

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.В. ТУР, Т.П. ШАЛОБЫТА, Н.Н. ШАЛОБЫТА
БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Постановка задачи

Для описания поведения армированного или неармированного контактов, пронизанных трещиной в условиях плоского напряженного состояния, взаимосвязь между нормальными напряжениями в стыке и вертикальными перемещениями, а также касательными напряжениями и горизонтальными перемещениями в общем случае может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{Bmatrix} d\tau_{nt}^c \\ d\sigma_n^c \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{1n} \\ B_{n1} & B_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\delta_t \\ d\delta_n \end{Bmatrix} \quad (1)$$

где B_{11} , B_{nn} — элементы матрицы жесткости стыкового соединения, описывающие сдвиговую и нормальную жесткость контакта;

B_{n1} , B_{1n} — элементы матрицы жесткости, описывающие эффект сцепления.

В нашей работе [1] было показано, что в общем случае для армированного контакта исходная система уравнений может быть преобразована к виду

$$\begin{Bmatrix} d\tau_{nt}^c \\ d\sigma_n^c \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} (K_t + \gamma_n) - (1 - \xi)K_\tau / \beta_d \\ -(K_t / \mu_f) \cdot (K_n / \xi) + \gamma_n \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\delta_t \\ d\delta_n \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

где k_t — коэффициент сдвиговой жесткости стыкового соединения;

K_n — коэффициент нормальной жесткости стыкового соединения;

β_d — дилатансионное отношение для стыкового соединения;

μ_f — коэффициент трения по поверхности стыка;

коэффициент ξ равен

$$\mu_f \cdot \beta_d \cdot k_n / k_t. \quad (3)$$

Таким образом, для формирования матрицы жесткостей $[B]$ необходимо установить значения, входящих в ее состав элементов k_t , k_n , β_d , τ_n

Экспериментальные исследования контактов

Исследования контактов с целью получения характеристик, описывающих работу стыкового соединения, выполняли на стационарной установке в условиях чистого кручения при действии продольного обжимающего усилия, приложенного нормально к плоскости стыкового соединения (рис. 1)

Схема испытания образцов показана на рис. 2. В качестве базового

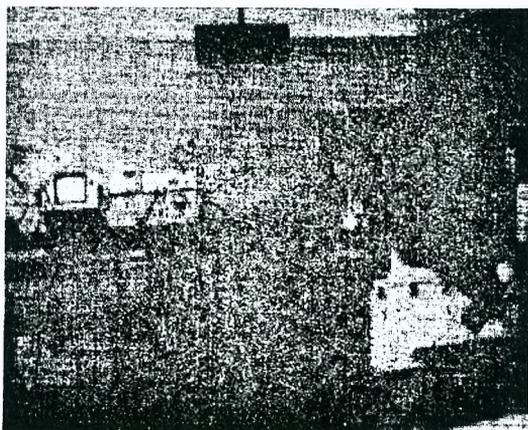


Рис. 1. Стационарная установка для испытаний

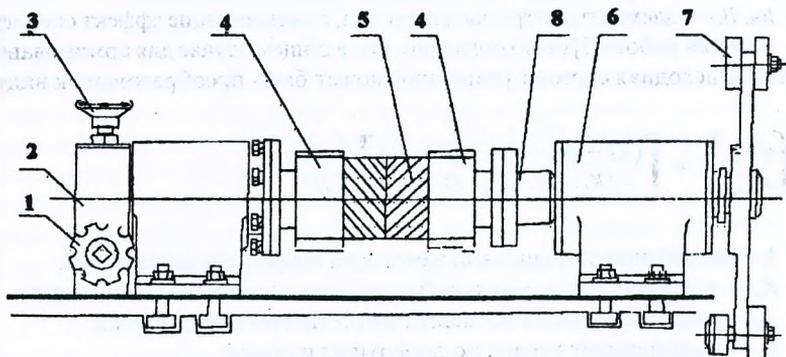


Рис. 2. Общая схема установки для испытания образца:

