

УДК 624

ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПРОБНОЙ НАГРУЗКИ

Н.В. Савицкий, д.т.н., А.А. Тютюк к.т.н.,

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Днепропетровск*

Состояние вопроса и постановка задач исследования.

Неразрушающим методам контроля прочности бетона и изделий из него уделяется большое внимание как зарубежными, так и отечественными исследованиями. Это вполне объяснимо: железобетон получил широкое распространение в инженерной практике, а контроль прочности остается на уровне классического приема (разрушения образцов).

В настоящее время оформились два направления в решении проблемы. Первое, предусматривающее сплошной контроль изделий. При интегральной оценке несущих свойств изделия (конструкции) неразрушающим методом в качестве основного критерия предлагается использовать линейную начальную жесткость, определяемую или вибрационным или статическим методом, подразумевая под последним определение жесткости по величине прогиба от собственного веса.

Второе, предусматривающее выборочный контроль, с оценкой несущих свойств изделия по величине и характеру развития деформаций в момент пробного нагружения.

Цель настоящих исследований – разработка методики диагностики и оценки функциональных свойств железобетонных конструкций методом пробной нагрузки

Изложение основного материала.

В основу метода положены:

- а) связь между напряжением и деформацией в отдельных узлах и элементах конструкции, связь между нагрузкой и деформацией конструкции в целом;
- б) нормальный закон распределения прочностных и деформативных свойств материала конструкций;
- в) распространение закона нормального распределения на прочность и деформативность конструкции в целом.

Рабочая гипотеза. В основу обсуждаемого метода контроля положена гипотеза: если на контрольных этапах нагружения (вплоть до расчетной нагрузки) кривая деформации подобна ближайшей проектной, то и при дальнейшем нагружении подобие сохраняется. Поэтому нагружение прекращается, полученная информация оформляется в виде графика путем наложения данных на контрольный, который является принадлежностью проекта на конструкцию и который составляется проектной организацией, с

экспериментальной проверкой в необходимых случаях. Гипотеза была отправным пунктом наших рассуждений и высказана по наблюдениям за графиком испытанных до разрушения однотипных железобетонных конструкций.

Эксперимент подтверждает устойчивость связи нагрузка-деформация равновеликих систем на всех этапах нагружения. Отклонения появляются на этапах, близких к разрушающему, в стадии пластических деформаций, предшествующих разрушению.

Путем экстраполяции на основе гипотезы делается заключение о вероятной прочности образца без его разрушения.

Целью испытания пробной нагрузкой является получение информации - позволяющей сделать оценку испытанного образца (объекта) путем сравнения фактических результатов с контрольными. Главным содержанием информации является зависимость между величиной деформации и нагрузкой на всех этапах нагружения.

Результатом испытания является график деформации /прогиб, относительное удлинение или укорочение, угол сдвига/, как функция от фактически приложенных нагрузок, или напряжения.

Основой суждения о несущей способности конструкции в целом, ее отдельных элементов и узлов, а также всего сооружения является использование закономерности: если фактический график деформации находится в допустимых пределах на промежуточных этапах нагружения до контрольного, то и при дальнейшем нагружении вплоть до разрушения он будет находиться в допустимых пределах.

Следствием указанной закономерности является: если фактический график деформации на промежуточных и контрольном этапах нагружения не выходит за пределы контрольного, то фактическая несущая способность (предел прочности) конструкции или элемента, или сооружения будет не ниже проектной, определенной с учетом отклонения прочности материалов, из которых слагается конструкция.

Несущая способность (прочность) конструкции и величины контролируемых деформаций определяются по принятым в нормах расчета конструкций формулам с учетом изменчивости механических характеристик материала.

Кроме того, при расчете могут быть учтены допустимые техническими условиями на изготовление конструкции технологические отклонения, влияющие на изменение в допустимых пределах прочности и деформативности, например, отклонения в размерах, взаимного расположения арматуры и др.

