

ЛАЗЕРНАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ПЕНОБЕТОНА LASER INTERFEROMETRY FOAM CONCRETE

Кондращенко В.И.* , Кесарийский А.Г.** , Казаков А.А.*

Kondrashchenko V.I.* , Kesarijskij A.G.** , Kazakov A.A.*

*Российская Федерация, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский Университет Транспорта (МИИТ)»

**Украина, ООО «Лаборатория комплексных технологий, г. Павлоград

kondrashchenko@mail.ru

Методами лазерной интерферометрии изучено поведение пенобетона при действии сжимающей нагрузки.

By the methods of laser interferometry is studied the behavior of foam concrete under the action of compressive loads.

Для построения достоверных моделей материалов необходимо понимание состояний и процессов, происходящих в строительном композите при различного рода воздействиях. Традиционный подход к испытанию материалов, основанный на получении усредненных механических характеристик композиционной структуры, уже не обеспечивает достаточной точности описания явлений, происходящих между элементами сложноструктурированной системы.

Опыт экспериментальных исследований таких систем, в том числе и композиционных структур, показывает, что для эффективного решения задач такого рода, целесообразно применять экспериментальные методы, оперирующие не отдельными, точечными измерениями, а массивами, полями параметров, описывающими свойства и/или процессы, происходящие в объекте исследования. При этом методы экспериментального исследования должны иметь высокую чувствительность, обладать хорошим пространственным и временным разрешением, а также обеспечивать бесконтактный съем информации. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют методы лазерной интерферометрии.

Как показали проведенные испытания с применением методов лазерной интерферометрии, образцы из пенобетона демонстрируют существенные отличия в механике деформирования по сравнению с бетонами, имеющими заполнитель. На рис. 1 приведена диаграмма деформирования образца пенобетона плотностью 500 кг/м^3 с ниспадающей ветвью. Индексы 1-7 на кривой деформирования определяют состояние образца в моменты регистрации голографических интерферограмм.

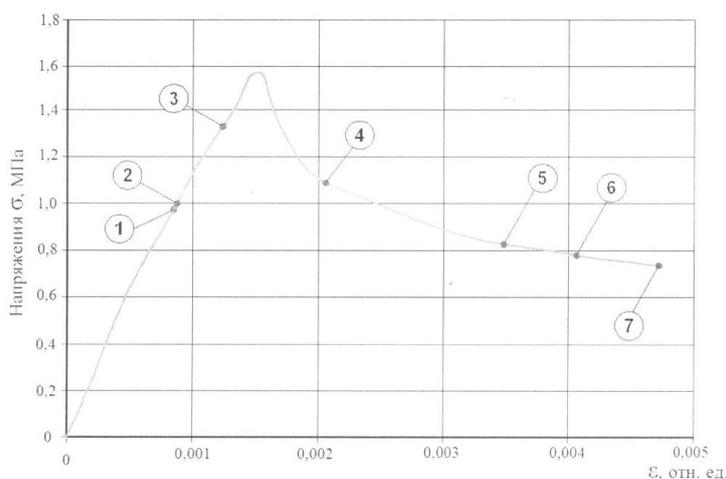


Рис. 1. Диаграмма “ $\sigma - \epsilon$ ” пенобетона плотностью 500 кг/м^3 при сжатии

До уровня напряжений в образце, составляющих 45-50 % от разрушающих напряжений σ_p , наблюдается линейное деформирование образца, соответствующее упругой области кривой деформирования. Но уже при достижении уровня напряжений $\sigma = 0,62\sigma_p$ поле перемещений теряет свою равномерность и начинают проявляться первые признаки деструкции образца (рис. 2а(1)). Локальные искажения интерференционных полос в зоне «а» характеризуют участок потенциального выклинивания части материала. В зоне «б» обнаруживаются разрывы интерференционных полос, свидетельствующие о зарождении в ней трещины.