- 1, 2, 3 — механизм статического нагружения; 4 — захваты образца; 5 — испытываемый образец; 6 — передняя бабка механизма статического нагружения;
- 7 — рычаг статического нагружения; 8 — фиксатор захвата образца

Таблица 1

Физико-механические характеристики бетонов, исследованных образцов

| Характеристика | Сборная часть из бетона на портландцементе | Монолитная часть из бетона на напрягающем цементе |
|--|--|---|
| Призменная прочность, МПа | 25,8 | 22,5 |
| Кубиковая прочность, МПа | 45,5 | 35 |
| Самонапряжение, МПа | | 1,42 |
| Прочность на растяжение при раскалывании, МПа | 2,38 | 1,82 |
| Напряжение обжатия в стыковом соединении $\sigma_{сж}$, МПа | | 1,43 |

образца были приняты составные цилиндры со сборной, ранее изготовленной частью из бетона на портландцементе и монолитной частью из напрягающего бетона. Конструкция опытного образца показана на рис. 3, а основные физико-механические характеристики бетонов приведены в табл. 1. Образцы испытывали после стабилизации процесса расширения напрягающего бетона монолитной части и не ранее, чем через 28 суток после бетонирования.

Степень обжатия образцов продольной силой варьировали сечением ограничивающего продольного стержня. В процессе испытания на лабораторной установке задавали не приращение крутящего момента, а изменения с постоянным шагом угла закручивания, что позволило получить полновесную диаграмму деформирования $\tau_{сж} - \delta$, с ярко выраженным нелинейным участком.

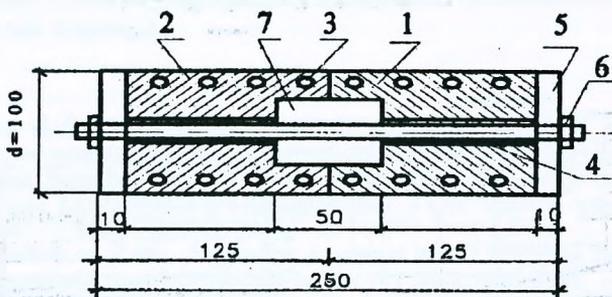


Рис. 3. Конструкция опытного образца:

1 — сборная часть из портландцементе; 2 — монолитная часть на напрягающем бетоне; 3 — косвенное армирование $d = 3$ Вр-1, шаг 30 мм; 4 — продольный стержень $d = (5-8)$ в кембрике; 5 — пластины-фиксаторы $t = 10$ мм; 6 — гайка

Результаты экспериментального исследования

Графики, связывающие основные характеристики стыкового соединения, построенные по результатам испытаний, показаны на рис. 4.

Как следует из графика рис. 4, *a* базовая точка диаграммы деформирования стыка равна $\delta_{1l} = 0,2$ мм, соответствующее пиковому значению диаграммы $\tau_{rd} = 1,35$ Н/мм², и достаточно близко совпадает с данными, полученными в работе [2], где рекомендовано для неармированных стыков принимать $\delta_{1l} = 0,18$ мм. Полученные зависимости показывают, что для аналитического описания диаграммы деформирования $\tau - \delta$, с достаточной для практики точностью может быть использована зависимость вида

$$\tau_{rd}^2 / \tau_n = \text{tg}(k_0 / \tau_n (\delta_l - \delta_{1l})) + q, \quad (4)$$

где $k_0 = k_{1st} \cdot (1 + q)$; $q = \text{tg} \cdot (k / \tau_{RdA} \cdot \delta_{1l})$.

