

После этого можно подсчитать величину абсолютного перемещения элементов.

Выполненные расчеты показали, что в целом такая модель правильно отражает влияние основных параметров на перемещения элементов. В то же время наблюдается некоторое расхождение расчетных значений, полученных на стержневой модели на конечно-элементной модели. Расхождение увеличивается с уменьшением параметра α и увеличением параметра ρ , но не превышают 5-8 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рак Н.А. К построению методики расчета железобетонных конструкций с учетом неоднородности структуры бетона // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2001. – № 1(7) – С. 90-99.
2. Рак Н.А. Расчет нормальных сечений железобетонных элементов с учетом структурной неоднородности бетона // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Сборник трудов VI Международного научно-

методического семинара. – Мн.: УП «Технопринт», 2001 – С. 291-302.

3. Ахвердов И.Н., Смольский А.Е., Сточелас В.В. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона. – Минск: Наука и техника, 1973. – 232 с.
4. Nielsen A. and Monteiro P. Concrete: a three phase material // Cement and Concrete Research. – 1993. – Vol. 23. – P. 147-151.
5. Baker A. A criterion of concrete failure // Proceedings of Institution of Civil Engineers. – 1970. – № 45. – P. 269-278.
6. Reinius E. — Betong. – 1955. – Vol. 40. – № 1.
7. Малашкин Ю.Н. Структурная модель твердого тела и оценка с ее помощью прочностных характеристик бетона // Строительная механика и расчет сооружений. – 1989. – № 2. — С. 24-28.
8. Холмянский М.М. Бетон и железобетон: Деформативность и прочность. – М.: Стройиздат, 1997. – 576 с.
9. Орехов В.Г., Зерцалов М.Г. Механика разрушения инженерных сооружений и горных массивов. – М.: АСВ, 1999. — 328 с.

УДК 624.012.44

Рак Н.А., Аль-Арики Н.

КОНТАКТНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ МЕСТНОМ СЖАТИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ТЯЖЕЛОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

ВВЕДЕНИЕ

Выполненный в работе [1] анализ результатов исследований бетона при местном сжатии показал, что в большинстве исследований изучалась только прочность бетона. Лишь в отдельных исследованиях было уделено внимание деформациям бетона при местном сжатии [2-12]. Причем эти исследования можно условно разделить на две группы.

В исследованиях [2,3], относящихся к первой группе, изучались относительные деформации бетона в области действия сжимающих напряжений в местах расположения несовершенных шарниров. А.С. Курылло и В.Г. Кваша [2] изучали деформации бетона в зоне расположения несовершенного шарнира железобетонной арки. Модели арок сечением 20×15 см были изготовлены из бетона с призменной прочностью 44 МПа. Несовершенные шарниры образовывались путем уменьшения сечения арки до 5×15 см. В опытах при напряжениях в бетоне 136 МПа (более трех раз превышающих его призменную прочность) относительные деформации бетона достигли $11,7 \times 10^{-3}$, что превышает предельную сжимаемость бетона при осевом сжатии более чем в пять раз. При этом видимых признаков разрушения обнаружено не было. Анализ продольных и поперечных деформаций бетона показал, что бетон в шарнире работает в условиях всестороннего сжатия.

А. Griezic, W. Cook, D. Mitchell [3] исследовали опытные образцы несовершенных шарниров колонн в зонах их примыкания к фундаментам. Опытные образцы были изготовлены из бетонов с цилиндрической прочностью 35..39 МПа с одно-сторонней и двусторонней подрезкой сечения. При испытаниях фиксировались относительные деформации бетона в сечении с шарниром, в том числе на ниспадающей ветви диаграммы деформирования. Результаты испытаний показали, что напряжения в бетоне шарнира при разрушении значительно превышают призменную прочность бетона, а относительные деформации бетона в шарнирах с двусторонней подрезкой достигают 20×10^{-3} , что превышает предельные относительные

деформации бетона при осевом сжатии в 8..10 раз. На основании исследований разработаны зависимости для расчета прочности и деформаций бетона в области шарнира.

В исследованиях [4-12], относящихся ко второй группе, изучались так называемые контактные деформации, под которыми принято понимать перемещения жесткого штампа относительно некоторой условной плоскости, расположенной на удалении от плоскости контакта равном глубине активной зоны деформаций.

