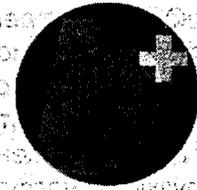




АС'05



АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО – 2005

ARCHITEKTUR UND BAUWESEN – 2005

I Международный научно-практический семинар

I Internationales wissenschaftlich-praktisches Seminar

О НОРМИРОВАНИИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕСТНОМ СЖАТИИ

Рак Н.А.¹

При разработке нормативных документов по проектированию железобетонных конструкций традиционно уделяют наибольшее внимание методам расчета линейно протяженных конструкций (балок, ригелей, плит, колонн, стоек и т.д.) по сечениям, расположенным нормально или наклонно к продольной оси элементов. Столь пристальное внимание именно этим методам вполне объяснимо, поскольку указанные расчеты выполняются практически для всех железобетонных конструкций, в том числе наиболее массовых.

Однако не менее важными следует считать и расчеты железобетонных конструкций при местном приложении нагрузки. В то же время разработке методов расчета конструкций при местном действии нагрузки уделяется значительно меньшее внимание.

Известно, что элемент в зависимости от характера приложения на него нагрузки может разрушиться по одной из следующих схем разрушения, различающихся направлением и видом напряжений:

- от местного сжатия (смятия) в области сжатого бетона, расположенной непосредственно под площадкой приложения нагрузки;
- от местного среза (продавливания) в области бетона, расположенной по периметру площадки приложения нагрузки, вследствие действия напряжений среза;
- от местного растяжения (отрыва) в области растянутого бетона, расположенной непосредственно под площадкой приложения нагрузки, вследствие разрыва бетона.

В связи с принципиальными различиями в схемах разрушения железобетонных конструкций при местном действии нагрузки нормативные документы должны содержать для каждого из видов разрушения особый метод расчета.

Следует отметить, что к включаемым в нормативные документы методам расчета должны предъявляться повышенные требования к их надежности. При этом зависимости, положенные в основу метода расчета, должны иметь ясный физический смысл, а также содержать геометрические параметры конструкций и характеристики материалов, поддающиеся контролю. Важным требованием к предлагаемым зависимостям является их математическая простота, достигаемая, однако, при обязательном обеспечении их необходимой точности и надежности. Структура предлагаемых зависимостей должна позволять путем введения дополнительных коэффициентов учитывать при необходимости вид бетона конст-

¹ Рак Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет (БНТУ)

ружий. Обеспечиваемая предлагаемой зависимостью точность расчета должна соразмеряться с точностью используемых исходных данных.

В настоящем докладе выполнено сопоставление зависимостей по расчету бетонных конструкций при местном сжатии, приведенных в различных нормативных документах, исходя из вышеизложенных требований. Из всего многообразия возможных схем расположения нагрузки на нагружаемой поверхности была выбрана схема концентричного приложения нагрузки. Выбор этой схемы обусловлен тем, что она наиболее часто встречается в расчетах конструкций, а также тем, что именно по этой схеме выполнено большинство экспериментальных исследований, т.е. имеется наиболее представительная выборка экспериментальных данных.

Выбранные для сопоставления нормативные документы и приведенные в них зависимости сведены в таблицу.

Анализ выбранных для сопоставления нормативных документов показал, что в большинстве своем в них используются зависимости, лишенные физического смысла. В то же время в нормах СНБ 5.03.01-02 приведены зависимости, отражающие по своей структуре четкий физический смысл, заключающийся в повышении прочности бетона за счет появления бокового давления бетона, расположенного по периметру нагруженного сечения.

Таблица 1 – Расчетные зависимости для определения прочности бетона при местном сжатии

