

УДК 624.023

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОНАПРЯЖЕНИЯ И РАБОТЫ СБОРНО-МОЛИТНЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ САМОНАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ковальчук С.Н.
БПИ

Для самонапряженных сборно-монолитных неразрезных конструкций существует необходимость исследовать их напряженное состояние с учетом перераспределения усилий, на стадии расширения напрягающего бетона.

Очевидно, что механические состояния армированной модели из оптически чувствительного полимера будут соответствовать натуре в том случае, если будут выполнены условия подобия в отношении модельных материалов и способа передачи внешних усилий в соответствии с [1].

Из [1] следует, что для подобных материалов M и M' , подчиняющихся закону Гука, упругие постоянные связаны соотношением:

$$E' = \frac{\beta}{\gamma} E \quad G' = \frac{\beta}{\gamma} G \quad \mu' = \mu \quad (1)$$

где E - модуль упругости; G - модуль сдвига; μ - коэффициент Пуассона; β , γ - множители напряжений и деформаций соответственно.

Для материалов, обладающих неодинаковой прочностью на сжатие и растяжение (в данном случае бетон), зависимость связывающая предельные напряжения может быть записана в следующем виде:

$$R'_p = \beta R_p \quad R'_c = \beta R_c \quad (2)$$

Условие (2) предполагает нарушение сплошности материала при нагружении и, следовательно, может быть использовано при моделировании микротрещинообразования и разрушения системы.

Введение множителя подобия для относительной деформации (величины безразмерной) нарушает положения теории размерностей (π -теоремы). Тем не менее для случая моделирования армированных железобетонных конструкций, отклонение от строгих теоретических предпосылок возможно при условии соблюдения ряда требований. Основное из них - ограничение величины деформаций (случай малых перемещений). Принятое допущение является необходимым, так как модуль

упругости оптически активных материалов намного ниже, чем у бетона, и, следовательно, соблюсти равенство $\gamma = 1$ не представляется возможным при β , равном или несколько меньше единицы. При использовании для модели пластмасс не сохраняется условие (1) в части равенства коэффициента Пуассона материалов природы и модели.

Таким образом, решение задачи о моделировании армированной железобетонной конструкции материалами, отличающимися от природы вещественным составом, возможно лишь при определенных допущениях. Величина возникающей погрешности определяется экспериментально.

Геометрический множитель подобия связывает линейные размеры сравниваемых элементов зависимостью:

$$l' = \alpha l \quad (3)$$

Согласно основной теореме подобия (если $\mu' = \mu$) подобные тела в случае малых перемещений и деформаций находятся в подобном состоянии, в сходственные моменты времени, причем напряжения равны соответственно σ и σ' , деформации - ε и $\varepsilon' = \gamma \varepsilon$, смещения - U и $U' = \alpha \gamma U$ при условии, что распределенные поверхностные силы в точках - σ и $\sigma' = \beta \sigma$, интенсивность объемных сил - K и $K' = K \beta / \alpha$.

В случае моделирования неоднородной структуры железобетона необходимо соблюсти условие:

$$\frac{E_a}{E_b} = \frac{E'_a}{E'_b}, \quad (4)$$

где E_a - модуль упругости арматуры; E_b - модуль упругости бетона; E'_b - модуль упругости оптически чувствительной пластмассы.

Таким образом, при моделировании железобетона в упругой стадии работы конструкции необходимыми и достаточными условиями подобия будут: условие (4) совместно с требованием о равенстве коэффициента Пуассона для материалов оригинала и модели и обеспечения геометрического подобия всей системы в целом. Каждый из составляющих модель материалов должен следовать закону Гука в пределах заданных нагрузок (требование поляризационно-оптического метода).

При моделировании неразрезной, сборно-монолитной самонапряженной балки, как трехкомпонентной системы (сборный бетон (оптически чувствительная пластмасса) - армирование - монолитный напрягающий бетон) в качестве расширяющегося компонента предполагается использовать цементно-песчаный раствор на НЦ с модулем упругости близким к модулю упругости самонапряженного бетона на НЦ. Так как $E'_{cb} \approx E_{cb} / 10$ то не удастся соблюсти условие:

$$\frac{E_{cb}}{E_{mb}} = \frac{E'_{cb}}{E'_{mb}} \quad (5)$$

где E_{cb} - модуль упругости сборного бетона; E_{mb} - модуль упругости монолитного бетона на НЦ; E'_{mb} - модуль упругости раствора на НЦ; E'_{cb} - модуль упругости оптически чувствительного материала.