В.М. Поздников [4] исследовал контактные деформации при кратковременном местном сжатии круглыми штампами фундаментных блоков, изготовленных из бетонов с прочностью на сжатие не более 25 МПа. При испытаниях измерялись полные контактные деформации штампов по отношению к точкам нагружаемой плоскости блока, расположенным на расстоянии, которое значительно превышает размеры штампа.

Ю.В. Коваль под руководством И.А. Русинова [5-8] исследовал контактные деформации при концентричном кратковременном и длительном местном сжатии на призмах и кубах, изготовленных из бетонов различной структуры (бетон на фосфорном щебне с прочностью на сжатие 40 МПа, тяжелый трехкомпонентный бетон с прочностью на сжатие 35...58 МПа). Кроме того, в небольшом количестве исследовались контактные деформации на кубах, изготовленных из мелкозернистого бетона с прочностью на сжатие 67 МПа и тяжелого трехкомпонентного бетона с прочностью на сжатие 73...81 МПа. Поперечные размеры образцов 100×100 мм, 150×150 мм и 200×200 мм. Размеры штампов 50×50 мм, 75×75 мм, 92×92 мм. При испытаниях измерялись контактные деформации штампов по отношению к точкам, расположенным по периметру нагружаемой плоскости образца, а также по отношению к точкам этой плоскости, расположенным непосредственно около граней штампа. Измерения деформаций показали, что полная контактная деформация складывается из двух

Аль-Арики *Набилъ*. Аспирант каф. железобетонных и каменных конструкций Белорусского национального технического университета.

Беларусь, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

составляющих — деформации вдавливания штампа в бетон и деформации искривления нагружаемой плоскости образца за пределами штампа. На основе статистической обработки результатов измерений были предложены многофакторные регрессионные зависимости для определения составляющих полной контактной деформации [8,10].

Lieberum K., Reinhardt H. [9] изучали контактные деформации при концентричном кратковременном местном сжатии круглыми штампами диаметром 13...32 мм бетонных цилиндров диаметром 400 мм и высотой 450 мм, изготовленных из бетонов с прочностью на сжатие 29...57 МПа. При испытаниях измерялись полные контактные деформации штампов по отношению к точкам нагружаемой плоскости цилиндра, расположенным по его периметру. Установлено, что при напряжениях в бетоне под штампом, не превышающих более чем в пять раз прочность бетона на сжатие, зависимость контактной деформации от напряжения остается линейной.

Рак Н.А. [11,12] исследовал контактные деформации опорных участков железобетонных конструкции, изготовленных из бетона с прочностью на сжатие 38 МПа. Была проведена серия из 32 испытаний стальными штампами опытных образцов опорных участков стропильной конструкции, в которых варьировались размеры и расположение штампа, а также вид основания под штампом. Выбор места расположения штампа определялся фактически возможными положениями сжатой зоны бетона стропильной конструкции при работе узлов сопряжения различных плоскостях. Образцы представляли собой фрагменты опорного узла фермы, содержащие в себе все основные его элементы: складные изделия, сетки косвенного армирования, рабочая продольная арматура, конструктивный каркас. При испытаниях измерялись перемещения жесткого стального штампа относительно поверхности образца и деформации бетона на боковых гранях.

Измерения показали, что общая контактная деформация состоит из двух составляющих: контактной деформации погружения и контактной деформации искривления поверхности образца. Доля указанных составляющих зависит от способа опирания штампа (на бетон или стальную пластину, расположенную на бетоне), размеров штампа и его расположения на поверхности образца.

За пределами штампа осадки нагруженной поверхности образца затухают достаточно быстро, а на грани штампа наблюдается резкий скачок перемещений, т.е. происходит как бы погружение штампа в бетон. Рост перемещений точек поверхности происходил с ростом нагрузки достаточно стабильно даже при напряжениях под штампом превышающих призмную прочность бетона. Причем величина погружения штампа (разности средней осадки штампа и осадок прилегающих к нему точек поверхности) также возрастает стабильно. Доля деформаций погружения на протяжении всего испытания остается примерно постоянной, но при одном уровне напряжений существенно зависит от размеров штампа (увеличивается с его ростом). В большом диапазоне напряжений полная осадка и деформации погружения практически линейно зависят от напряжений под штампом.

Характер осадки штампов при опирании на пластину качественно аналогичен полученному при опирании на бетон, но при одном уровне напряжений величины как полных деформаций так и деформаций погружения при опирании штампов на пластины в среднем меньше, чем при опирании на бетон при одинаковых размерах и расположении штампов.

