

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Golovko V., Savitsky Ju., Gladyschuk V. Predicting Neural Net // Proceedings Int. Conf. CM NDT-D5. – Berlin:DGZfP. – 1995. – P. 348-353.

2. Головки В. А. Нейроинтеллект: теория и применение. Книга 1: Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями. – Брест: Изд. БПИ, 1999. – 264 с.

УДК 624.014.45

Лукия Л.К., Набил Ал Мхана, Пастушков Г.П.

О РАСЧЕТЕ ПРОЧНОСТИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В работах [1, 2] рассмотрен вопрос расчета прочности трехслойных трубобетонных элементов. Расчет создан в рамках фундаментального научного направления в теории трубобетона, разработанного в трудах [3, 4] и развитого в последующих работах [5, 6] и др. Поскольку конструкция трехслойного трубобетонного элемента является внутренне статически неопределяемой, то для построения метода расчета элемента необходимо рассмотрение условий совместности перемещений. В работах [1, 2] условие совместности сформулировалось, как разность суммы относительных перемещений стальных труб и относительного перемещения бетонного ядра, равная нулю. В таком случае уравнение совместности записывается в виде

$$\epsilon_{se} + \epsilon_{si} - \epsilon_b = 0. \tag{1}$$

Однако возможна и другая запись уравнения совместности:

$$\epsilon_{se} + \epsilon_{si} = 2\epsilon_b, \tag{2}$$

которую можно сформулировать как равенство суммы относительных деформаций стальных труб удвоенной относительной деформации бетонного ядра. Цель настоящей статьи – выяснить влияние условий совместности на точность расчетных формул, полученных из двух разных уравнений совместности.

Расчетная формула для определения бокового давления бетонного ядра на стальные трубы в предельном состоянии в первом случае (условие (1)) будет иметь вид

$$|\sigma_0| = \frac{\sigma_y^e - \alpha_s \cdot \sigma_y^i + \alpha \cdot R_b}{A - B} \cdot \left(1 - \beta_{se} \frac{A - B}{B} \right), \tag{3}$$

где

$$A - B = v_s \cdot \alpha_s \cdot \left(\frac{3\beta_{si} - 1}{2(\beta_{si} - 1)} - \gamma \right) + \alpha \cdot (K - 2v_b) - 1. \tag{4}$$

$$B = 1 + v_s,$$

v_s, v_b – коэффициенты Пуассона стали труб и бетона в пластической стадии $v_s = v_b = 0.5$, σ_y^e, σ_y^i – пределы текучести или расчетные сопротивления стали наружной и внутренней труб, R_b – призматическая прочность или расчетное сопротивление бетона ядра, $\alpha = E_{se}/E_b$ – отношение модулей упругости стали и бетона, $\alpha_s = E_{se}/E_{si}$ – отношение модулей упругости стали наружной и внутренней труб, $\beta_s = D_o/D_i$ – отношение наружного к внутреннему диаметру наружной трубы, $\beta_i = d_o/d_i$ – отношение наружного к внутреннему диаметру внутренней

трубы, γ – коэффициент эффективности бокового давления для внутренней трубы

$$\gamma = \frac{\beta_i^2}{\beta_i^2 - 1} \cdot \left(1 + \frac{2 \ln \frac{1}{\beta_i}}{\beta_i^2 - 1} \right), \tag{5}$$

K – коэффициент эффективности бокового давления, действующего на наружную трубу. Можно принимать $K=4$, либо вычислять его из гиперболической формулы [5]:

$$K = 10 - 100 \sigma_o / (R_b + 15 \sigma_o). \tag{6}$$

Если же исходить из уравнения совместности (2), то расчетная формула для бокового давления будет иметь вид:

$$|\sigma_0| = \frac{\sigma_y^e - \alpha_s \cdot \sigma_y^i + 2\alpha \cdot R_b}{A_I - B} \cdot \left(1 - \beta_{se} \frac{A_I - B}{B} \right), \tag{7}$$

где

$$A_I - B = v_s \cdot \alpha_s \cdot \left(\frac{3\beta_{si} - 1}{2(\beta_{si} - 1)} - \gamma \right) + 2\alpha \cdot (K - 2v_b) - 1. \tag{8}$$

Из сравнения зависимостей (3) и (7) а также (4) и (8) видно, что они отличаются множителями, равными 2, при некоторых слагаемых рассматриваемых формул. Поскольку сомножитель 2 имеется и в числителе и в знаменателе формулы (7), то его влияние в некоторой степени взаимно уравновешивается для выражения, стоящего перед скобкой формулы (7). Однако, поскольку сомножитель 2 содержится в функции параметров трехслойного трубобетонного элемента (8), то он в равной степени будет влиять на величину степенно-показательной функции, стоящей в скобках формулы (7). Поэтому для оценки общего влияния сомножителя 2 были произведены расчеты несущей способности негибких трехслойных трубобетонных элементов, в которых боковое давление вычислялось по обоим формулам (3) и (7).