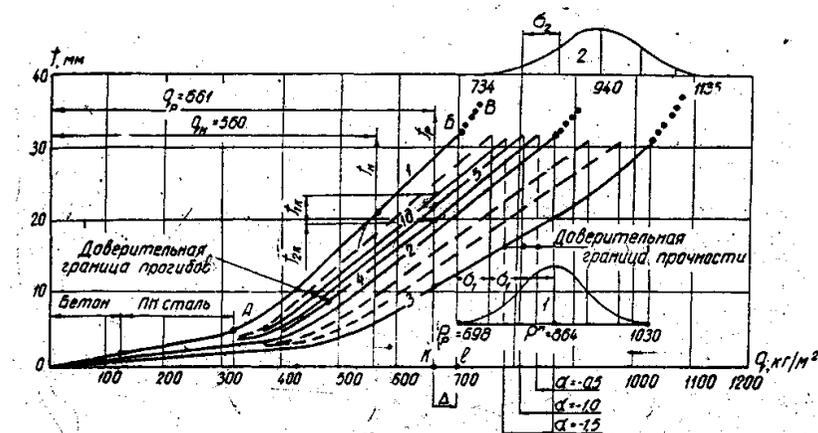
Сочетание изменчивости принимается таким, чтобы получить возможные- наименьшие и наибольшие отклонения от средней величины прочности и соответствующие им деформации с установлением промежуточных величин.

Контрольный график деформации является принадлежностью проекта на конструкцию, составляется проектной организацией с участием в необходимых случаях научно-исследовательской организации.

При оценке качества образца по результатам испытаний на контрольный график накладывается фактический график деформаций как функция от поэтапной нагрузки. Масштаб принимается равным масштабу контрольного графика деформаций, который составлен проектной организацией.

Контрольный график деформаций должен отражать найденные расчетом величины деформаций с учетом возможных отклонений прочностных и деформативных характеристик материала конструкции.

На рис.1 представлен, как пример, контрольный график деформаций изгибаемой предварительно напряженной многопустотной панели.



Контрольный график деформации:
 $f_n^н$ - возможные прогибы при нормативной нагрузке; $f_p^н$ - то же, при расчетной;
 $f_{2к}^н$ - контрольный прогиб при испытании единичного образца; $f_{2к}$ - контрольный прогиб при испытании образца как представителя партии изделий; R_p - несущая способность конструкции по расчетным характеристика материала; R_n - то же, по нормативным

Рис. 1. Контрольный график деформации

Критерий оценки прочности и жесткости по результатам испытаний при нагружении до проектной расчетной нагрузки:

1. Образца - объекта: если фактический график деформаций расположен ниже доверительной границы (линия 1д) контрольного графика деформации, то образец - объект удовлетворяет требованиям проекта по прочности и жесткости.

2. Образцов - представителей партии изделий:

а) если фактический график деформации каждого из испытанных образцов расположен ниже доверительной границы (линия 4) контрольного

графика деформаций и подобен ближайшей линии, то партия изделий признается годной, то есть удовлетворяющей требованиям проекта по прочности и жесткости,

При этом график средних (вычисленных по деформациям всех испытанных образцов) деформаций не должен располагаться выше линии 2 контрольного;

б) если, фактический график деформаций хотя бы одного из испытанных образцов расположен между линиями 4 и 5, необходимо испытать повторно отобранные образцы.

Если при повторном испытании фактический график деформации каждого образца расположен ниже линии 5 и подобен ближайшей, партия признается годной при условии, что график средних (вычисленный по деформациям всей испытанных образцов, включая первое испытание) деформаций расположен ниже линии 2 контрольного или совпадает с ней;

в) если при испытании хотя бы один образец будет иметь фактический график деформации, расположенный между линией 1д-5, или график средних деформаций расположен выше линии 2, - то испытанию пробной нагрузкой подлежат изделия всей партии.

Для всех видов бетонных и железобетонных конструкций при нагружении до расчетной нагрузки не допускается:

1. нарушение сплошности бетона, кроме трещин в растянутой зоне, появление которых оговорено в п. 5.6;
2. проскальзывание арматуры;
3. хрупкое (мгновенное) разрушение или внезапный (скачкообразный) прирост деформации.

В случае появления отклонений от выявленных расчетом зависимостей нагрузка: деформация (например, скачкообразный прирост деформации) или появление других признаков, вызывающих сомнение в прочности изделий серийного изготовления (например, начало проскальзывания арматуры, нарушение сплошности бетона, чрезмерное раскрытие трещин в растянутой зоне бетона, местный выход фактического графика деформаций за пределы линии 1, нарушение подобия фактического графика деформаций контрольному и др.) - образец-представитель партии изделий испытывается до разрушения с целью выявления влияния дефектов изготовления на несущую способность и жесткость.

Для суждения о годности изделий партии, испытанный образец которой соответствует этому случаю, производится поштучное испытание с оценкой результатов испытаний каждого образца.

