

УДК 624.072.3

*Доценти Г.Л. Ватуля, Е.И. Галагура,
асп. Д.Г. Петренко*

*G. Vatulya, E. Galagurya,
D. Petrenko*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБИННЫХ ДАТЧИКОВ**

**DETERMINATION OF STRUCTURES MECHANICAL
CHARACTERISTICS WITH DEEP SENSORS**

Представил д-р хим. наук, профессор А.Н. Плугин

Введение. Свойства материалов при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость определяются механическими

характеристиками. Величины механических характеристик могут быть получены в лабораторных условиях доведением

образцов до разрушения или чрезмерной деформации.

В настоящее время возникают трудности при определении механических характеристик конструкций экспериментальным путем, которые находятся в сложном напряженно-деформированном состоянии. Сложность определения деформаций бетонного ядра сталебетонной колонны вызвана тем, что бетонное ядро находится в состоянии трехосного сжатия.

В данной статье приведены результаты испытания бетонных кубиков с размерами ребер $100 \times 100 \times 100$ мм под воздействием кратковременного статического нагружения с использованием глубинных датчиков. В ходе экспериментальных исследований были получены значения деформации бетонных кубиков по показаниям наружных и внутренних тензодатчиков.

Применение в экспериментальных исследованиях тензорезисторов позволяет следить за развитием деформаций, а также судить об их линейной либо нелинейной зависимости. Однако расположение тензорезисторов с внешней стороны опытного образца позволяет определить деформации только на поверхности конструкции. Для более детального изучения развития деформаций в образцах внутри бетонных кубиков были размещены глубинные датчики, чтобы экспериментально решить задачу об изменении деформаций в предельном состоянии.

Как показали исследования [1], применение такого типа глубинного датчика дает хорошую сходимость экспериментальных и теоретических данных.

Глубинные тензодатчики были изготовлены по следующей технологии. В сборно-разборную металлическую формочку (ячейка для изготовления каждого датчика имеет размер $100 \times 10 \times 5$

мм), смазанную солидолом, укладывался слой мастики толщиной 2,5 мм. Мастика состояла из смеси клея БФ-2 с цементом в соотношении 1:2. После ее высыхания (в течение 24 ч) на нее наклеивались тензодатчики серии ВФ100-20АА-А(11)-ВХ, на которые в свою очередь наносился второй слой мастики. Свободными оставались только участки головки датчика с выводами. После того как к выводам были подпаяны провода, осуществлялось изолирование этой части датчика. После термической обработки в сушильном шкафу при температуре 150° в течение 1 ч датчики извлекались из формочки.

Для проведения экспериментальных исследований было изготовлено шесть опытных образцов. Глубинные датчики помещались в формочки во время бетонирования. Формы для кубиков заполнялись бетоном наполовину, вибрировались, затем укладывался глубинный тензодатчик, остальная часть формы заполнялась бетоном и снова вибрировалась. Испытания кубиков проводились на 30 день после бетонирования.

Бетонные кубики (класса бетона С10/12) испытывались на гидравлическом прессе ПММ-250 в лаборатории кафедры «Строительная механика и гидравлика» УкрГАЖТ.

К образцам прикладывалась осевая нагрузка. В процессе испытания измерялись продольные деформации. Для этого на грани кубиков в продольном направлении наклеивались тензодатчики. Глубинный тензодатчик размещался также в продольном направлении внутри кубика.

Показания тензодатчиков снимали с помощью тензоцентрической станции ВВП-8. Нагрузку прикладывали по 20 кН в интервале от 0 до $0,8F_{\text{разруш}}$. Отсчеты по приборам снимались на каждой ступени нагрузки. Все образцы доводились до разрушения.