На основании проведенных исследований была разработана методика расчета контактных деформаций при местном сжатии, основанная на расчетной модели основания с двумя коэффициентами постели. Верхний слой расчетной модели состоит из упругих работающих только на сжатие пружин, распределенных по всему сечению образца и накрытых сверху мембраной. В последней выделены две перекрестные лен-

ты, в области пересечения которых находится место приложения нагрузки. Ленты в поперечном своей длине направлении считаются абсолютно жесткими, а в продольном - могут свободно изгибаться. Кроме лент в состав мембраны входят перекрестные гибкие нити, соединенные с кромками лент перпендикулярного направления. Как ленты, так и нити натянуты постоянным горизонтально направленным погонным усилием, а в бесконечности неподвижно закреплены на контуре.

Как следует из приведенного выше краткого обзора исследований контактных деформаций при местном сжатии бетонных элементов практически отсутствуют экспериментальные данные о контактных деформациях для высокопрочных бетонов, в том числе при различных условиях приложения нагрузки (непосредственно на бетон или через стальные пластины).

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На кафедре «Железобетонных и каменных конструкций» Учреждения образования «БНТУ» были проведены экспериментальные исследования [13, 14] контактных деформаций при местном сжатии бетонов с кубиковой прочностью 90 МПа (I и III серия) и 60 МПа (II серия).

Исследования производились на бетонных призмах размерами 100x100x400 мм и 150x150x600 мм, изготовленных в НИЛ промышленного и гражданского строительства УО «БНТУ». Состав бетонной смеси подбирался по «Рекомендациям по подбору составов высокопрочного бетона», разработанным в БелНИИС под руководством проф. Н.П. Блещика.

Для контроля физико-механических характеристик бетона были изготовлены контрольные образцы - неармированные бетонные призмы соответствующего размера и кубы размером 100x100x100 мм. Кубиковая прочность бетона I и III серии составила 83,5-96,5 МПа, а II серии - 62,0-72,0 МПа.

Испытания призм производились в испытательном цехе Отраслевой НИЛ строительных конструкций УО «БНТУ» на прессе мощностью 5000 кН.

При испытании образцов I и II серий нагрузка на образцы прикладывалась на бетон через штампы, имеющие размеры 10x10, 20x20, 40x40, 60x60 мм для призм размерами 100x100x400 мм, а также 15x15, 30x30, 60x60, 90x90 мм для призм 150x150x600 мм. Отношение размера штампа к поперечному размеру призмы изменялось для каждого размера призм в диапазоне от 0,1 до 0,6.

При испытании образцов III серии нагрузка на образцы прикладывалась через штампы, опирающиеся на стальные пластины толщиной 6 и 12 мм. При этом штампы имели размеры 40x40, 60x60 мм для призм размерами 100x100x400 мм, а также 60x60, 90x90 мм для призм 150x150x600 мм. Таким образом, отношение размера штампа к поперечному размеру призмы принято на двух уровнях 0,4 и 0,6.

При испытании с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм измерялись перемещения штампа относительно нагружаемой поверхности, а также условной равномерно деформируемой плоскости образца, расположенной от нагружаемого торца на расстоянии, равном поперечному размеру призмы. С помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм измерялись продольные деформации бетона в средней по высоте зоне призм при базе измерения, равной половине высоты призмы.

Нагружение опытных образцов производилось поэтапно ступенями, с приращением нагрузки на величину, составляющую 10 % от ожидаемой разрушающей нагрузки. После достижения нагрузкой величины, составляющей 60 % от ожидаемой разрушающей, величина приращения нагрузки на этапе нагружения уменьшалась вдвое.

