

ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТАКАННЫХ СТЫКОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН С ФУНДАМЕНТАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ ЗАПОЛНЕНИЯ

Канд. техн. наук РАК Н. А., инж. САДОВСКИЙ Ю. И.

Белорусский национальный технический университет

В БНТУ проведены экспериментальные исследования стыков колонн с фундаментами стаканного типа с уменьшенной глубиной стакана. Исследования выполнялись на натурных образцах податливых стыков железобетонных колонн с фундаментами рядовых колонн одноэтажных производственных зданий связевой схемы с целью изучения влияния на деформативность стыков материала заполнения стакана (тяжелый бетон, керамзитобетон, асфальтобетон, песок) [1].

Ранее [2] была разработана методика расчета деформаций стаканых стыков железобетонных колонн с фундаментами. В ней совместная работа элементов стыка учитывалась с помощью поперечных связей, жесткость которых определялась исходя из упругой работы материалов и принималась постоянной на всем диапазоне загрузки стыка.

Как показали расчеты, эта методика дает хорошую сходимость с опытными данными в определенном диапазоне изменения изгибающих моментов, зависящем от вида материала заполнения стакана и величины продольной нагрузки. Наилучшее совпадение опытных и расчетных величин деформаций обеспечивается в диапазоне 66...77 % максимального изгибающего момента в уровне верхнего обреза фундамента $M_{\max}$. При меньших значениях изгибающих моментов указанная методика дает завышенные по сравнению с опытом расчетные деформации, а при больших – заниженные. Это указывает на то, что фактическая жесткость стыка является переменной.

Экспериментальные исследования показали, что переменность жесткости стыка обусловлена

нарушением совместной работы материала заполнения стакана с бетонами колонны и фундамента. В связи с этим были рассмотрены несколько вариантов последовательности выключения из работы компонентов стыка, определяющих жесткость поперечных связей (рис. 1).

Показанный на рис. 1а вариант соответствует начальной стадии работы стыка, при котором система «колонна–стакан–материал заполнения стакана» работает совместно. В этом случае жесткость поперечных связей складывается из жесткостей всех трех компонент стыка – колонны, материала заполнения стакана и стенок фундамента. На более поздних стадиях работы стыка начинается нарушение сплошности материала заполнения стакана вследствие накопления микроразрушений.

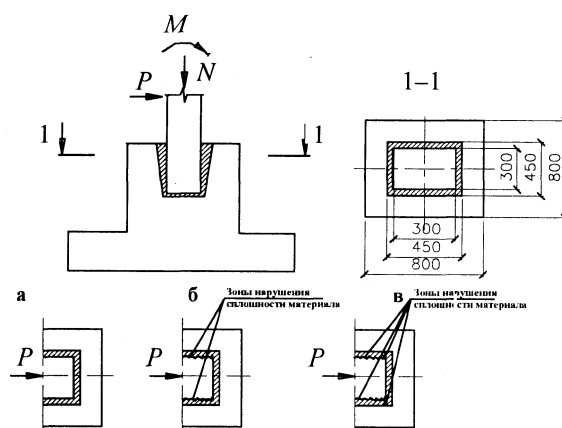


Рис. 1. Возможные схемы нарушения сплошности материала заполнения стакана стыка

На рис. 1б показана схема образования зоны разрушения в плоскости, параллельной плоско-

сти действия поперечной силы P . В данном случае на общую жесткость поперечных связей перестает влиять бетон заполнения стакана в этой плоскости, жесткость уменьшается, что приводит к увеличению угла поворота колонны. Наконец, зона микротрещинообразования может распространиться на бетон замоноличивания стакана в плоскости, перпендикулярной линии действия поперечной силы (рис. 1в). В этом случае общая жесткость поперечных связей становится еще меньше, хотя различие между случаями невелико.