| № | Нормативный документ | Расчетная зависимость |
|---|----------------------|--|
| 1 | СНИП 2.03-01-84 | при классе бетона ниже В25 $R_{b,loc} = R_b \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 2,5 R_b$ при классе бетона В25 и выше $R_{b,loc} = 13,5 \cdot R_{bt} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 20 R_{bt}$ |
| 2 | СНИП 2.05.03-84 | $R_{b,loc} = 13,5 \cdot R_{bt} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 45 R_{bt}$ |
| 3 | ENV1992-1-1 | $R_{Rdu} = \alpha \cdot f_{cd} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,3 \cdot \alpha \cdot f_{cd}$ |
| 4 | ACI 318-02 | $f_{c,loc} = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 2,0 \cdot \phi \cdot 0,85 \cdot f_c$ где $\phi = 0,7$ |
| 5 | DIN1045-1:2001 | $R_{Rdu} = f_{cd} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,0 \cdot f_{cd}$ |
| 6 | EN 1992-1-1:2003 | $R_{Rdu} = f_{cd} \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,0 \cdot f_{cd}$ |
| 7 | СНБ 5.03.01-02 | $f_{cud} = \alpha \cdot f_{cd} \left[1 + k_u \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \right] \leq 2,5 \alpha \cdot f_{cd}$ где $k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14,0$ |
| 8 | СП 52-101-2003 | $R_{b,loc} = \phi_b \cdot R_b$; где $\phi_b = \sqrt{\frac{A_{b,max}}{A_{b,loc}}}$ но принимаемый не более 2,5 и не менее 1,0. |

В приведенных таблице 1 зависимостях сохранены обозначения соответствующих нормативных документов:

$R_{b,loc}$, R_{Rdu} , $f_{c,loc}$, f_{cud} – прочность бетона при местном действии сжимающей нагрузки (МПа);

R_b , f_{cd} , f'_c , f_{cd} – цилиндрическая или призменная прочность бетона на осевое сжатие (МПа);

R_{bt} , f_t – прочность бетона на осевое растяжение (МПа);

$A_{b,loc}$, A_{c0} – площадь бетона, на которую приложена местная сжимающая нагрузка;

$A_{b,max}$, A_{c1} – условная площадь бетона, на которую распределяются напряжения при местном действии сжимающей нагрузки.

Результаты вычислений по выборке экспериментальных данных, содержащей свыше 900 опытных образцов из 18 источников, приведены в таблице 2. Подробные сведения о выборке данных с описанием принципов ее формирования приведены в работах [8,9].

Таблица 2 – Сопоставление расчетных и опытных величин прочности бетона при концентричном приложении нагрузки

| Нормативный документ | Среднее отношение | Коэффициент вариации |
|---|-------------------|----------------------|
| СНиП 2.03-01-84 | 0,690 | 0,226 |
| ENV1992-1-1, ACI 318-02, DIN1045-1, EN 1992-1-1 | 1,001 | 0,150 |
| СНБ 5.03.01-02 | 1,029 | 0,146 |
| СП 52-101-2003 | 0,801 | 0,150 |

Как следует из приведенных в таблице данных расчетная зависимость СНиП 2.03-01-84 значительно (на 30%) занижала прочность бетона при местном сжатии и обладала невысокой точностью. Расчетная зависимость свода правил Российской Федерации СП 52-101-2003 дает меньшее (до 20 %), чем по СНиП 2.03-01-84, занижение указанной прочности бетона и имеет более высокую точность. Расчетные зависимости ENV1992-1-1, ACI 318-02, DIN1045-1, EN 1992-1-1:2003 и норм проектирования Республики Беларусь СНБ 5.03.01-02 обеспечивают примерно одинаковую точность расчета.

Использование расчетной зависимости, приведенной в СНБ 5.03.01-02, является более предпочтительным, поскольку при обеспечении той же точности эта зависимость отражает реальную природу разрушения бетона при местном сжатии, тогда как другие зависимости являются чисто эмпирическими.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
2. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 199 с.
3. DIN 1045-1:2001-07. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion – 148 p.
4. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (318-02R). – American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2002. – 443 pp.
5. СНБ 5.03.01-02 Конструкции бетонные и железобетонные. / МАиС РБ. – Минск, 2003. – 140 с.
6. EN 1992-1-1:2003. Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings
7. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М., 2004.
8. Тур В.В., Рак Н.А. Прочность и деформации бетона в расчетах железобетонных конструкций: Монография. – Брест, БГТУ, 2003. – 252 с.
9. Rak N. Plain Concrete Strength Under Local Compression According To Belarusian Building Code // Behavior of Concrete at High Temperatures and Advanced Design of Concrete Structures. – Мн.: Технопринт, 2003. – С.206-217.