Сдвиговая жесткость стыкового соединения

$$k_l / k_{1st} = \text{sech}^2(k_0 / \tau_n (\delta_l - \delta_{1l})). \quad (5)$$

Пиковое значение диаграммы $\tau - \delta_l$ соответствует расчетному сопротивлению контакта с учетом его нелинейной работы, полученному в условиях

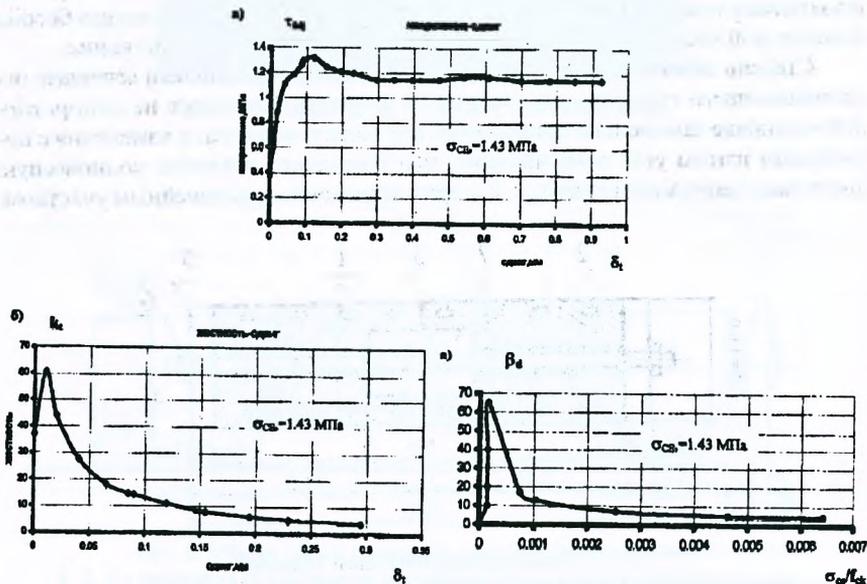


Рис. 4. Опытные зависимости, связывающие деформационные характеристики стыкового соединения

Данные сравнительного анализа

| Расчетная методика | Расчетная зависимость | $\tau_{rd,cal}$ Н/мм ² | $\tau_{rd,ex}$ Н/мм ² | $\tau_{rd,cal} / \tau_{rd,ex}$ |
|--------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Методика НИИЖБ [3] | $\tau_{rd,j} = 12 \cdot f_{ctd}(m) \cdot (K_1 / (a/h + 5))$ | 1,64 | | 1,18 |
| Методика НИИСК [4] | $\tau_{rd,j} = K_1 \cdot K_2 \cdot f_{ctd}(m)$ | 1,53 | | 1,13 |
| Eurocode-2 [5] | $\tau_{rd,j} = \tau'_{rd,j} + \tau''_{rd,j}$ $\tau'_{rd,j} = K_t \cdot \tau_{rd}$ $\tau''_{rd,j} = \mu \cdot \sigma_{ce}$ | 1,323 | 1,35 | 0,91 |

действия нормальных сжимающих напряжений $\sigma_{ce} = 1,43$ МПа. Для сравнения определяли расчетные сопротивления неармированных контактов с естественной шероховатостью, пользуясь методиками [3—5]. Данные сравнительного анализа приведены в табл. 2.

Выводы

1. Выполненные исследования позволили получить диаграммы деформирования для стыкового соединения неармированного контакта с учетом нелинейного поведения связей сдвига.

2. Использование диаграммы позволяет рассчитывать составные конструкции с учетом нелинейного поведения стыкового соединения и составляющих стержней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тур В.В., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н. К построению аналитической модели работы стыкового соединения железобетонных сборно-монолитных конструкций. // Проблемы и перспективы современных строительных конструкций и технологий. / Сб. трудов под редакцией В.И.Драгана. — Брест, БПИ, 1998. — С. 74—77.
2. H. Yoshikawa, Z.Wu., T.Tanabe., Analytical Model For Shear Slip of Cracked Concret. // Journal of Structural Engineering, vol 115, № 4, april, 1989. — s. 771—788.
3. Руководство по проектированию сборно-монолитных конструкций / Под редакцией Е.А.Кузьмичева. — М.: Стройиздат. 1989. — С. 59.
4. Проектирование и изготовление сборно-монолитных конструкций. / Под редакцией А.Б.Голышева. — К.: Будівельник, 1982. — 274 с.
5. Eurocode-2. General Rules and Rules for Building.