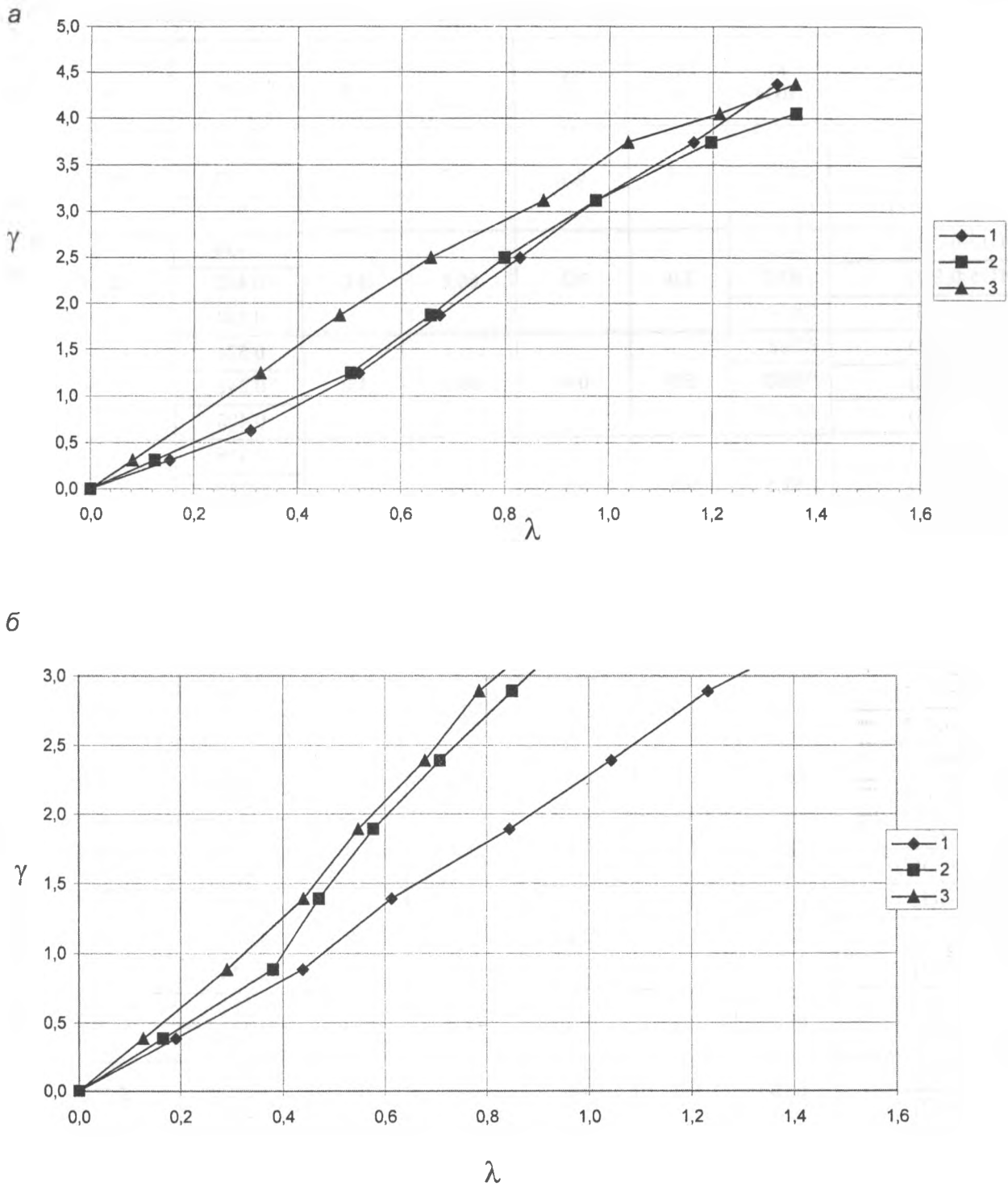


Рис. 1. Зависимость относительной контактной деформации от относительного уровня напряжений для образцов 90П15-0-3 (а) и 60П15-0-3 (б)

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Измерения контактных деформаций показали, что относительные контактные деформации $\lambda = \Delta D_{loc}$ практически линейно зависят от относительных напряжений в бетоне под штампом $\gamma = \sigma/R_b$ (рис. 1).

Основные результаты измерений контактных деформаций, полученные при испытании образцов I и II серий, представлены в таблице 1, а образцов III серии в таблице 2.

Для удобства оценки влияния варьируемых факторов на величину контактных деформаций в таблицах для каждого образца приведены не абсолютные величины контактных деформаций, а относительные величины деформаций (по отношению к поперечному размеру штампа) при напряжениях под штампом, равных призменной прочности бетона. Кроме того, в последнем столбце таблиц 1 и 2 даны средние относительные величины контактных деформаций для образцов-близнецов.