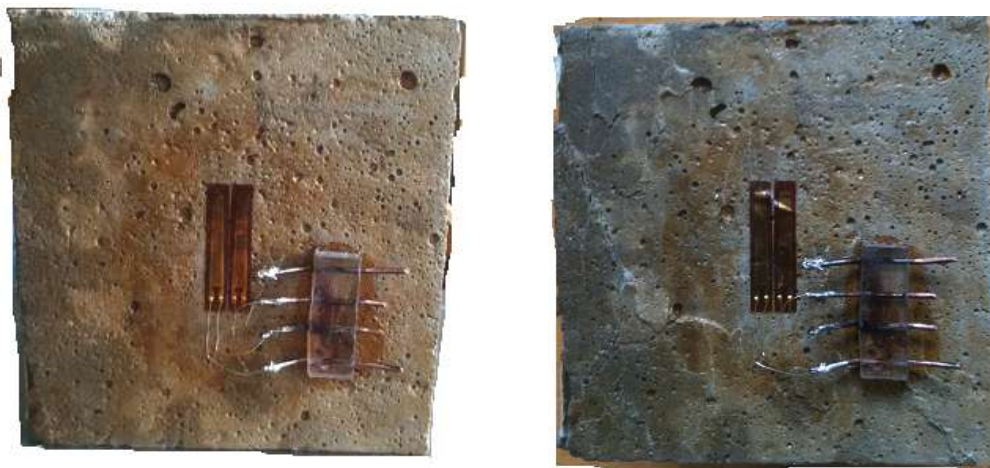


Рис. 1. Внешний вид бетонных кубиков до и после испытаний

Как известно, в бетоне даже при малых напряжениях, кроме упругих, развиваются и пластические деформации. Зависимость деформаций от напряжений выражается для него кривой линией. Поэтому отношение представляет собой переменную величину. Геометрически модуль деформации – тангенс угла наклона касательной к кривой, выражающей зависимость между деформациями и напряжениями.

Вследствие разнообразия свойств бетонов, влияния размеров образцов, влияния влажности бетона, зависимости деформаций от скорости нагружения и условности измерения предельной деформации, предшествующей разрушению, результаты экспериментальных данных разных исследователей различны, особенно в части определения предельной величины деформации.

Для установления связи между напряжениями и деформациями вводят величины: E_{ck} – модуль упругости (начальный модуль деформаций); E_{cd} – расчетное значение модуля упругости.

Приближенно E_{ck} и ε_c можно определять по формулам Л.И. Онищика:

$$E_{cd} = E_{ck} \cdot \left(1 - \frac{\sigma}{1,1 \cdot f_{cm}}\right); \quad (1)$$

$$\varepsilon_c = \frac{1,1 \cdot f_{cm}}{E_{ck}} \ln\left(1 - \frac{\sigma}{1,1 \cdot f_{cm}}\right). \quad (2)$$

Значения начальных модулей упругости при сжатии бетона $E_{ck} = E_c$ равны отношению нормального напряжения σ к относительной деформации ε при величине $\sigma < 0,2f_{ct}$. С ростом напряжений в бетоне величина модуля деформации уменьшается. При напряжениях $\sigma < 0,5f_{ct}$ упругая деформация составляет обычно более 0,8 полной деформации. В наших экспериментальных исследованиях принимаем, что в пределах от 0 до $\sigma < 0,5f_{ct}$ зависимость между деформациями и напряжениями линейная. Из этого следует, что ε_c можно определить по формуле

$$\varepsilon_c = \frac{\sigma}{E_{cd}}. \quad (3)$$

Продольные деформации замерялись также с помощью индикаторов часового типа.

Как видно на рис. 2, на первых этапах нагружения зависимости теоретических продольных деформаций от нагрузки близки к линейным. Далее линейность нарушается и при нагрузках 0,5 от разрушающей наблюдается интенсивный рост продольных. На рис. 3 показаны зависимости продольных деформаций от нагрузки по показаниям тензометрической базы.

