей сдвига приводит к перераспределению напряжений и деформаций в элементах конструкции, особенно в зонах, где возникают существенные

напряжения и большие деформации, а связи сдвига находятся в пластической области или близкой к ней [5-7].

Материал и методы исследований

Было рассмотрено монолитное многоэтажное здание, показанным на рисунке 2.

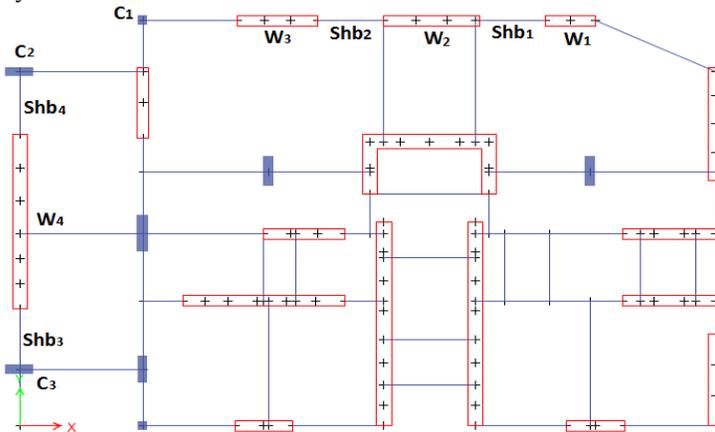


Рис 2. Расчетная схема здания.

Здание состоит из 12 этажей и подвального и чердачного помещений. Использовался бетон типа В25, стены толщиной 30 см соединялись перемычками с размерами поперечного сечения 20 на 40 см и длиной 2 м, колонны приняты размером 40 на 40 см.

На здание действовали постоянные, временные и ветровые нагрузки. Расчет производился с помощью программного комплекса ETABS на основе метода конечных элементов. Для стен принят конечный элемент типа оболочки, для связей – упругий элемент, жесткость которого уточнялась на каждом этапе расчета. Основание здание принималось недеформируемым.

Рассмотрим стены w1, w2 и w3, нумерации которых указана на рисунке 1. На рисунках 3 и 4 приведены вертикальные деформации и напряжения, образовавшиеся в элементах в результате расчета здания при постоянстве жесткостей элементов несущей системы.

Для корректировки значения модуля сдвига была использована экспериментальная диаграмма деформации «Q-Δ» [8]. Использовался секущий модуль для определения жесткости K для связей типа перемычек. Нагружение производилось шаговым методом (Рис. 5.) при практически нулевой податливости до момента возникновения пластического шарнира в одной из связей.

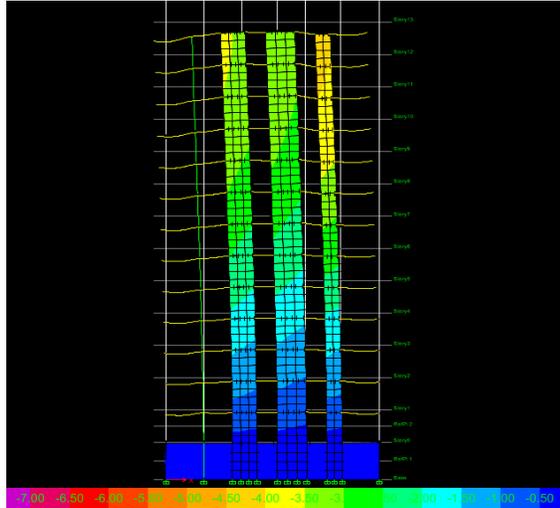


Рис 3. Вертикальные деформации стен (1,2,3) в результате линейного расчета.

