

7. Туренский Н.Г., Ледяев А.П. Строительство тоннелей и метрополитенов: Организация, планирование, управление. – М.: Транстрой, 1992. – 264 с.
8. Миндели Э.Ф. и др. Техника и технология проходки вертикальных стволов шахт. – М.: Недра, 1970. – 312 с.
9. Строительство стволов шахт и рудников: Справочник под руководством Докукина О.С. и Болотских Н.С. – М.: Недра, 1991. – 516 с.
10. Давыдов В.В., Дуда Е.Г., Ковешников А.И. и др. Под общей редакцией проф., д.т.н. Трупака Н.Г. – М.: Недра, 1980. – 391 с.
11. Филахтов А.Л., Писанко Н.В., Янкулин И.Э. и др. Конструкции и способы строительства заглубленных водопроводно-канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1979. – 188 с.
12. Байцур А.И., Климов В.Т. Повышение надежности опускных колодцев. – М.: Стройиздат, 1976. – 92 с.
13. Байцур А.И. Опускные колодцы. – К.: Будівельник, 1972. – 208 с.
14. Климов В.Т., Маричев В.И. Строительство опускных колодцев. – М.: Стройиздат, 1975.

Получено 05.04.2001

УДК 624.012.41

С.И. РОГОВОЙ, канд. техн. наук

*Полтавский государственный технический университет им. Юрия Кондратюка*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА, СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ПРЕДЕЛУ ТЕКУЧЕСТИ РАСТЯНУТОЙ АРМАТУРЫ, ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ СЖАТИИ**

Приведены результаты теоретических исследований, позволяющие определить критический эксцентриситет, при котором напряжения в растянутой арматуре достигают условного или физического предела текучести.

При оценке напряженно-деформированного состояния сжатого железобетонного сечения в случае больших эксцентриситетов возникает необходимость определения  $e_{0R}$  – критического эксцентриситета, при котором напряжения в растянутой арматуре в случае непереармирования сечения, достигают условного или физического предела текучести. Ниже даются рекомендации по определению такого эксцентриситета.

В соответствии с расчетной схемой (см. рисунок), значение критического эксцентриситета для заданной внешней сжимающей силы  $N$  можно представить зависимостью

$$e_{0R} = e - 0,5h + a, \quad (1)$$

где  $e$  – эксцентриситет силы  $N$  относительно оси, совпадающей с равнодействующей в растянутой арматуре, равный  $e = M_R / N$ .

Здесь  $M_R$  – критический момент, при котором в растянутой ар-

матуре наступает текучесть. Он определяется уравнением

$$M_R = N_b Z_b + N'_s (h_0 - a'). \quad (2)$$

При эксцентриситете  $e_{0R}$  в критическом состоянии для прямоугольного сечения шириной  $b$  равнодействующая в сжатом бетоне

$$N_b = b \int_0^{x_R} \sigma_b(\varepsilon_{bx}) dx, \quad (3)$$

где  $\sigma_b(\varepsilon_{bx})$  – функция сжимающих напряжений бетона. Ее можно принять в соответствии с полной трансформированной диаграммой деформирования сжатого бетона  $\sigma_b - \varepsilon_b$  [1].

Приняв гипотезу плоских сечений, согласно расчетной схеме переменные значения деформаций  $\varepsilon_{bx}$  на высоте  $x$  от нейтральной оси сечения можно представить зависимостью  $\varepsilon_{bx} = \varepsilon_{bu} x / x_R$ .

Граничная высота сжатой зоны сечения  $x_R$  определяется критическими деформациями в крайних фибрах сжатого бетона  $\varepsilon_{bu}$  и предельными деформациями на уровне центра тяжести растянутой арматуры  $\varepsilon_{su}$ . При рабочей высоте сечения  $h_0$ , используя гипотезу плоских сечений, граничную высоту можно найти в соответствии с расчетной схемой (рисунок, а)

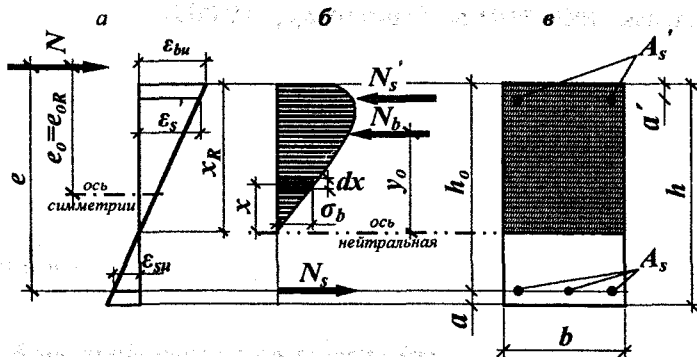
$$x_R = h_0 \varepsilon_{bu} / (\varepsilon_{su} + \varepsilon_{bu}). \quad (4)$$

Здесь  $\varepsilon_{su}$  – предельные деформации растянутой арматуры. Они могут приниматься равными физическому или условному пределу ее текучести. Для сопротивления растянутой арматуры  $R_s$  и модуля упругости  $E_s$  такие деформации  $\varepsilon_{su} = R_s / E_s$ . При этом имеется в виду случай неперearмированного сечения.

