

виступу; B – висота виступу; γ – експериментальний коефіцієнт, що враховує об'ємний напружений стан бетону в трубобетоні. За результатами експериментальних досліджень [5] $\gamma = 1,5$; α – кут нахилу головних стискальних напружень ($\alpha = 45^\circ$).

Розрахунок за формулою (1) дозволяє визначити міцність з'єднання на зріз бетону замонолічування.

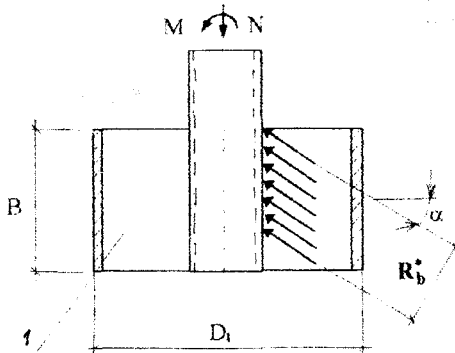


Рис.2 – Розрахункова схема для встановлення навантаження руйнування від зрізу бетону замонолічування: 1 – бетон замонолічування

1. Воскобийник С.П. Узли з'єднання трубобетонних стійок з монолітними ростверками / Зб. наук. праць (Галузеве машинобудування, будівництво). Вип.5. – Полтава, 2000. – С.170-174.
2. Руководство по проектированию фундаментов на естественном основании под колонны зданий и сооружений промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1978. – 109 с.
3. Чижевский В.В. Расчет стаканного сопряжения колонны с плитным фундаментом // Бетон и железобетон. – 1988. – №8. – С.18-19.
4. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М., 1989. – 79 с.
5. Ермоленко Д.А. Расчет несущей способности трубобетонных конструкций со стержневым армированием / Проблемы теории і практики залізобетону. Зб. наук. статей. – Полтава, 1997. – С.145-148.

Отримано 24.04.2000

УДК 624.012

ЛЕ МИНЬ ЛОНГ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ ПРИ СЖАТИИ В СЛУЧАЕ ЗАГРУЖЕНИЯ БЕТОННОЙ ЧАСТИ СЕЧЕНИЯ

Рассматривается вопрос об оценке совместной работы арматуры с бетоном в сжатых железобетонных элементах в случае загрузки бетонной части сечения.

Существующая нормативная методика расчета железобетонных линейных элементов при сжатии базируется на допущениях, предполагающих совместность деформаций бетона и арматуры на всем диапазоне загрузки от нуля до предельной разрушающей нагрузки. Та-

кие допущения приняты при оценке прочностных и деформативных характеристик сжатых элементов. При этом в качестве критерия прочностных параметров сжатой арматуры рассматривается предельная средняя деформативность бетона при сжатии, т.е. $\epsilon_b = 2 \cdot 10^{-3}$. Этот параметр является основным при назначении предельной относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_R в изгибаемых и внецентренно сжатых элементах. Кроме того, все существующие теории сцепления (Холмянский М.М., Карпенко Н.И., Оатул А.А., Фрайфельд С.Е., Столяров Я.В. и др.) в той или иной форме в конечном итоге опираются на предпосылку о совместности деформаций $\epsilon_s = \epsilon_b$. При этом не учитываются уровень загрузки, расположение стержня в сечении железобетонного элемента, класс бетона, диаметр арматуры, наличие поперечных связей в виде хомутов и другие факторы. В то же время экспериментальные исследования показали, что эти факторы могут существенно влиять на совместную работу бетона и арматуры, особенно в стадии появления и развития микротрещин. Однако ограниченное количество этих исследований по сжатым элементам не позволяет сделать выводы о взаимной работе бетона и арматуры на различных этапах загрузки.

Основное противоречие теории расчета сжатых элементов является очевидным и требует корректировки. Это противоречие состоит в том, что в оценке предельных напряжений в сжатой арматуре нельзя исходить из предельной деформативности бетона, так как при высоких уровнях напряжений в арматуре они падают вследствие интенсивного развития микротрещин и ослабления сил сцепления между бетоном и арматурой. Использовать при этом предельную деформативность бетона для оценки прочностных параметров железобетонных сечений не совсем правильно и корректно.

Проведенные в ХГАГХ исследования работы сжатых элементов показали, что условия совместности деформаций бетона и арматуры начинают нарушаться при уровне напряжений $\sigma_b / R_b = 0,7 \div 0,8$ и достигают наибольших отклонений в предельном состоянии, когда в бетоне проявляются предельные деформации. Одновременно следует учитывать расположение стержня в теле сечения железобетонного элемента. Чем ближе стержень находится к поверхности бетонного сечения, тем более значительным является расхождение в деформациях бетона и арматуры.

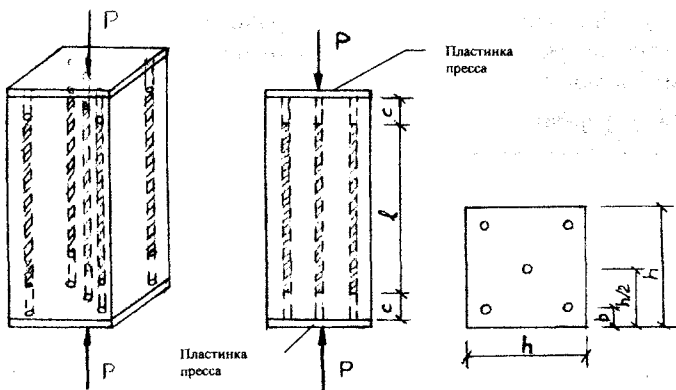


Схема нагружения образца

Исходя из условий равновесия, величину напряжений в арматуре можно определить так:

$$\sigma_s = \frac{\tau \cdot u \cdot l}{A_s} \quad (1)$$

Использование различных значений τ , предложенных в теориях сцепления, позволяет определять величину напряжений в арматуре. Так, Столяров Я.В. предлагает в случае сжатия зависимость для τ вида

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{\alpha \cdot u \cdot l}{A_s}}, \quad (2)$$

где τ_0 можно принять $\tau_0 = 0,19R$, а величину $\alpha = 0,0025$.