Таблица 1. Основные результаты измерений контактных деформаций при местном сжатии призм из высокопрочного бетона

Шифр образца	R , МПа	D_{loc} , см	β	σ_{Δ} , МПа	γ	$\lambda \cdot 10^2$	$\lambda_m \cdot 10^2$
90П15-0-1,5(1)	89.0	1.5	0,1	71,2	1.0	0.352	0.250
90П15-0-1,5(2)						0.147	
90П15-0-1,5(3)						0.252	
90П15-0-3(1)	83.5	3.0	0,2	66,8	1.0	0.436	0.367
90П15-0-3(2)						0.402	
90П15-0-3(3)						0.264	
90П15-0-6(1)	85.0	6.0	0,4	68,0	1.0	0.528	0.392
90П15-0-6(2)						0.248	
90П15-0-6(3)						0.400	
90П15-0-9(1)	92.5	9.0	0,6	74,0	1.0	0.336	0.306
90П15-0-9(2)						0.280	
90П15-0-9(3)						0.301	
90П10-0-1,0(1)	87.5	1.0	0,1	70,0	1.0	0.181	0.170
90П10-0-1,0(2)						0.158	
90П10-0-2,0(1)	96.5	2.0	0,2	77,2	1.0	0.252	0.297
90П10-0-2,0(2)						0.342	
90П10-0-4,0(1)	87.5	4.0	0,4	70,0	1.0	0.385	0.321
90П10-0-4,0(2)						0.257	
90П10-0-6,0(1)	90.5	6.0	0,6	72,4	1.0	0.232	0.308
90П10-0-6,0(2)						0.383	
60П15-0-1,5(1)	70.0	1.5	0,1	56,0	1.0	0.146	0.192
60П15-0-1,5(2)						0.237	
60П15-0-3(1)	72.0	3.0	0,2	57,6	1.0	0.479	0.402
60П15-0-3(2)						0.401	
60П15-0-3(3)						0.326	
60П15-0-6(1)	62.0	6.0	0,4	49,6	1.0	0.227	0.244
60П15-0-6(2)						0.261	
60П15-0-9(1)	66.0	9.0	0,6	52,8	1.0	0.270	0.263
60П15-0-9(2)						0.256	
60П10-0-1,0(1)	69.0	1.0	0,1	55,2	1.0	0.274	0,256
60П10-0-1,0(2)						0.088	
60П10-0-1,0(3)						0.405	
60П10-0-2(1)	68.5	2.0	0,2	54,8	1.0	0.224	0,252
60П10-0-2(1)						0.279	
60П10-0-4(1)	62.0	4.0	0,4	49,6	1.0	0.511	0.617
60П10-0-4(2)						0.635	
60П10-0-4(3)						0.705	
60П10-0-6(1)	62.0	6.0	0,6	49,6	1.0	0.645	0.501
60П10-0-6(2)						0.356	

Таблица 2. Основные результаты измерений контактных деформаций при местном сжатии при приложении нагрузки через стальные пластины.

Шифр образца	R, МПа	δ , см	D_{loc} , см	β	γ	$\lambda \cdot 10^2$	$\lambda_m \cdot 10^2$
90П15-0-6(1)	85,0	0,0	6,0	0,4	1,0	0,528	0,392
90П15-0-6(2)						0,248	
90П15-0-6(3)						0,400	
90П15-6-6(1)	89,0	0,6	6,0	0,4	1,0	0,284	0,353
90П15-6-6(2)						0,418	
90П15-6-6(3)						0,357	
90П15-12-6(1)	89,5	1,2	6,0	0,4	1,0	0,236	0,251
90П15-12-6(2)						0,250	
90П15-12-6(3)						0,266	
90П15-0-9(1)	92,5	0,0	9,0	0,6	1,0	0,336	0,306
90П15-0-9(2)						0,280	
90П15-0-9(3)						0,301	
90П15-6-9(1)	92,5	0,6	9,0	0,6	1,0	-	0,290
90П15-6-9(2)						0,280	
90П15-6-9(3)						0,299	
90П15-12-9(1)	92,0	1,2	9,0	0,6	1,0	0,245	0,275
90П15-12-9(2)						0,278	
90П15-12-9(3)						0,301	
90П10-0-4(1)	87,5	0,0	4,0	0,4	1,0	0,385	0,321
90П10-0-4(2)						0,257	
90П10-6-4(1)	86,5	0,6	4,0	0,4	1,0	0,275	0,315
90П10-6-4(2)						0,354	
90П10-12-4(1)	86,5	1,2	4,0	0,4	1,0	0,143	0,254
90П10-12-4(2)						0,364	
90П10-0-6(1)	90,5	0,0	6,0	0,6	1,0	0,232	0,308
90П10-0-6(2)						0,383	
90П10-6-6(1)	90,5	0,6	6,0	0,6	1,0	0,241	0,267
90П10-6-6(2)						0,292	
90П10-12-6(1)	90,5	1,2	6,0	0,6	1,0	0,211	0,248
90П10-12-6(2)						0,284	

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ результатов измерений показал, что при изменении относительного размера штампа $\beta = D_{loc}/B$ не наблюдается выраженной зависимости относительных контактных деформаций (рис. 2).

