

А. А. ЯКОВЛЕВ, В. А. БЕЛЫЙ (Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

У статті наведено результати дослідження несучої здатності центрально стислих бетонних елементів при використанні полімерних матеріалів.

В статье приведены результаты исследования несущей способности центрально сжатых бетонных элементов при использовании полимерных материалов.

In the article the results of research of bearing capacity of the centrally compressed concrete elements with the use of polymeric materials are presented.

Использование современных материалов и нано технологий в строительстве позволяет увеличивать несущую способность, как отдельных элементов, так и сооружения в целом. Существующие полимерные материалы обладают легким весом и высокими прочностными характеристиками. Использование таких материалов одно из перспективных направлений, так как они просты в применении и могут быть использованы в существующих и проектируемых железобетонных конструкциях.

Исследования материала основываются на испытании опытных образцов. На основе полученных данных можно определить прочностные и деформативные характеристики материала. На основе полученных данных можно охарактеризовать работу материала. При исследовании совместной работы двух и более материалов возникают сложности в расчетах, они становятся трудоемкими. Используя многофункциональные расчетные программные комплексы (ANSYS 12), можно создавать объемные элементы, выполнять моделирование работы исследуемого образца, с учетом нескольких материалов, определять распределение и развитие усилий в рассматриваемом сечении на любом этапе загрузки.

В ходе исследований выполнено сравнение теоретически полученных результатов с использованием многофункциональных расчетных программных комплексов (ANSYS 12) и данных, полученных на основании испытаний.

Для исследования центрально сжатых бетонных элементов были рассмотрены элементы квадратного сечения $150 \times 150 \times 600$ мм.

Используемые материалы и их основные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства материалов

N п/п	Материал	Кубическая прочность, f_{cu} (МПа)	Призменная прочность, f_c (МПа)	Модуль упругости, E_c (МПа)
1	Бетон	26,8	21,9	$2,91 \times 10^4$
N п/п	Материал (данные изготовителей)	Толщина, t (мм)	Прочность на сжатие, f_p (МПа)	Модуль упругости, E_p (МПа)
2	Полимер	0,302	900	$6,3 \times 10^4$

Были выполнены испытания на центральное сжатие: образец № 1 – без полимерного материала; образец № 2 – на наружные грани призмы был приклеен полимерный материал с помощью высокопрочного клея на эпоксидной смоле в один слой; образец № 3 – два слоя; образец № 4 – три слоя полимерного материала. Полимерные материалы склеивали между собой с помощью высокопрочного клея на эпоксидной смоле. Схемы образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Схема образцов

N п/п	Образцы	Количество слоев полимера, n	ρ_{pol} , %
1	№ 1	0	0
2	№ 2	1	0,805
3	№ 3	2	1,611
4	№ 4	3	2,415

В табл. 2 ρ_{pol} – это отношение объема полимера к объему бетона, вычисленный по формуле:

$$\rho_{pol} = \frac{4 \cdot n \cdot t}{a} \cdot 100 \%,$$

где n – количество слоев полимера; t – толщина полимера, мм; a – сторона призмы, мм.

Образцы испытывали на стационарном прессе, с максимальным усилием 150 т (1500 кН). На грани образцов были установлены две мессуры с базой 200 мм. Нагрузка задавалась ступенями – 100 кН, до 400 кН шаг нагрузки – 40 кН. Полученные данные изображены на рис. 1.