Рассмотренные варианты работы стыков приняты как базовые для вычисления углов поворота, соответствующих изменениям жесткости поперечных связей, которые учтены в составленной программе JCF расчета деформативности стыка. Расчет показал, что ощутимой разницы между 2-м и 3-м случаями практически нет (расхождение в пределах 3...4 %). В связи с этим для дальнейшего анализа приняты только 1-й и 2-й варианты нарушения сплошности материала заполнения. Расчетные диаграммы деформирования, соответствующие им, имеют линейный вид, поскольку жесткость поперечных связей остается для каждого из них постоянной. Однако точки пересечения данных расчетных диаграмм с опытными могут быть приняты в качестве базовых для нахождения параметров аналитической зависимости, описывающей диаграмму деформирования стыка.

Известны различные способы описания диаграмм деформирования стыков аналитическими зависимостями разного вида – линейными, кусочно-линейными либо нелинейными, которые

наиболее полно, на наш взгляд, позволяют учесть особенности деформирования стыков [3]. С нашей точки зрения, наиболее приемлемой к рассматриваемому типу стыков является аппроксимация дробно-линейными функциями. Подобные подходы известны [4]. Кроме того, в отличие от названных выше функций дробно-степенная функция может быть интерпретирована определенной расчетной моделью.

Анализ результатов экспериментальных исследований, выполненных при различных материалах заполнения стакана, показал, что диаграммы деформирования могут быть с удовлетворительной точностью аппроксимированы функцией вида

$$\varphi = \frac{M}{C_0} \frac{1}{1 - \left(\frac{M}{M_u}\right)^n},$$

где φ – угол поворота; M – изгибающий момент; C_0 – начальная изгибная жесткость стыка; M_u – предельный момент, воспринимаемый стыком, при неограниченном возрастании угла поворота; n – параметр, характеризующий динамику изменения жесткости стыка.

Проведенные расчеты показали, что выбор величины этого параметра существенно влияет на вид расчетных диаграмм деформирования и величину начальной жесткости стыка. На рис. 2а показаны расчетные диаграммы деформирования образца с заполнением тяжелым бетоном при разных величинах параметра n . Как следует из рисунка, опытная диаграмма « M – φ » лучше всего аппроксимируется при $n = 3$. Осо-

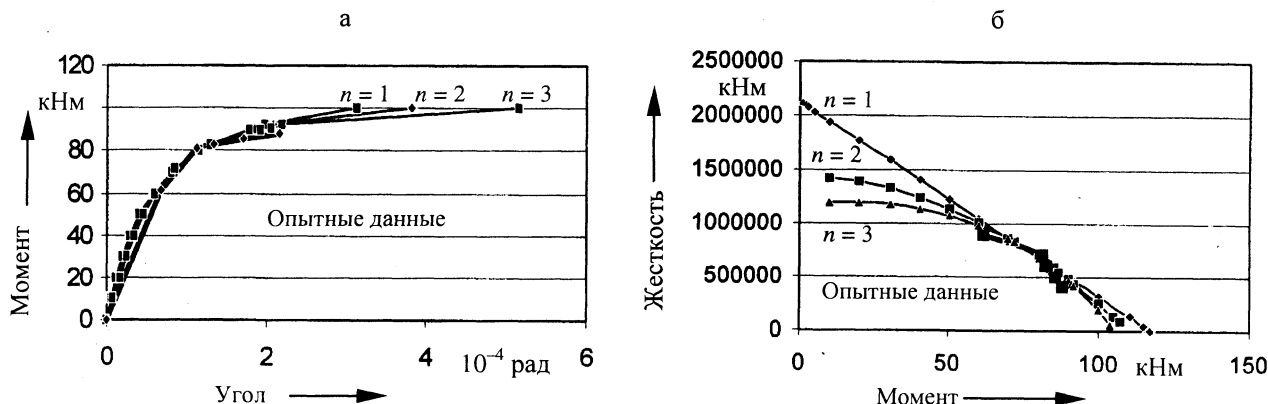


Рис. 2. Сопоставление опытных зависимостей «момент–жесткость» и «момент–угол поворота» с расчетными при различных величинах параметра n при заполнении стакана тяжелым бетоном

бенно прослеживается влияние значения параметра n на величину начальной жесткости стыка и динамику изменения жесткости стыка с увеличением изгибающего момента (рис. 2б).