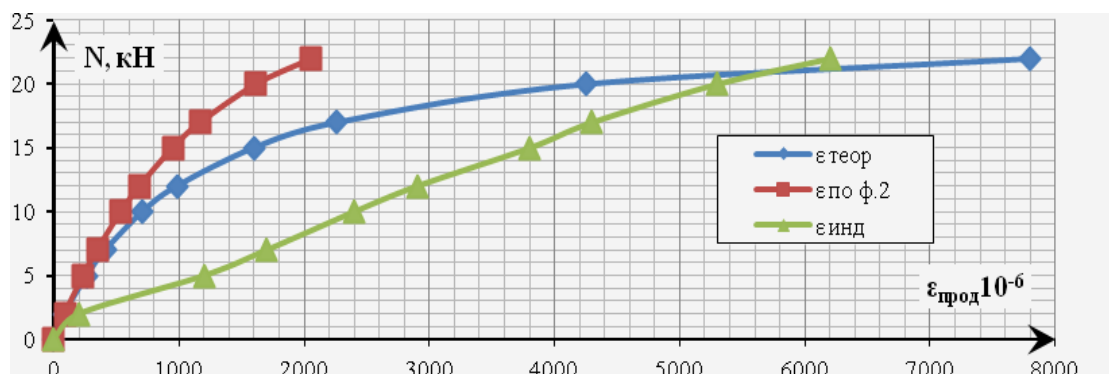


Рис. 2. Графики изменения теоретических продольных деформаций

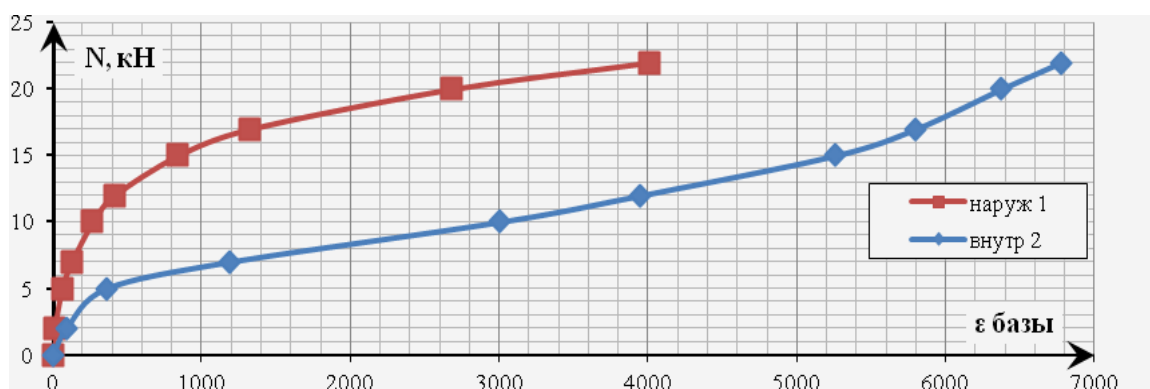


Рис. 3. Графики изменения продольных деформаций по показаниям тензометрической базы

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что показания наружного тензорезистора имеют схожую зависимость с теоретическими продольными деформациями, которые определяются по формулам (2) и (3). Показания глубинного тензодатчика имеют схожую зависимость с показаниями индикатора часового типа. Таким образом, можно сделать вывод, что продольные деформации внутри бетонного кубика отличаются от продольных деформаций на его гранях.

По полученным теоретическим и экспериментальным данным были рассчитаны коэффициенты перевода показаний тензометрической базы к

значениям продольных деформаций (рис. 4). В виду того, что зависимость деформаций от нагрузки носит нелинейный характер, коэффициент перевода также изменяется по нелинейной зависимости.

Выводы. В результате испытания бетонных кубиков были получены данные о характере развития продольных деформаций на поверхности и внутри бетона на различных этапах нагружения.

Проведенные экспериментальные исследования позволили сопоставить развитие продольных деформаций на поверхности и внутри бетонного кубика. Получены коэффициенты перевода показаний тензометрической базы к значениям продольных деформаций.

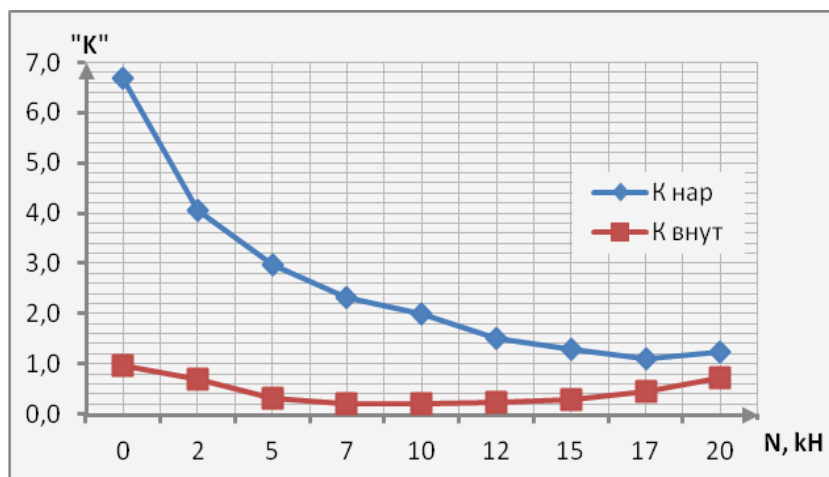


Рис. 4. Графики изменения коэффициента перевода

Список литературы

1. Красновский, Р.О. О методике испытания железобетонных балок на действие поперечных сил [Текст] / Р.О. Красновский // Методика лаб. исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и ж.-б. конструкций. – М.: Госстройиздат, 1962. – С. 160-173.
2. Берг, О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона [Текст] / О.Я. Берг. – М.: Госстройиздат, 1962. – 96 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу [Текст]. – Введ. 22.12.2009. – К.: НДІБК, 2009. – 13 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Текст]. – К.: НДІБК, 2009. – 43 с.

Ключевые слова: модуль упругости, деформации, глубинный тензодатчик.

Аннотации

Проведено експериментальні дослідження бетонних кубиків з використанням глибинних тензодатчиків. Отримано дані про характер розвитку поздовжніх деформацій на поверхні і усередині матеріалу на різних етапах навантаження.

Проведены экспериментальные исследование бетонных кубиков с использованием глубинных тензодатчиков. Получены данные о характере развития продольных деформаций на поверхности и внутри материала на различных этапах нагружения.

The authors provide the experimental researches of cube concrete test specimen with subsurface strain gauges. The data about the nature of the longitudinal strain on the surface and within the material at different stages of loading.