Для вычисления  $\varepsilon_{bu}$  – критических деформаций крайних фибр бетона, соответствующих предельному состоянию при неоднородном деформировании сечения [2], определим следующие параметры.

Изгибающий момент, воспринимаемый сжатой частью бетона относительно нейтральной оси,

$$M_b = b \int_0^{x_R} \sigma_b(\varepsilon_{bx}) x dx. \quad (5)$$



К определению критического эксцентриситета  $e_{0R}$ :

$a$  – эпюра деформаций и схема приложения нагрузки;  $b$  – эпюра напряжений бетона и схема действия внутренних усилий;  $v$  – схема сечения

Изгибающий момент, воспринимаемый сжатой арматурой относительно той же оси,

$$M'_s = N'_s (x_R - a'). \quad (6)$$

Для вычисления равнодействующей в сжатой арматуре найдем:  $\epsilon'_{su}$  – критические деформации соответствующих фибр сечения на уровне центра тяжести этой арматуры по расчетной схеме (рисунок,  $a$ ),  $\epsilon'_{su} = \epsilon_{bu} (x_R - a') / x_R$ ;  $R_{scu}$  – критическое сопротивление сжатой арматуры, выраженное через ее деформации и  $E_s$  – соответствующий модуль упругости,  $R_{scu} = \epsilon'_{su} E_s \leq R_s$  и, наконец, усилие в рассматриваемой арматуре  $N'_s = R_{scu} A'_s$ .

Суммарный изгибающий момент, воспринимаемый сжатым бетоном и сжатой арматурой относительно нейтральной оси,

$$M_{bs} = M_b + M'_s. \quad (7)$$

Зависимость (7) позволяет отыскать итерационным способом критические деформации крайних фибр сжатого бетона. Подставляя в приведенные формулы вместо  $\epsilon_{bu}$  разные значения  $\bar{\epsilon}_{bu}$ , можно найти экстремальное значение момента  $M_{bs}$ . В процессе таких итераций, задавая разные значение  $\bar{\epsilon}_{bu}$ , в первом приближении эти деформации могут приниматься как  $\bar{\epsilon}_{bu} > \epsilon_{bR}$  где  $\epsilon_{bR}$  – деформация в вершине полной диаграммы  $\sigma_b - \epsilon_b$ . Ее можно найти согласно ре-

комендациям ЕКБ-ФИП по формуле  $\varepsilon_{bR} = 0,0007R_b^{0,31}$  [3]. Подобранный таким образом параметр  $\varepsilon_{bu}$ , при котором изгибающий момент достигает наибольшего значения, может приниматься за критические фибровые (краевые) деформации  $\varepsilon_{bu}$ , соответствующие предельному состоянию сечения. Эти деформации позволяют реализовать полную трансформированную диаграмму деформирования, а также аналитически устанавливают критическую форму эпюры напряжений  $\sigma_b(\varepsilon_{bx})$  сжатой зоны бетона [1]. Для такой эпюры можно вычислить  $y_o$  – координату ее центра тяжести относительно нейтральной оси сечения,  $y_o = M_b / N_b$ . Затем определяется плечо внутренней пары сил (расстояние между равнодействующими в сжатом бетоне и растянутой арматуре) по расчетной схеме (рисунок, б),  $Z_b = y_o + h_o - x_R$ . После этого можно найти эксцентриситет  $\varepsilon_{oR}$  согласно формуле (1).

Использование критического эксцентриситета при оценке прочности сечений сжатых элементов и сравнение таких результатов с данными экспериментов, полученными другими авторами, показывает удовлетворительную сходимость. Это позволяет рекомендовать настоящую методику для практического использования при оценке напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых железобетонных элементов в случае больших эксцентриситетов.

1.Роговой С.И., Клименко В.И., Пахомов Р.И. Полная трансформированная диаграмма деформирования бетона при сжатии // 36. научных праць (Галузеве машинобудування, будівництво). Вип. 6. Ч. 2. – Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 2000. – С. 127-132.

2.Роговой С.И. К определению предельных деформаций бетона при неоднородном сжатии // Бетон и железобетон в Украине. – 2000. – №3. – С. 10-14.

3.Taerve L. Codes and Regulations Utilization of High Strength // High Performance Concrete. – 4-th Int. Symp. – Paris, 1996. – p. 93-100.

Получено 15.04.2001

УДК 721.011.185:721.012:721.013

И.И.РОМАНЕНКО, д-р техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

## МЕТОДЫ РАЗНОЗАМЕНЯЕМОСТИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНДУСТРИАЛЬНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (ИСС)

Выявлены типологические признаки и даны логико-семантические описания методов разнозаменяемости: элементарной диверсификации, агрегатирования – конгломерирования, фрагментарно-матричного, варибельности, трансформации, доисчерпания и