По этой причине на модели удастся получить только качественную картину распределения напряжений в упругой стадии работы конструкции. Однако контролируемые параметры (перемещения, деформации, напряжения) могут быть использованы при разработке и корректировке математической модели, которая в дальнейшем будет доработана по результатам натурных испытаний и приспособлена к расчету реальных конструкций.

В основу выбора материала для модели стальной арматуры может быть положено соотношение:

$$\frac{E'_a}{E'_b} = \frac{E_a}{E_b} \approx 5 \div 8 \quad (6)$$

Модуль упругости большинства оптически чувствительных пластмасс находится в пределах $3 \times 10^3 - 5 \times 10^3$ МПа. Следовательно для сохранения соотношения (6) необходимо, чтобы $E'_a = 1.5 \times 10^4 - 4 \times 10^4$ МПа. Это позволит сохранить одинаковый процент армирования в натуре и модели ($\nu = \nu'$).

Следует заметить, что с теоретической точки зрения не обязательно, чтобы $\nu = \nu'$ так как усилия, воспринимаемые арматурой модели, могут быть переданы на любой материал при условии, что $\varepsilon'_a = \varepsilon''_a$, где ε'_a - относительное удлинение арматуры; ε''_a - то же для материала, его заменяющего. Следствием этого являются отношения $\sigma''_a = n\sigma'_a$ и $n = E''_a / E'_a$. Тогда $F'_a = nF''_a$ или $F''_a = F'_a / n$.

Следовательно в качестве модели арматуры может быть применен материал с E''_a отличным от $E'_a = 1.5 \times 10^4 - 4 \times 10^4$ МПа при соответствующем изменении диаметра арматуры и коэффициента армирования. Однако это отличие не должно быть большим, так как приводит к изменению площади контакта модели арматуры и модели бетона.

Таким образом в качестве модели арматуры может быть использована проволока из сплавов алюминия или меди ($E = 6.8 \times 10^4 - 9.4 \times 10^4$ МПа), стеклопластиковая арматура ($E = 4 \times 10^4 - 5 \times 10^4$ МПа).

Для обеспечения надежного сцепления оптически чувствительной пластмассы с раствором на НЦ предлагается нанесение на пластмассовую часть "Ш" - образного профиля (рис.1) или выпуск арматуры за верхнюю грань (рис.2).

Оценка достоверности принятых предпосылок моделирования возможна только при экспериментальном сопоставлении результатов испытания модели и ее натуре.

При моделировании предполагается варьировать соотношение высот монолитного и сборного железобетона, расположение арматуры и коэффициент армирования, схемы закрепления на опорах и загрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахвердов И.Н. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона. Мн., "Наука и техника", 1973
2. Голышев А.Б. Расчет сборно-монолитных конструкций с учетом фактора времени. Киев, "Будівельник", 1969

УДК 697.1

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СОЛЕСОДЕРЖАЩИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Никитин В.И., Афонин А.В.

БПИ

В настоящее время остро стоит проблема повышения теплоизолирующей способности ограждающих конструкций зданий и сооружений. Способность стеновых материалов проводить тепло характеризуется коэффициентом теплопроводности. Поэтому очень важно достаточно точно оценивать значения этого технического показателя на всех этапах жизненного цикла ограждающих конструкций.

Теплопроводность стеновых материалов зависит от большого числа факторов, среди которых следует отметить вид и структуру твердого вещества, плотность и характер пористости, влажность и температуру. В процессе эксплуатации зданий добавляются новые факторы, из которых большую опасность представляют гигроскопические соли. Заметное увеличение содержания водорастворимых солей в капиллярно-пористых материалах ограждений связано с повышением общего уровня загрязненности окружающей среды. При наличии солей изменяются теплотехнические свойства материалов. Так, сорбционная влажность материалов с повышением солесодержания может увеличиваться в два и более раза. Увеличение влажности стеновых материалов приводит к повышению их коэффициента теплопроводности и снижению теплозащитных свойств ограждающих конструкций.

Теплопередача стеновых материалов с высокой пористостью есть результат теплопередачи твердого и внутрипорового веществ. В общем случае поровое пространство материала, содержащего соли, может быть заполнено веществом, со-