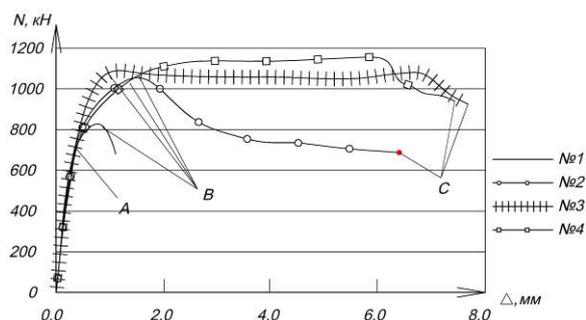


Рис. 1. Зависимости усилий от деформаций

Исходя из полученных диаграмм, видно, что использование полимерных материалов приводит к значительному увеличению несущей способности испытываемых образцов. Анализируя полученную диаграмму, можно выделить характерные точки. Точка A для всех образцов соответствует $0,8 N_p$ – разрушающей нагрузки. На промежутке от O до A кривые идут одинаково, и горизонтальные деформации бетона внутри образца незначительны. При испытании образца № 2 начал издаваться хруст внутри образца, когда нагрузка превысила $0,83 N_p$. В образце появились поперечные деформации, и полимер включился в работу (характерная точка B). Временное сопротивление бетона сжатию начинает уменьшаться для образца № 2 – диаграмма упала. Можно выделить характерную точку B – начало совместной работы материалов. Для образца № 2 характерная точка B является пределом прочности. Образцы № 3, № 4 продолжали воспринимать прикладываемую нагрузку. В результате разрушения произошел перелом волокон в образцах (точка C).

Можно выделить три стадии совместной работы материалов. Сначала бетон воспринимает приложенные нагрузки, поперечные деформации

в образце незначительны. Затем включается полимер совместно с бетоном и воспринимает расширение бетона. Следующая стадия – когда возникают максимальные напряжения в полимере и происходит разрушение образца.

Используя многофункциональные программные комплексы (ANSYS 12), было выполнено моделирование работы образцов с учетом полимерного материала и стадийного нагружения. Полученные результаты приведены на рис. 2.

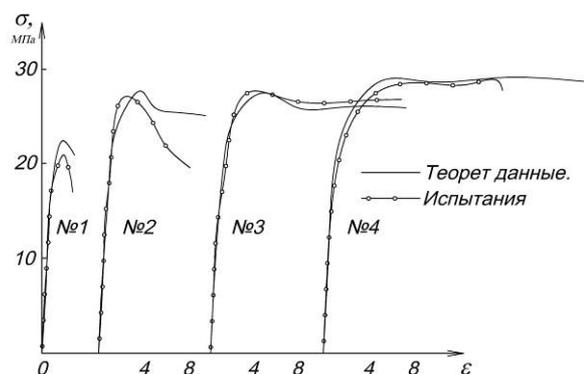


Рис. 2. Диаграмма деформирования бетона при осевом сжатии

Сравнительный анализ показывает, что погрешность полученных теоретических данных и практических испытаний не превышает 10%. Данные испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение полученных результатов

Образцы	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Теоретические данные, МПа	20,72	26,93	27,04	28,99
Испытания, МПа	22,43	27,67	27,72	28,60
Погрешность, %	8,25	2,75	2,51	-1,96

На основании полученных теоретических исследований можно построить кривую распределения напряжений по всей высоте исследуемого образца, которая изображена на рис. 3.

Максимальные напряжения возникают в середине образца, к нижней и верхней части образца напряжения уменьшаются.

Однако перелом волокон полимера не происходит в середине высоты образца.

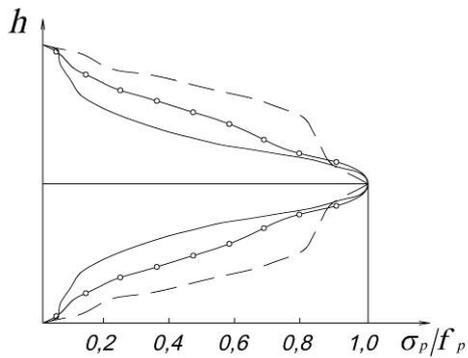


Рис. 3. Распределение напряжений в сечении по высоте образца

Можно говорить, что концентрация напряжений в полимерном материале возникает в месте максимальных поперечных деформаций бетона – это и есть основная причина разрушения образца.

В результате выполненных исследований можно утверждать, что многофункциональные программные комплексы упрощают задачу исследования совместной работы нескольких материалов с различными прочностными характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы [Текст] / Минстрой России. – М.: ГПЦПП, 1996.
2. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1988.

Поступила в редколлегию 12.04.2010.
Принята к печати 19.04.2010.