Несущая способность элемента определялась по формуле

$$N_{sb} = (R_b + K \cdot \sigma_o) A_b + \sigma_{ze} \cdot A_{se} + \sigma_{zi} \cdot A_{si}, \tag{9}$$

где A_b, A_{se}, A_{si} – площади поперечных соответственно сечений бетонного ядра, наружной и внутренней труб; σ_{ze}, σ_{zi} – осевые расчетные сопротивления стальных труб с учетом сложного напряженного их состояния;

*Лукия Л. К. Д.т.н., профессор. Беларусь, г. Минск: 8-0172659579; Польша, г. Ченстохова: 8-1048601097096.
Набил Ал Мхана. Беларусь, г. Минск: 8-0172760305.
Пастушков Г.П.*

Сравнение расчетных данных, вычисленных в соответствии с обеими предпосылками, с опытными

Шифр образца	Опытная несущая способность, кН	Расчетная несущая способность, согласно (1) в кН и %		Расчетная несущая способность, согласно (2) в кН и %	
		3	4	5	6
ОТП-1	1600	1658,1	+3,6	1742,4	+8,9
ОТП-2	2400	2288,0	-4,7	2433,2	+1,4
ОТП-3	1600	1658,1	+3,6	1742,4	+8,9
ОТП-4	2400	2284,4	-4,8	2144,9	+10,6
ОТП-5	2250	2284,1	+1,5	2144,9	-4,7
ОТП-6	3000	2931,6	-2,3	2974,9	-0,8
ОТП-7	3300	3291,7	-0,3	3723,9	+12,8
ОТП-8	2600	2589,0	-0,4	2878,9	+10,7
ОТП-9	2600	2589,0	-0,4	2878,9	+10,7
ОТП-10	3400	3329,6	-2,1	3614,8	+6,3
ОТП-11	2800	2859,5*	+2,1	2810,9	+0,4
ОТП-12	2800	2656,8*	-5,1	2464,5	-12,0

$$\sigma_{ze} = \sigma_y^e - \frac{\sigma_0 \cdot \beta_{se}}{\beta_{se} - 1} \geq 0, \quad (10)$$

$$\sigma_{zi} = \sigma_y^i + \sigma_0. \quad (11)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Опытные данные получены Набил Ал Мхана [7].
2. Опытные значения составляли: $\sigma_y^e = 250$ МПа, $\sigma_y^i = 200$ МПа, $E_{se} = E_{si} = 2 \cdot 10^5$ МПа, $E_b = 3,636 \cdot 10^4$ МПа, $R_b = 28,5$ МПа.
3. В колонках 4 и 6 помещены отношения расчетных данных от опытных в процентах.
4. Значения со звездочкой вычислены с помощью формулы (6), остальные для $K=4$.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что расхождение расчетных данных, вычисленных согласно рассматриваемым уравнениям совместности невелико, однако первая предпосылка (1) обеспечивает лучшую сходимость чем вторая (2). Впрочем и второй метод расчета с использованием формулы (7) приводит к сравнительно небольшим отклонениям, в основном не превышающим $\pm 12\%$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукша Л.К., Пастушков Г.П., Ал Мхана Н. Расчет прочности трехслойного трубобетона при центральном сжатии.//Перспективы развития новых технологий в строи-

тельстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь. Материалы V научно-методического межвузовского семинара. – Минск: «Тыдзень», 2000. С. 347-351.

2. Łuksza L., Czerkasow D., Al Mchana N. Obliczenie wytrzymałości konstrukcji rurobetonowych o podwójnym płaszczu stalowym//Zeszyty Naukowe Politechniki Czestochowskiej, № 152. Budownictwo 8, Czestochowa: Wydawnictwo Politechniki Czestochowskiej, 2000, - S.21-28.
3. Лукша Л.К. О новом методе решения осесимметричных задач в теории пластичности и прочности // Доклады АН БССР. - 1975. - Т. 19, №7. - С. 602-605.
4. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. - Минск: Вышэйшая школа, 1977. - 95с.
5. Luksha L.K. Composite Construction Strength Calculation Accounting Limited State Criteria // Proceedings of the Third International Conference on Steel-Concrete Composite Structures. – Fukuoka, Japan: ASCCS. – 1991. – P. 13-18.
6. Łuksza L. Podstawy teorii obliczania wytrzymałości konstrukcji rurobetonowych. Budownictwo 7, Zeszyty Naukowe Politechniki Czestochowskiej, № 151. Czestochowa: Wydawnictwo Politechniki Czestochowskiej, - 1997. - S.21-28.
7. Лукша Л.К., Пастушков Г.П., Ал Мхана Н. Исследование прочности трехслойного трубобетона.//Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь. Материалы V научно-методического межвузовского семинара. – Минск: «Тыдзень», 2000. С. 340-346