Что касается влияния толщины стальной пластины, то при одинаковых относительных размерах штампов β с увеличением толщины стальной пластины δ наблюдается стабильное снижение величин относительных контактных деформаций λ_m (рис. 3).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тур В.В., Рак Н.А. Прочность и деформации бетона в расчетах конструкций. – Брест, 2003. – 252 с.

- Курылло А.С., Кваша В.Г. Экспериментальное исследование железобетонных арок с несовершенными шарнирами // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1966, № 7. – С. 29–36.
- Griezic A., Cook W., Mitchell D. Stress-Strain Characteristics of Confined Concrete in Column "Hinges" // ACI Materials Journal. – 1998. – V. 95, № 4 – P. 419–428.
- Поздникин В.М. Экспериментальные исследования деформаций бетона под подошвой жесткого штампа // Проблемы архитектурного проектирования промышленных предприятий, зданий и сооружений. – Свердловск, 1973. – С.82–87.
- Коваль Ю.В. Контактные деформации бетонов при кратковременном и длительном местном сжатии: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Киев, 1980. – 232 с.

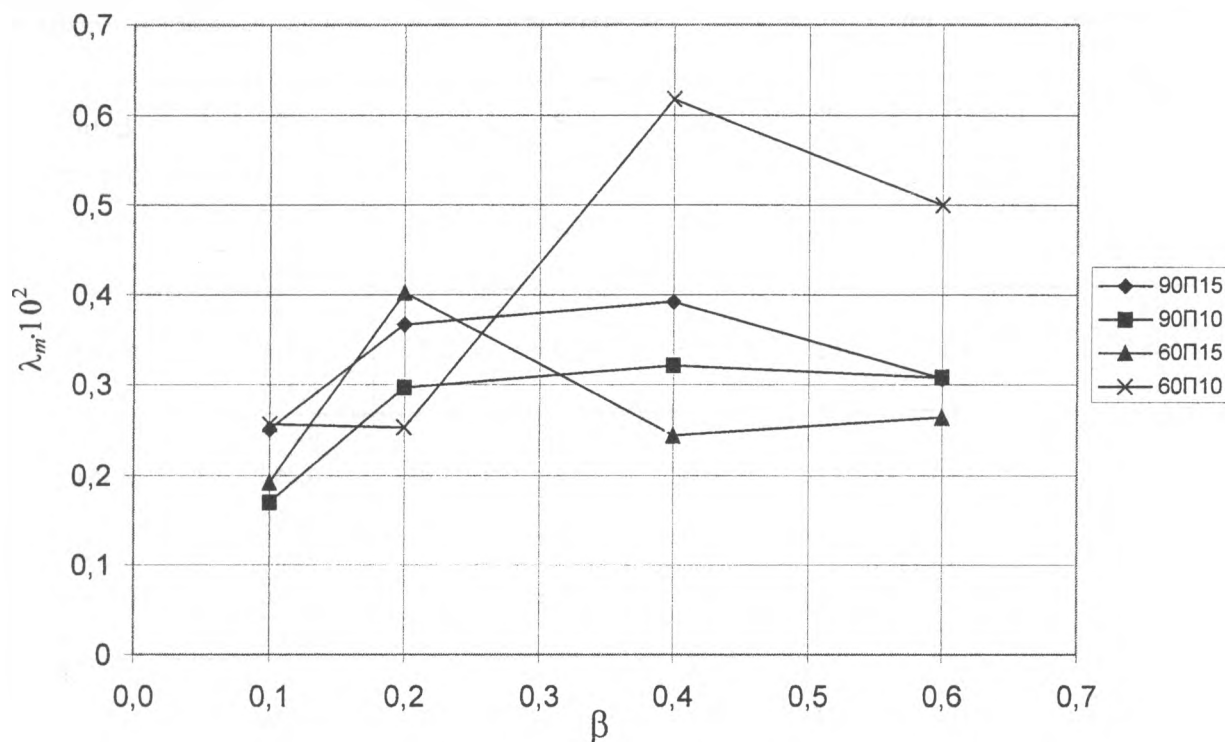


Рис. 2. Зависимость относительной контактной деформации λ_m от относительного размера штампа β