При величине параметра $n = 3$ по двум базовым точкам диаграммы были найдены C_0 и M_u для стыков с различным материалом заполнения стакана (тяжелый бетон, керамзитобетон, асфальтобетон и песок). Оказалось, что величина начальной жесткости C_0 каждого стыка получилась практически одинаковой при различных уровнях продольной силы N , что позволяет принять ее как независимую от значения продольного усилия. Расчетные величины C_0 и M_u для всех испытанных стыков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материал заполнения стакана	C_0 , кНм	M_u , кНм	
		при $N = 300$ кН	при $N = 800$ кН
Тяжелый бетон	1193,5	106,0	151,7
Керамзитобетон	914,8	103,3	136,4
Асфальтобетон	182,1	49,1	55,5
Песок	153,5	36,1	48,6

Стыки с заполнением стакана тяжелым бетоном и керамзитобетоном оказались наиболее жесткими из всех испытанных и были доведены практически до разрушения, что позволяет вычислить величину предельного момента, воспринимаемого стыком, из условия его разрушения по сечению колонны. В табл. 2 приве-

дены величины $M_{u,col}$ несущей способности стыка, определенные по прочности сечения колонны, и выполнено их сопоставление с величинами M_u . Как следует из приведенных данных, среднее отношение $M_{u,col}$ к M_u по всем загрузкам этих стыков составило 1,03.

Таблица 2

Материал заполнения стакана	При $N = 300$ кН		При $N = 800$ кН		$\frac{M_{u,col}}{M_u}$
	$M_{u,col}$, кНм	M_u , кНм	$M_{u,col}$, кНм	M_u , кНм	
Тяжелый бетон	106	106	150	151	1,00
Керамзитобетон	106	103	150	136	1,06

Для стыков с заполнением стакана асфальтобетоном или песком определение предельного разрушающего момента по условию разрушения по сечению колонны оказалось в принципе невозможным, поскольку, как показали экспериментальные исследования, максимальная величина изгибающего момента в стыке достигалась при неограниченном возрастании деформаций стыка и последующей потере его работоспособности.

Сопоставление расчетных (пунктирная линия) и экспериментальных (сплошная линия) диаграмм деформирования для некоторых испытанных стыков показано на рис. 3.

Разработанная методика позволяет с удовлетворительной для практики проектирования точностью прогнозировать диаграмму деформирования стаканных стыков железобетонных

