

СЦЕПЛЕНИЕ АРМАТУРЫ С КЕРАЛИТОБЕТОНОМ

Столевич И.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приведены средние величины условного касательного напряжения сцепления в зависимости от прочности кералитобетона на карбонатном песке и длины заделки стержневой арматуры периодического профиля.

Определяющим фактором качества железобетонных конструкций является совместная работа бетона и арматуры, которая в основном, оценивается их сцеплением.

Сцепление бетона с арматурой определяет длину зоны анкеровки арматуры и оказывает влияние на расстояние между трещинами в конструкциях и ширину их раскрытия. Экспериментально установлено, что сила сцепления зависит от: диаметра арматуры; длины заделки; состояния поверхности арматуры; прочности, возраста и усадки бетона; отношения В/Ц и других факторов:

$$\tau_{сц} = f(d, l, \pi, R, t, \varepsilon_{sc}, B / Ц). \quad (1)$$

Сформулированы закономерности связи между этими показателями и напряжением сцепления с обычными бетонами. Многие из них справедливы и для легких бетонов.

Задачи по определению влияния различных показателей на сцепление арматуры с бетоном могут решаться по-разному. Мы выбирали сравнительные испытания по изучению влияния прочности кералитобетона и глубины заделки стержней периодического профиля на силу сцепления, используя близкий к D-оптимальному двухфакторный план, переменные которого варьируются на трех уровнях.

Независимыми переменными нами были приняты:

- класс бетона по прочности на сжатие В, МПа - X_1 ;
- длина заделки $l_{зад}$, см (\emptyset) - X_2 .

Уровни варьирования указанных факторов назначены по результатам ранее проведенных опытов (из числа оптимальных – составы II, V, IX), с учетом требований некоррелированности и совместимости, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Независимые переменные и уровни их варьирования
в кодированных и натуральных единицах

Наименование уровня и его кодированное значение	Обозначение	Переменные	
		X_1 , МПа	X_2 , см (Ø)
Нижний уровень (-1)	X_{\min}	10	7(6)
Нулевой уровень (0)	X_0	15	14(12)
Верхний уровень (+1)	X_{\max}	20	21(18)

Контролируемыми параметрами назначены:

- 1) Средняя величина условного касательного напряжения τ_{cy} при разрушении сцепления, действующая на условной цилиндрической поверхности контакта арматуры с бетоном образцов: пропаренных и естественного твердения в возрасте 28 суток;
- 2) Напряжение в арматуре σ_0 в момент сдвига незагруженного конца арматурного стержня в этих же образцах;
- 3) Влияние прочности бетона и длины заделки $l_{зад}$ стержней на величину и характер нарастания смещений q_1 незагруженного конца арматурного стержня.

На каждую строчку матрицы планирования изготавливали по 6 центрально армированных и неармированных призм и по 12 кубов.

Армирование призм осуществляли стержнями Ø 12 А-III, расположенными центрально.

Армированные призмы испытывали на выдергивание арматуры с упором на торец, с замером деформаций арматуры со стороны загруженного и незагруженного концов.

Перед этим испытывали контрольные образцы-кубы и призмы для определения прочностных и деформативных характеристик кералитобетона. Результаты испытания контрольных образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Класс бетона	R^{mn} , МПа	R_b^{mn} , МПа	$R_{(28)}^n$, МПа	$E_{b(28)}^n$, МПа	$R_{(28)}$, МПа	$R_{b(28)}$, МПа	$E_{b(28)}$, МПа
B10	9,4	9,0	11,2	9866	12,8	11,3	10645
B15	15,3	14,4	18,2	11109	19,9	18,6	12476
B20	20,2	17,1	24,8	12012	26,9	23,9	13362

Используя рекомендации по испытаниям на сцепление арматуры с бетоном:

$$\tau_{сц} = \frac{N}{Adl_{зад}}, \quad (2)$$

$$\sigma_0 = \frac{N}{A_s}, \quad (3)$$

получаем с 95 % надежностью уравнения регрессии разрушающих напряжений сцепления $\tau_{сц}^n$, $\tau_{сц}^{ест}$ и напряжений в арматуре в момент сдвига незагруженного конца арматуры σ_0^n , $\sigma_0^{ест}$:

$$\tau_{сц}^n = 6,78 + 0,76X_1 - 1,19X_2 - \underline{0,05}X_1^2 + 0,96X_2^2 - \underline{0,19}X_1X_2, \quad (4)$$

$$\tau_{сц}^{ест} = 9,98 + 1,76X_1 - 1,77X_2 - \underline{0,27}X_1^2 + 0,69X_2^2 - 1,05X_1X_2, \quad (5)$$

$$\sigma_0^n = 119,69 + 40,3X_1 + 67,1X_2 - \underline{4,41}X_1^2 + 18,8X_2^2 - 23,9X_1X_2, \quad (6)$$

$$\sigma_0^{ест} = 184,23 + 69,1X_1 + 117,4X_2 + 24,2X_1^2 + 21,3X_2^2 + 28,9X_1X_2. \quad (7)$$

Статистически незначимые коэффициенты подчеркнуты.

Уравнения по F-критерию Фишера адекватны ($F_{ад} < F_{табл}$), имеют информационную ценность ($F_{инф} > F_{табл}$).

Величины напряжений сцепления $\tau_{сц}^n$, $\tau_{сц}^{ест}$ и напряжений σ_0^n , $\sigma_0^{ест}$ в зависимости от прочности кералитобетона и длины заделки приведены в табл. 3.

Таблица 3

Класс бетона $l_{зад}, \text{ см } (\emptyset)$	В 10		В 15		В 20	
	$\tau_{сц},$ МПа	$\sigma_0,$ МПа	$\tau_{сц},$ МПа	$\sigma_0,$ МПа	$\tau_{сц},$ МПа	$\sigma_0,$ МПа
7 (6)	$\frac{8,8}{7,7}$	$\frac{56}{30}$	$\frac{10,3}{9,2}$	$\frac{82}{46}$	$\frac{11,8}{10,2}$	$\frac{100}{64}$
14 (12)	$\frac{6,7}{5,9}$	$\frac{120}{56}$	$\frac{7,8}{6,9}$	$\frac{172}{104}$	$\frac{9,0}{7,8}$	$\frac{221}{158}$
21 (18)	$\frac{6,1}{5,6}$	$\frac{245}{145}$	$\frac{6,6}{6,2}$	$\frac{318}{216}$	$\frac{7,6}{6,8}$	$\frac{440}{302}$

В числителе приведены данные по бетону естественного твердения, в знаменателе – пропаренного бетона.

Выводы

1. Кубиковая прочность образцов естественного твердения кералитобетона на карбонатном песке классов В10, В15, В20, испытанных в возрасте 28 сут., в 1,08...1,14 раза выше кубиковой прочности пропаренных образцов в том же возрасте.
2. С возрастанием класса прочности на сжатие кералитобетона $\tau_{сц}$ увеличивается пропорционально, в среднем на 15 %, независимо от условий твердения.
3. Для разных длин заделки приращение $\tau_{сц}$ различное и уменьшается с увеличением длины заделки, в среднем на 17 %, с незначительным уменьшением для пропаренного бетона.
4. С увеличением класса кералитобетона естественного твердения напряжение σ_0 увеличивается, в среднем на 35 %, а пропаренного бетона, в среднем на 45 %, оставаясь относительно большим для бетонов естественного твердения, в среднем на 60 %.
5. Кералитобетон на карбонатном песке классов В10, В15 и В20 может быть рекомендован как конструкционный материал для изготовления железобетонных конструкций, армированных стержневой арматурой периодического профиля.