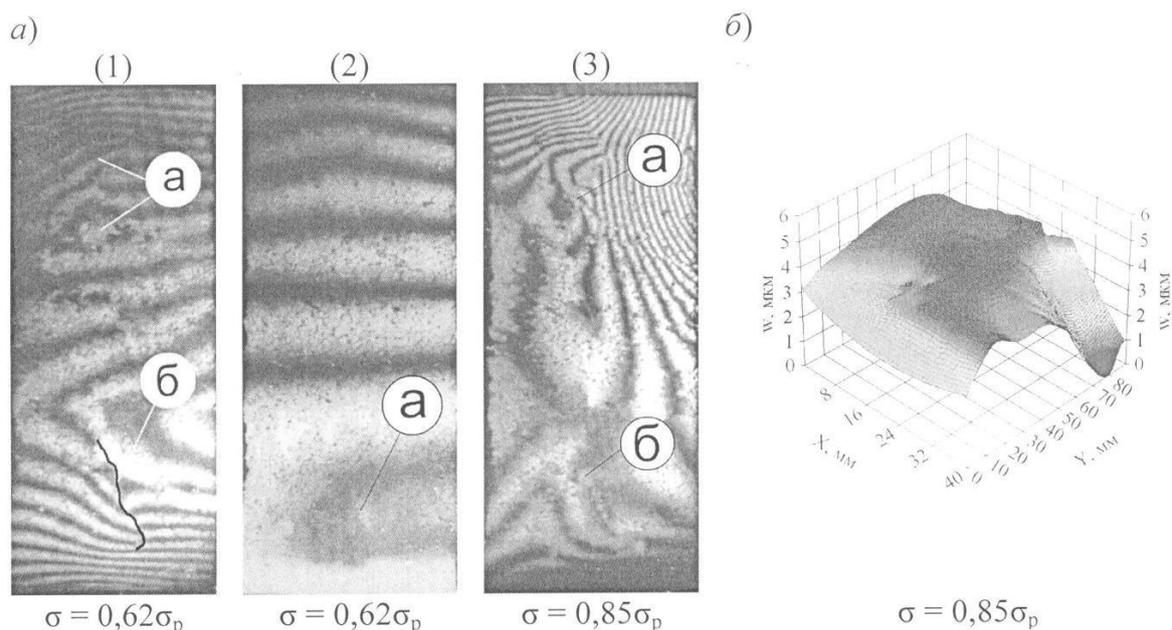


Рис. 2 – Интерферограммы пенобетона (а) на восходящей ветви диаграммы “ $\sigma - \epsilon$ ” с индексами (1)-(3) и 3D-диаграмма поля перемещений (б)

В ходе эксперимента намеренно выполнялось незначительное снижение сжимающей нагрузки (4-5 %) во время движения по восходящей ветви кривой деформирования. Голографическая интерферограмма, полученная после восстановления уровня напряжений, позволяет констатировать, что уровень упругих деформаций на этой стадии деформирования начинает существенно уменьшаться, о чем свидетельствует падение частоты полос по сравнению с предыдущей интерферограммой, полученной при том же перепаде и уровне нагрузки.

Интерферограмма на рис.2а(2) позволяет обнаружить необратимую зону зарождения трещины, хорошо различимую в зоне «а». При этом наблюдается полное отсутствие аномалий в верхней части образца, что свидетельствует об упругом характере деформирования на участке ранее обнаруженных локальных дефектов и отсутствие деструкции образца в этой зоне.

Дальнейшее увеличение нагрузки на образец приводит к активному развитию ранее обнаруженных аномалий деформирования – по разрывам в интерференционных полосах (зоны «а» и «б» на рис. 2а(3)) при $\sigma = 0,85\sigma_p$ отчетливо проявляются трещины, которые визуально на образце не видны.

Особенностью деформирования пенобетона на восходящей ветви является то, что даже в процессе образования трещин развитие деформаций сравнительно быстро затухает, а общее напряженно-деформированное состояние образца стабилизируется, о чем свидетельствует хороший контраст интерферограмм, представленных на рис. 2.

На ниспадающей ветви кривой деформирования характер интерферограмм существенно изменяется. Так, например, на интерферограмме, полученной при снижении

уровня напряжений до $0,69\sigma_p$ (рис. 3(4)) зона «а» выглядит темной вследствие того, что даже за короткое время экспонирования 4-5с темп развития нормальных к поверхности образца деформаций здесь составлял не менее $0,05$ мкм/с.