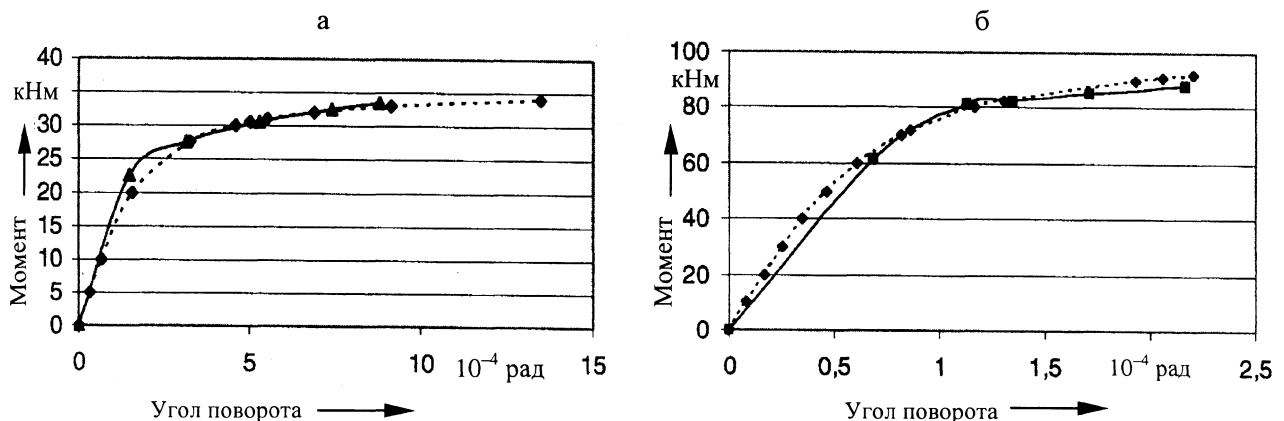


Рис. 3. Сопоставление опытных и теоретических диаграмм деформирования стыков: а – заполнение стакана песком; б – заполнение стакана тяжелым бетоном

колонн с фундаментами при различных материалах заполнения. Ее применение при назначении жесткостных параметров элементов, моделирующих стыковые соединения в расчетной схеме каркаса здания, позволит учесть действительное влияние совместной работы элементов каркаса на его напряженно-деформированное состояние на стадиях возведения и эксплуатации, что имеет важное значение для повышения надежности, долговечности и экономичности зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клевцов В. А., Садовский Ю. И. Деформативность податливых стыков колонн с фундаментами в зда-

ниях с диафрагмами жесткости // Эффективные строительные конструкции зданий и сооружений: Сб. ст. – Мн.: БелНИИС, 1995. – С. 46–51.

2. Рак Н. А. Влияние деформативности узла сопряжения колонны с фундаментом стаканного типа на напряженно-деформированное состояние рам каркасных зданий // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2001. – № 1(7). – С. 99–105.

3. Васильков Б. С., Володин Н. М. Расчет сборных конструкций с учетом податливости соединений. – М.: Стройиздат, 1985. – 144 с.

4. Wald F. Column-base connection // Czech Technical University. – Prague, 1993. – 66 p.

УДК 622.362.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Канд. техн. наук, доц. ШИРОКИЙ Г. Т., ЛИТВИН М. Н.

*Белорусский национальный технический университет,
Открытое акционерное общество «Мозырьсоль»*

В технологии гранулирования пастообразных материалов первостепенное значение имеет получение однофракционного состава сырцовых гранул округлой формы. Как известно, качественным показателем такого состава является коэффициент формы, который в идеальном случае может равняться единице. Однако существующие способы гранулирования пастообразных материалов в нашей стране и за рубежом не позволяют получать гранулы с коэффициентом формы, даже приближающимся к единице. Кроме того, даже в пределах одной технологической линии он может колебаться в довольно широких пределах, что сильно ухудшает однородность получаемого продукта. Это объясняется тем, что используемые в настоящее время грануляторы не обеспечивают как одинаковой скорости истечения пастообразной массы сквозь отверстия фильеры, так и давления прессования, а размеры гранул ограничиваются лишь по диаметру, но не по их длине.

Выходом из создавшегося положения может служить внедрение в технологический процесс гранулирования пастообразных материалов грануляторов нового поколения [1–4], которые позволяют прессовать сырцовые гранулы не только одинаковой формы и размеров в пределах одной технологической линии, но и шаровидной формы с коэффициентом, равным единице. Это уже известные способы гранулирования пастообразных материалов внутри фильеры с помощью сжатого воздуха, устройств отверстий фильеры винтообразной формы и др. Заслуживает внимания и способ формования сырцовых гранул тоже внутри фильеры и с помощью сжатого воздуха, но разделение на гранулы осуществляется в трубках из высокоэластичного материала. Для этого в каждое отверстие фильеры вставляются гильзы, состоящие из наружных и внутренних втулок и заключенной между ними трубки из высокоэластичного материала, через которую продавли-