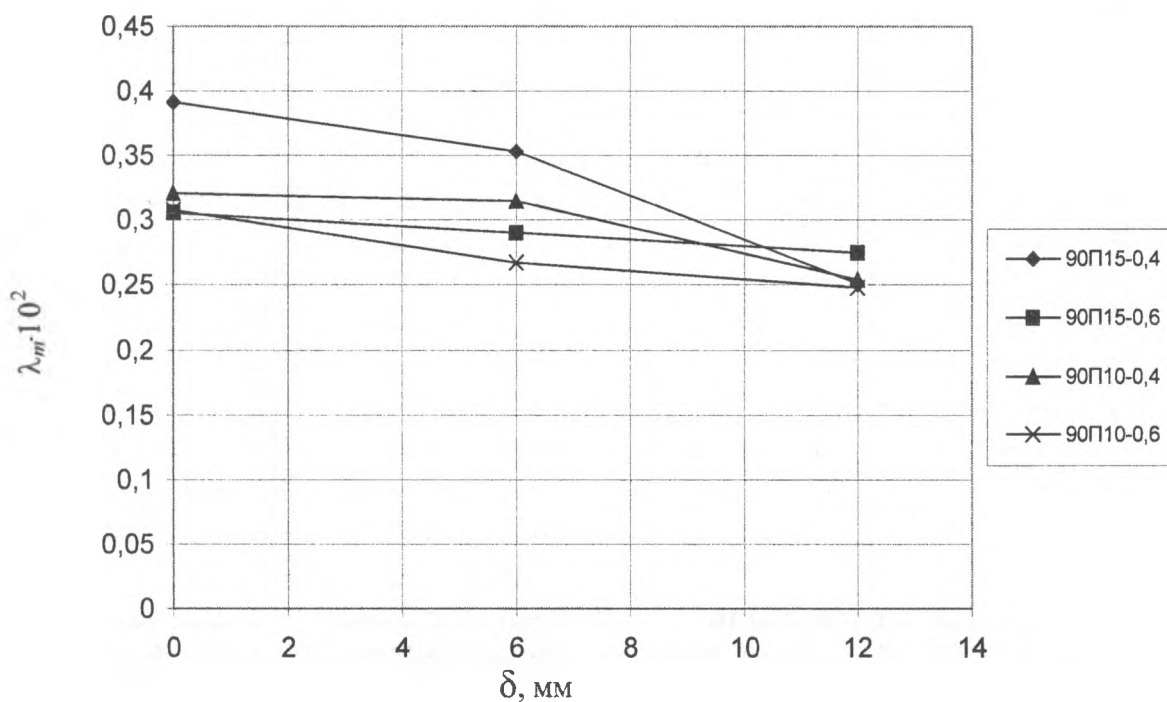


Рис. 3. Зависимость относительной контактной деформации λ_m от относительной толщины стальной пластины δ

- Коваль Ю.В. Влияние масштабного фактора на контактные деформации бетона при центральном местном сжатии // Прочность и деформативность железобетонных конструкций. – Киев, 1978. – С.101–104.
- Русинов И.А., Коваль Ю.В. Погружение металлического штампа в бетон и деформативность бетонной поверхности вне площадки местного сжатия // Несущая способность и деформативность железобетонных конструкций. – Киев, 1978. – С.112–121.
- Коваль Ю.В. Контактные деформации бетонов при кратковременном и длительном местном сжатии: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Киев, 1980. – 232 с.
- Lieberum K., Reinhardt H. Strength of Concrete on an Extremely Small Bearing Area // ACI Structural Journal. – 1989. – V. 86. № 1. – P. 67–76.
- Прочность и контактная деформативность железобетонных конструкций. — Киев: Будивэльник, 1991. — 148 с.

11. Рак Н.А. Напряженно-деформированное состояние узлов сопряжения колонн кольцевого сечения со стропильными конструкциями: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Белорус. гос. политехн. акад. – Мн.: БГПА, 1994. – 216 с.
12. Rak N. Calculation of Reinforced Concrete Member Deformation Under Local Compression // Modern Building Materials, Structures and Techniques: Proceedings of 4th international conference. – Vilnius, Technika, 1995. – Vol. II. – P. 46–51.
13. Рак Н.А., Аль-Арики Н. Исследование прочности высокопрочного бетона при местном сжатии // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Сборник трудов VI Международного научно-методического семинара. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – С. 302–308.
14. Рак Н.А., Аль-Арики Н. Влияние условий приложения нагрузки на прочность тяжелого высокопрочного бетона при местном сжатии // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура», № 1 (13), 2002. - С.64–68.