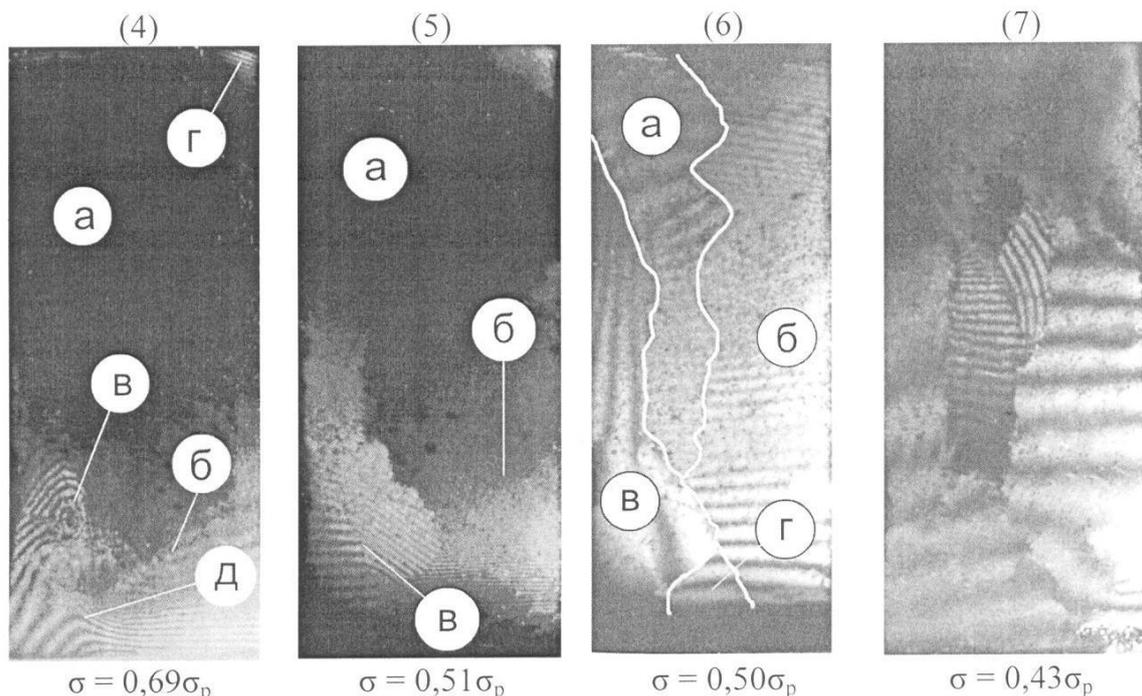


Рис. 3 – Интерферограммы пенобетона на ниспадающей ветви « $\sigma - \epsilon$ »

Зона «б» на рис. 3(4) испытывает сильное влияние деформирующейся части, о чем свидетельствует пониженный контраст интерференционных полос. При этом, основываясь на существовании зоны локальной стабильности «г», можно предполагать, что эта часть образца сохраняет стабильность как единое целое, но подвергается повороту за счет усилий со стороны разрушающейся центральной части. В зоне «в» формируется локальный максимум перемещения без образования трещины, что свидетельствует о наличии внутреннего силового давления, возникающего при взаимодействии двух крупных блоков.

Падение напряжений в образце до уровня $0,51\sigma_p$ происходит на фоне активной подвижности зоны «а» (рис. 3(5)). При этом видно, что темп деформации снижается, поскольку прослеживается расширение стабильности состояния зоны «б». Зона «в» стабилизируется как единый блок, но еще испытывает активное силовое воздействие зоны «а», но со стороны внутренней структуры, поскольку границы блоков отчетливо просматриваются и практически не имеют существенной силовой взаимосвязи.

Структура наблюдаемых трещин $0,50\sigma_p$ (рис. 3(6)) позволяет подтвердить предположения о механизме разрушения, основанные на анализе предшествующих интерферограмм. Блок «а» выполняет роль силового клина, а блок «б» сохранил целостность структуры за счет отделения от блока «а» по магистральной трещине. Энергия разрушения, в основном, расходовалась на деструкцию приграничных зон по берегам магистральных трещин. Блок «в» подвергался активному воздействию со стороны блока «а», но сохранил целостность структуры даже в своей нижней части. Блок «г» сформировался трещинами, наблюдаемыми еще на ранних стадиях деформирования образца.

Рост усилия на образец приводит, в основном, к взаимному смещению блоков (рис. 3(7)), сколам приграничных областей и снижению общей несущей способности образца, сопровождающегося его распадом на отдельные блоки.

Таким образом, применение лазерной интерферометрии позволило установить блочный характер разрушения пенобетона под действием сжимающей нагрузки.