Холмянский М.М. рекомендует τ вычислять по формуле

$$\tau = \frac{\ln(1 + \alpha g)}{1 + \alpha g}, \quad (3)$$

где B и α – параметры закона сцепления.

Для τ_{\max} величина сцепления может быть принята $\tau_{\max} = 0,344B$.

Как видно из формул (2), (3), в них не нашли отражения уровень загрузки, положение стержня в сечении элемента, деформации бетона, диаметр арматуры.

Предлагаются формулы несколько иного плана для вычисления напряжений в арматуре в зависимости от деформаций бетона, уровня

напряженного состояния и расположения арматуры в поперечном сечении железобетонного элемента.

В качестве варианта такой зависимости можно использовать формулу

$$\varepsilon_s = \varepsilon_b \left(1 - \sqrt{0,05d \frac{\sigma}{R_b}} \right) \left[1 - \left(0,5 - \frac{b}{h} \right) e^{-\left(1 - \frac{\sigma}{R_b} \right) \left(\frac{d}{3,6} \right)^2} \right]^{\left(1 + \frac{\sigma}{R_b} \right)}, \quad (4)$$

где σ / R_b – уровень загрузки элемента; b / h – координата привязки арматурного стержня к поверхности бетона; h – высота сечения; d – диаметр арматуры ($d < 36$ см). Эта формула имеет эмпирический характер. Однако она позволяет учесть ряд объективных факторов, влияющих на развитие деформаций в арматуре при воздействии на нее сжимающих напряжений в бетоне.

Удовлетворительные результаты дает и другая формула, связывающая деформации арматуры и бетона на всем диапазоне загрузки:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_b \left(1 - \sqrt{0,05d} \right) \left[e^{-\left(\frac{\sigma}{\sigma + R_b} \right)^2} + e^{b/h} \left(\frac{b}{h} - 0,5 \right) \sin \left(90 \frac{\sigma}{R_b} \right)^\circ \right]. \quad (5)$$

Здесь σ – напряжение, действующее в бетоне; R_b – предельная призмная прочность бетона; b – координата привязки арматуры ($b_{\max} = 0,5h$); d – диаметр стержня арматуры.

В формулах (4), (5) используется экспоненциальный закон развития деформаций в бетоне. При этом явно выделяются два множителя: один учитывает уровень загрузки, другой – расположение арматуры в сечении элемента.

Контрольные расчеты по приведенным формулам дали следующие значения деформаций арматуры в бетоне (см. таблицу).

Как видно из таблицы, значения деформаций арматуры при передаче нагрузки на бетон во многом зависят от диаметра арматуры и в меньшей мере от класса бетона. Чем меньше диаметр арматуры, тем больше сцепление, что объясняется более плотной обоймой охвата бетоном арматурного стержня. Чем больше диаметр, тем меньше плотность охвата бетоном. В эксперименте отмечено, что на высоких

уровнях напряжений в бетоне, т.е. в стадии, близкой к разрушению, можно зафиксировать так называемый “пружинный эффект”, характеризующий тенденцию возвращения арматуры в исходное деформированное состояние при ослаблении сцепления бетона с арматурой, вызванном наличием интенсивного трещинообразования.

Значения деформаций арматуры ϵ_s в зависимости от диаметра арматуры, класса бетона при $\sigma/R = 1$ (значения $\epsilon_s \cdot 10^{-5}$)

Серия	R_b (МПа)	Диаметр (см)	Положе- ние стержней	По фор- муле (4) ($\cdot 10^{-5}$)	По фор- муле (5) ($\cdot 10^{-5}$)	Экспе- римен- тальные данные	% расхождения	
							по (4)	по (5)
I A-III	40	18	В центре	112	87,2	70	1,6	1,3
			Краевые	96	66,7	38	2,5	1,7
II A-III	29,28	18	В центре	119	89,9	55	2,2	1,6
			Краевые	102	37,5	30	3,4	1,2
III A-III	25	18	В центре	116	67,6	65	1,8	1,3
			Краевые	99	98,1	35	2,8	1,9
IV A-I	16,24	18	В центре	126	75,1	58	2,2	1,7
			Краевые	108	73,6	18	6	4,2
V A-I	22,94	18	В центре	95	56,3	30	3,2	2,5
			Краевые	81	75,6	17	4,7	3,3
VI A-III	40	10	В центре	97	65,8	92	1,05	0,82
			Краевые	92,5		90	1,03	0,73

Таким образом, деформации бетона и арматуры при сжатии не совпадают при высоких уровнях напряжений. Величина деформаций арматуры запаздывает по отношению к деформациям бетона, в среднем соотношении деформаций можно принять $\epsilon_s = \epsilon_b 0,85$. В расчетные зависимости, принятые в нормах СНиП 2.03.01-84*, следует ввести коррективы в предельное значение напряжений арматуры при сжатии. Значение деформаций в арматуре зависит не только от диаметра и расположения стержней в сечении, но и от уровня загрузки образца и степени охвата арматуры по периметру.

1. Столяров Я.В. Введение в теории железобетона. – М.: Стройиздат, 1941.
2. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. – М.: Стройиздат, 1981.
3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стандарт, 1996.
4. Ле Минь Лонг. Анализ совместной работы арматуры и бетона в сжатых железобетонных элементах // Тез. докл. XXX науч.-техн. конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. – Харьков, 2000.

Получено 28.04.2000