УДК 624.012.35

Рак Н.А., Садовский Ю.И.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ТОРЦЕВЫХ ЗОН ШАРНИРНО ОПЕРТЫХ КОЛОНН КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Использование центрифугированных колонн кольцевого сечения в качестве рядовых шарнирно закрепленных в стаканах фундаментов стоек каркасов одноэтажных промышленных зданий связевой схемы [1] потребовало разработки конструкции их опорной части, которая выполняется с ядром замоноличивания из вибрированного бетона во внутренней полости колонны на участке ограниченной длины [2,3]. Применение ядра замоноличивания позволяет усилить опорное сечение, предотвратить осадку колонны при заполнении пазух стакана фундамента особо податливыми материалами типа асфальтобетона или песка и отказаться от установки металлической закладной детали.

Для экспериментального внедрения каркаса одноэтажного здания связевой схемы потребовались исследования работы торцевых зон с целью разработки рекомендаций по расчету на прочность и трещиностойкость во взаимосвязи с конструктивными параметрами элементов стыка.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения работы торцевых зон центрифугированных полых колонн была проведена программа экспериментальных исследований, включающая испытания 23 фрагментов колонн кольцевого сечения с ядром замоноличивания во внутренней

полости. Постоянные параметры образцов – наружный диаметр 500 мм, высота образцов 1000 мм, продольное армирование 6 Ø12 АШ.

Основными целями испытаний были:

серия А – выявление механизма разрушения стенки колонны в зоне внутреннего бетонного ядра без дополнительного поперечного армирования. Поперечное армирование стенки центрифугированных образцов этой серии – спираль 4Вр-I с шагом 100 мм. Высота бетонного ядра – 500 мм, толщины стенок – в диапазоне 75-90 мм.

серия Б – исследование влияния поперечного армирования. Поперечное армирование то же, но с минимально возможным шагом 40 мм. Высота бетонного ядра – 500 мм.

серия В – выявление влияния высоты бетонного ядра на работу торцевой зоны колонны.

Высота ядер – от 130 до 500 мм. Поперечное армирование то же, что и в серии Б.

Бетонные ядра в образцах серий А, Б и В не армированы.

серия Д – Выявление влияния прочности бетона ядра на работу торцевых зон. Бетон ядер в сериях А,Б,В имел переменную прочность 17,6 МПа, а в образцах серии Д – 9 МПа. В ядрах серии Д устанавливались арматурные каркасы с датчиками для измерения напряжений бетона ядер.

Прочность бетона центрифугированных образцов на сжатие составляла от 35 до 51,7 МПа.

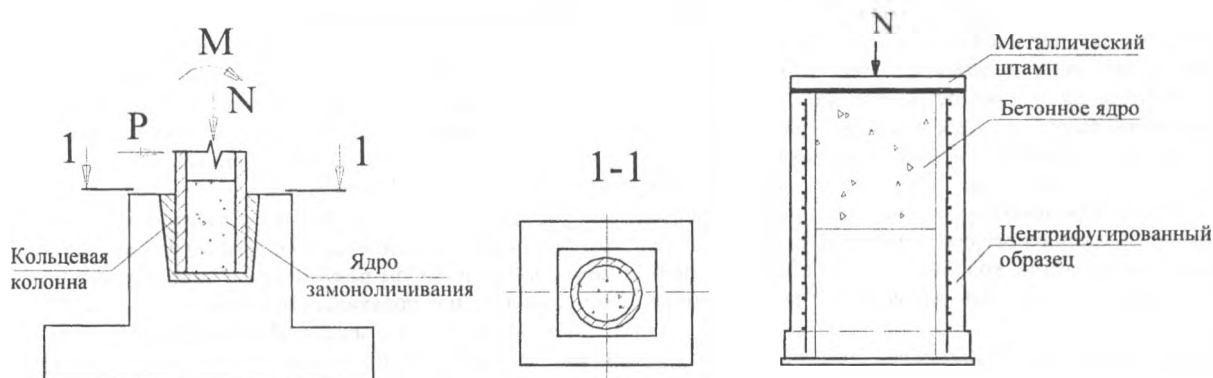


Рис. 1. Стык податливо опертой колонны кольцевого сечения с фундаментом стаканного типа и конструкция опытных образцов.

Садовский Юрий Игоревич. Ст. преподаватель каф. «Инженерная графика строительного профиля» Белорусского национального технического университета.
Беларусь, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.