

где C – вектор-столбец измеренных значений избыточных величин; \bar{C} – вектор-столбец вычисленных значений избыточных величин; V_c и \bar{V}_c – вектор-столбцы соответствующих поправок.

Этот способ имеет ряд преимуществ:

1) коэффициенты условных уравнений вычисляются по формулам, не зависящих от формы и размера геодезической сети;

2) не требуется решать неоднозначную задачу по выбору необходимых и избыточных измерений, т. к. с помощью первых вычисляются предварительные координаты пунктов, для каждого избыточного измерения составляются однотипные условные уравнения координат.

Недостаток способа заключается в сложности реализации его на ЭВМ.

Алгоритм И. И. Монины. Все указанные выше способы обобщены на случай неравноточных измерений. При рассмотрении своего способа И. И. Монины пишет: «веса измерений не вводятся и оценка точности уравненных величин не делается, так как эти вопросы хорошо известны». Действительно, зная B , матрицу весов P векторов свободных членов W , оценка точности во всех пяти способах будет одинакова, а алгоритмы получения матриц B и W разные.

Традиционно способ И. И. Монины, записывается для равноточных измерений. Обобщим данный способ на случай равноточных измерений. Сначала приведем основные формулы способа И. И. Монины. Для всех необходимых измерений (углов или длин линий) составляют систему параметрических уравнений и поправок:

$$(V_1)_{t \times 1} = (A_1)_{t \times 1} \delta X_{t \times 1} + (L_1)_{t \times 1}, \quad (3)$$

а для оставшихся избыточных измерений записывают систему

$$(V_2)_{r \times 1} = (A_2)_{t \times 1} \delta X_{t \times 1} + (L_2)_{r \times 1}, \quad (4)$$

где t – число параметров; r – количество условных уравнений; L – свободные члены параметрических уравнений.

При этом количество измерений $N = t + r$, что составляет количество строк в системах (3) и (4) совместно.

Достоинством способа является автоматизация вычисления матрицы коэффициентов условных уравнений.

Исследования показали, что число обусловленности матрицы нормальных уравнений коррелирует близко к числу обусловленности матрицы нормальных уравнений при параметрическом уравнении, что является существенным недостатком этого способа.

Приведенные способы различаются не только по алгоритму реализации, но и по степени автоматизированности вычислений, поэтому на геодезическом производстве следует отдать предпочтение алгоритму И. И. Монины как наилучшему по универсальности при реализации на ЭВМ.

УДК 624.012.451.46

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРОБНЫХ НАГРУЗОК

Н. СЫЧЕВСКИЙ

Белостокская Политехника, Польша

Целью работы является разработка методики оценки несущей способности и прогибов изгибаемых, железобетонных (кроме мостовых) элементов, применяемая в Польше в послевоенный период.

В существующих железобетонных конструкциях в случае отсутствия технической документации имеются определенные трудности оценки предельных величин трещиностойкости, прогиба и несущей способности. На основе вскрытия конструкции не всегда удаётся определить технические характеристики арматурного каркаса. Затруднения в определении несущей способности железобетонных элементов могут возникнуть в нововозведенных монолитных конструкциях, в которых во вре-

мя их возведения допущены технологические ошибки, а также применены материалы, не соответствующие заложенным в технической документации. Формальная техническая оценка может привести к демонтажу конструкций либо выполнению их усиления, что может быть сложным в исполнении, а также потребует дополнительных расходов.

В польской норме PN-56/B-03260 «Железобетонные конструкции. Статические расчеты и проектирование», установленной в 1956 г., принят метод пластических деформаций как основной к расчетам нормальных сечений, а расчеты на поперечные силы выполнялись методом допускаемых напряжений. Расчеты производились из условия $N_n = M_n$, принимая величины разрушающих нагрузок:

$$N_n = sN, M_n = sM, \quad (1)$$

где N, M – соответственно нормальная сила и изгибающий момент от нормальной нагрузки; s – коэффициент надежности, зависящий от соотношения переменной и постоянной нагрузок, а также от вида напряжений в бетоне.

Согласно норме PN-56/B-03260 можно было применять пробные нагрузки для изгибаемых железобетонных элементов в случаях неуверенности в надежности конструкций, когда нельзя определить несущую способность теоретическим путем. В монолитных элементах пробные нагрузки можно было применять не ранее 42 суток от времени их распалубки. Элемент загружали основной пробной нагрузкой, величина которой равна постоянной нагрузке, учитывая его собственный вес. В зависимости от величины полезной (эксплуатационной или проектной) нагрузки определялась добавочная пробная нагрузка согласно рекомендациям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Полезная нагрузка p , кН/м ²	Пробная нагрузка, кН/м ²
До 7,00	1,4 p
7,00–10,00	10,00
Свыше 10,00	p