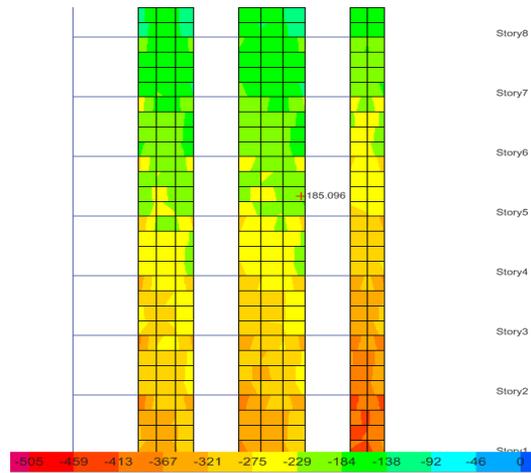


Рис 4. Вертикальные напряжения в стенах (1,2,3) в результате линейного расчета

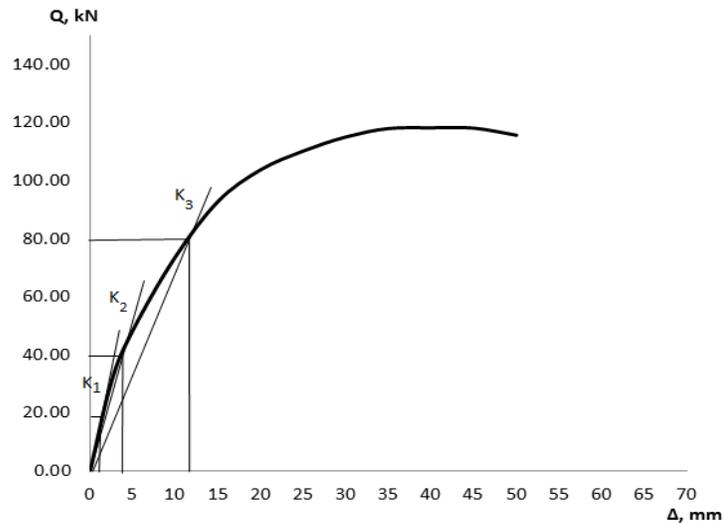


Рис. 5 Экспериментальная диаграмма деформирования связи сдвига

Результаты и проблематика

Было рассмотрено поведение конструкций здания с учетом нелинейного изменения жесткости поперечных связей при последовательном нагружении. При нагружении фиксировались сдвигающие усилия и соответствующие деформации. Итоговое поэтажное состояние связей сдвига, обозначенных на схеме Shb1, Shb2, Shb3, в виде диаграмм деформирования приведено на рисунках 6,7,8.

Отчетливо видно из диаграммы для Shb1 (рис. 6.), что связи сдвига на пятом и выше этажах, работают в пластичной области, и нелинейное деформирование перемычек приводит к интенсивному перераспределению усилий на смежные вертикальные конструкции. Количество связей верхней части здания, находящихся в пластической стадии, является следствием интенсивного перераспределения сдвигающих усилий и по высоте связи. Связи Shb2 и Shb3 работают в упругом поле. Дальнейшее нагружение было остановлено. Требуют уточнения вопросы деформирования железобетонной конструкции, состояние бетона, продольной и поперечной арматуры, развитие и раскрытие трещин. Коэффициенты жесткости (податливости) связей сдвига, определенные по экспериментальным данным, нуждаются в дополнительном обосновании.

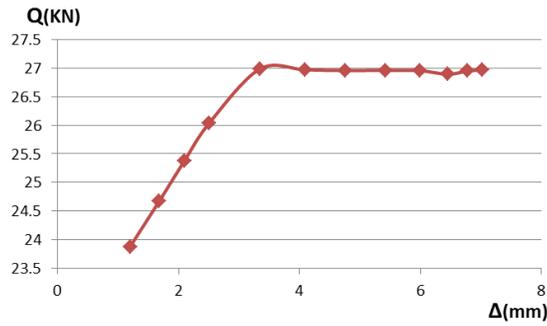


Рис 6. Диаграмма деформации и силы сдвига сдвиговой связи (Shb1)

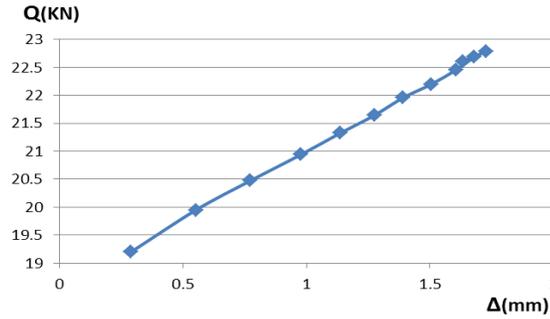


Рис 7. Диаграмма деформации и силы сдвига сдвиговой связи (Shb2)

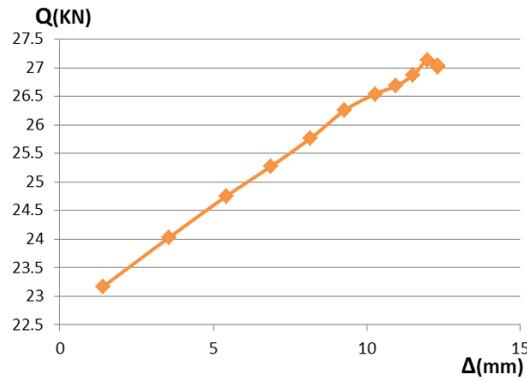


Рис 8. Диаграмма деформации и силы сдвига сдвиговой связи (Shb3)