Иными словами, общая совокупность однотипных конструкций образует из групп равновеликих или равнопрочных, которые обладают устойчивой связью между деформацией и прочностью, что и подтверждает справедливость закономерности.

На рис.1 приведен контрольный график деформации изгибаемого элемента. В расчет вводились только изменчивость свойств материалов, а геометрические характеристики (в том числе относительное положение арматуры) принимались неизменными.

Как видно из рис.1, контрольный график складывается из подобных линий расходящихся с увеличением нагрузки; из них можно выделить четыре главных: первые три отображают изменение прогиба при минимальной /соответствует расчетным характеристикам бетона и стали/ средней /нормативной/ и максимальной несущей способности изделия, четвертая - контрольная.

Каждая линия /для изгибаемого элемента/ имеет три характерные точки:

А - появление трещин в растянутой зоне, начало перелома кривой деформации;

Б - достижение напряжения предела текучести в растянутой арматуре;

В - достижение в растянутой арматуре напряжения временного сопротивления разрыву.

На графике показаны кривые распределения возможной несущей способности по пределу текучести арматуры 1 и пределу прочности на разрыв 2; пунктирными линиями показаны прогибы при интервале отклонений, равном среднему квадратичному отклонению.

Вывод

Разработан метод диагностики и оценки функциональных свойств железобетонных конструкций методом пробной нагрузки. Метод пробного нагружения оценивает прочность изделия, косвенно, так как при испытании изделие (конструкция) ставится под нагрузку. Заключение о конечной величине контролируемого параметра делается на основании экстраполяции.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учета коэффициента запаса прочности сооружений. М., Изд.МГУ, 1947.
2. Таль К.Э. Расчет бетонных и железобетонных конструкций по расчетным предельным состояниям. М., Госстройиздат, 1955.

УДК 624.01

ЗНАЧИМОСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОЧНОСТИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Н.В. Савицкий д.т.н., проф., А.А. Гытюк к.т.н., доц., Т.Ю. Шевченко асс.
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Днепропетровск*

Постановка проблемы и её связь с важными научными и практическими задачами. В результате некачественной деятельности участников процесса создания и процесса эксплуатации железобетонных конструкций, сопровождающейся организационными и технологическими ошибками, фактические физико-механические характеристики и геометрические размеры конструкций зачастую не соответствуют проектным.

Для анализа возможных изменений напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов и оценки их фактической надежности, в связи с изменениями конструктивных параметров, необходимо определить влияние этих параметров на интегральные характеристики элементов.

Под конструктивными параметрами понимается форма и размеры сечений железобетонных элементов, степень их армирования, физико-механические характеристики бетона и арматуры.

В работе [1] была произведена оценка влияния конструктивных параметров на прочность нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов.

Оценка влияния конструктивных параметров на прочность наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов не производилась. К тому же исследования в данном направлении необходимы для объяснения закономерностей, полученных при анализе прочности и оценке надежности наклонных сечений изгибаемых элементов [2].

Цель исследования – оценить влияние конструктивных параметров изгибаемых элементов на прочность наклонных сечений.

Изложение основного материала. Оценка влияния факторов на какое-либо свойство получила название – ранжирование. Цель процедуры ранжирования – выявить значимость, «вес» каждого фактора (конструктивного параметра) в обеспечении свойства (прочности наклонного сечения).

В число параметров, обеспечивающих прочность наклонных сечений железобетонных элементов, входят: физико-механические характеристики бетона (R_{bt}); физико-механические характеристики арматуры (R_{sw}); ширина поперечного сечения элемента (b); толщина защитного слоя бетона (a); высота сечения элемента (h); площадь сечения поперечной арматуры (A_{sw}); шаг поперечной арматуры (s).

В [2] вероятностный расчет был произведен методом линеаризации, которому свойственны следующие достоинства:

1) метод имеет ясный физический смысл – частные производные есть мера скорости изменения функции относительно определенного аргумента при фиксированных значениях остальных переменных;

2) метод линеаризации позволяет оценить степень и направление влияния отдельных параметров на изменчивость функции, т.е. дает возможность ранжировать параметры по величине вносимого ими вклада в свойство конструкции;

3) метод непосредственно связан с методикой оценки надежности – уравнение линеаризации формируется в области средних наиболее вероятных значений свойства.

Поэтому ранжирование конструктивных параметров в данном исследовании основано на дисперсионном анализе.

Были исследованы изгибаемые железобетонные элементы