Элемент загружали пробной нагрузкой, основной и добавочной, и непосредственно измеряли прогиб, оставляя элемент загруженным. Нагрузку не снимали на протяжении следующих 6 часов. После этого вновь измеряли прогиб и снимали добавочную пробную нагрузку, оставляя постоянную на 6 часов, затем измеряли прогиб. Измеренный прогиб назван постоянным. Оценка конструкции производили на основе соотношения величины прогиба, постоянного к суммарному (прогибу под действием основной пробной нагрузки к добавочной). Результат пробных испытаний считался положительным тогда, когда соотношение прогиба постоянного и суммарного не превышало значений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Отношение суммарного прогиба к пролету элемента	0,001	0,0005	0,00033	0,00025
Отношение постоянного прогиба к суммарному	0,25	0,30	0,35	0,40

Значения, приведенные в таблицах 1, 2, приняты на основе предыдущего опыта проведенных испытаний элементов и конструкций.

В 1976 г. была установлена новая норма PN-76/B-03246 «Бетонные, железобетонные и преднапряженные конструкции. Статистические расчеты и проектирование», в которой расчеты выполнялись методом предельных состояний. В этой норме не было информации о возможности или запрете применения пробных нагрузок к оценке несущей способности существующих конструкций.

В 1984 г. установлена очередная норма PN-84/B-03246, в которой название и суть остались прежними, а в ее содержание введены некоторые изменения (единицы меры, новые классы бетона, анализ и категории трещиностойкости, расчет элементов частично напряженных и др.). В норме PN-84/B-03246 также не было информации, относящейся к пробным нагрузкам и иным методам определения несущей способности существующих конструкций и элементов. В основной литературе того периода, относящейся к железобетонным конструкциям, тематика пробных нагрузок также не учитывалась.

В 1999 г. была разработана и установлена следующая норма PN B-03246:1999, а в 2002 г. – обновленный ее вариант PN B-03246:2002. Заглавия обеих версий норм одинаковые: «Бетонные, же-

лезобетонные и преднапряженные конструкции. Статические расчеты и проектирование». В нормах 1999 и 2002 гг. также нет информации о пробных нагрузках.

Независимо от содержания очередных норм, в период после 1976 г. на практике использовались испытания на пробные нагрузки, так как не было запрета на их применение.

Пробные нагрузки, по сравнению с любыми расчетами, являются самым точным способом определения напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов или конструкций.

УДК 624.012.451.46

ПРИНЦИПЫ ПРОБНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н. СЫЧЕВСКИЙ

Белостокская Политехника, Польша

В докладе представлены основы проведения пробных испытаний железобетонных элементов, рекомендуемые (но не обязательные) в Польше. В польской норме (PN-B-03264:2002), относящейся к проектированию бетонных, железобетонных и преднапряженных элементов, нет сведений о пробных испытаниях или нагрузках. Институт строительной техники (ИТВ) разработал общие рекомендации для испытания конструкций методом пробных нагрузок в практике Польши. В соответствии с ними предлагается разделить пробные нагрузки на три группы: «А», «В», «С».

К группе «А» относятся испытания железобетонных элементов для оценки их соответствия проектным. Основными факторами оценки являются прогибы элементов, а также образование трещин. Наличие остаточных прогибов также может быть основой отрицательных решений по дальнейшей эксплуатации испытываемых элементов.

Испытания группы «В» выполняются с целью проверки надёжности под эксплуатационной нагрузкой. Такие испытания применяются в случаях отсутствия технической документации и технических характеристик материалов. Элементы и конструкцию оценивают на основе допускаемых прогибов и трещинообразования.

В испытаниях группы «С» несущую способность конструкции получают на основе определения относительных деформаций, предела пластичности стали и прочности бетона. В таких случаях требуется высокая точность измерений деформаций бетона и стали под нагрузкой. Метод «С» можно применять не только к изгибаемым элементам, но также и к сжатым.

Пробную нагрузку элементов группы «А» определяют как суммарную, нормативную, постоянную и временную. Положительные результаты определяются на основе отсутствия широкооткрытых трещин и прогибов при условии

$$y_0 \leq y_{adm}, \quad (1)$$

где y_0 – суммарный прогиб; y_{adm} – предельный прогиб.

Для железобетонных ненапрягаемых и преднапряжённых элементов условие (1) соответственно имеет вид

$$y_t \leq 0,15 y_0; \quad (2)$$

$$y_t \leq 0,10 y_0, \quad (3)$$

где y_t – постоянный прогиб; y_0 – суммарный прогиб.

При невыполнении условий (2, 3) можно провести повторные испытания, результаты которых должны удовлетворить условиям (соответственно для ненапряженных и преднапряжённых элементов)

$$y_t \leq 0,15 y_0; \quad (4)$$

$$y_t \leq 0,03 y_0. \quad (5)$$