Увеличение сдвигающих усилий приводит появлению дополнительных сжимающих усилий и растягивающих напряжений (в дополнение к напряжениям от внешней нагрузки) в стенах здания. На

рисунке 9 приведен фрагмент эпюры нормальных напряжений в уровне первого этажа при жесткости $K3= 1.67E^6$ кН/м.

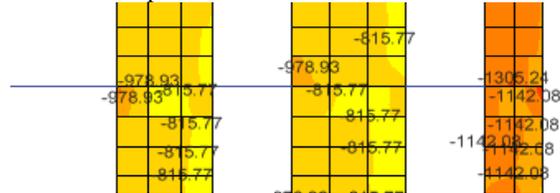


Рис 9. Напряжения стенок W1, W2, W3 для K3

На рисунке 10 приведен этот же фрагмент при начальной жесткости $K1= 5,0E^6$ кН/м. Для стенки W1 изменение напряжения в уровне первого этажа составило 8,9 %.



Рис 10. Напряжения стенок W1, W2, W3 для K1

Общее распределение по высоте здания увеличения сжимающих напряжений от работы связей сдвига несущей системы дано на рисунке 11.

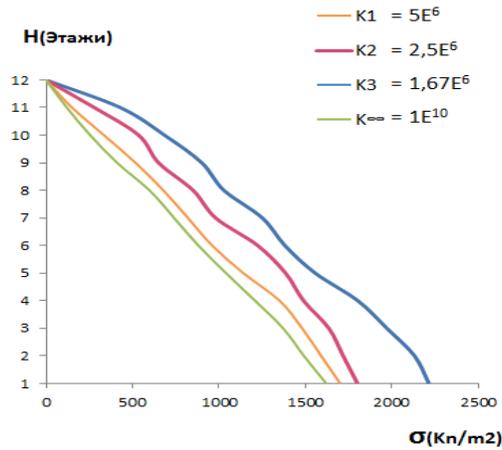


Рис. 11. Схема изменения вертикальных напряжений в стене (W1) в зависимости от изменения жесткости сдвиговых связей (K).

Заключение

С ростом этажности зданий увеличивается внешняя нагрузка, и, следовательно, увеличиваются деформации сдвига в связях сдвига. Пространственная работа связей сдвига является механизмом пространственного перераспределения напряжений в вертикальных конструкциях. Нелинейное поведение связевых элементов имеет значение для определения деформаций и напряжений в вертикальных несущих конструкциях.

Величина изменения вертикальных напряжений в несущих конструкциях в зонах максимальных напряжений достигает 6- 9%.

Список литературы

- [1] Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов /П.Ф. Дроздов//Стройиздат, – М., -1977. – 223с.
- [2] Соколов, Б.С. Прочность и податливость вертикальных стыков стеновых панелей с использованием гибких петель/Б.С. Соколов, Ю.В. Миронова // Жилищное строительство. – 2014. - № 5. - с. 60-62.
- [3] Блажко В.П. Об определение податливости связей при формировании расчетных моделей панельных зданий /В.П. Блажко // Жилищное строительство. – 2017. – №3. – с. 17-21.
- [4] Todut C. Theoretical and experimental study on precast reinforced concrete wall panels subjected to shear force / C. Todut, D. Dan, V. Stoian// Engineering Structures - 2014.-v.- 80, pp 323–338.
- [5] Люблинский В.А. Влияние нелинейного деформирования перемычек на процесс распределения усилий в несущих элементах диафрагмы / В.А. Люблинский, М.В. Томина // Системы. Методы. Технологии. – 2018. – № 2 (38). – С.153-158.
- [6] Тамразян А.Г. К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения /А.Г. Тамразян, И.К. Манаенков // Научное обозрение. – 2015. -№ 8, - с. 87-92.
- [7] Lyublinskiy V.A. The deformability of shear bonds in the load-bearing systems of panel buildings /V.A. Lyublinskiy// Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012159.
- [8] Хола Муса. Нелинейные деформации и предельная несущая способность вертикальных диафрагм монолитных многоэтажных зданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 /. – М.: МИСИ, 1985.- 163с.