

О НАЗНАЧЕНИИ ПАРАМЕТРОВ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛИТ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ОСНОВАНИЕМ

Введение. В существующих деформационных моделях, представленных в [1 - 3], в качестве обобщённых характеристик, описывающих взаимодействие плиты с основанием, выступают либо диаграммы кривых сдвига « $\tau - U$ », имеющие вид диаграммы Прандтля, либо аналитические зависимости, описывающие влияние поверхностных характеристик основания при перемещении по нему бетона, например, зависимость Колба [1, 2].

В работе [4] предложено в качестве обобщённой зависимости, описывающей как прочностные, так и деформативные характеристики стыкового соединения (при рассмотрении случая сдвига бетонных образцов друг относительно друга в сборно-монолитной конструкции), рассматривать диаграмму деформирования вида « $\tau_{Rd,j} - \delta_i$ » для контакта. На основании исследований, выполненных на сборно-монолитных образцах цилиндрической формы, испытанных в условиях чистого сдвига [5], были получены аналитические зависимости, описывающие элементы матрицы жёсткостей для такого соединения.

Принятое в [4] аналитическое описание диаграммы деформирования стыкового соединения применимо главным образом для случаев, когда стык пронизан арматурой. В ряде случаев бетонное покрытие устраивается непосредственно на основании, когда между сдвигающимися поверхностями отсутствует арматура или другой элемент, создающий выраженный нагельный эффект.

В данной работе рассмотрено современное состояние вопроса о принятых параметрах сдвига бетона по основанию. Представлены схемы разработанных сдвиговых устройств. Выполнены исследования опытных образцов бетона при сдвиге, получены аналитические зависимости развития деформаций сдвига в зависимости от типов оснований. При проведении экспериментов на бетонном, «жёстком» основании были получены диаграммы, связывающие касательные (сдвиговые) напряжения и перемещения. Обосновано предложение аппроксимировать кривые трёхлинейной диаграммой сдвига.

Характеристики τ_1 и U_1 , являются обобщёнными характеристиками контакта слоистых конструкций и принимаются в зависимости от вида основания. Параметрические точки τ_1 и U_1 были определены экспериментальными исследованиями [6, 7, 8, 9] сдвига образцов плит по различным типам оснований (см. табл. 1).

Таблица 1. Характеристики τ_1 и U_1 для 7 различных типов оснований, согласно [3]

Тип основания	τ_1 , МПа	U_1 , мм
цементное	0,106	0,025
необработанный стабилизированный щебень (размером 32 мм)	0,104	0,25
зернистое основание (гравий, песок, мелкий щебень)	0,023	0,50
асфальтобетон	0,021	0,60
асфальт	0,015	1,00
глиняное основание, укрепленное известью	0,012	0,30
обыкновенная глина	0,008	1,30

Исследование параметров диаграмм сдвига. Был разработан сдвиговой прибор (сдвиговой прибор защищён патентом №4080 «Устройство для получения полных диаграмм сдвига», [10]) и его более усовершенствованная модификация – устройство для получе-

ния диаграмм сдвига бетона по бетонным, цементным, основаниям. Общий вид сдвиговых приборов приведён на рисунках. 1, 6.

Графики распределения деформаций и напряжений при сдвиге бетона по щебёночному основанию и бетонному основанию, зарегистрированные в результате испытаний, показаны на рис. 2, рис. 7.

При анализе кривых сдвига бетона по основанию из гравия, щебня и основанию с полиэтиленовым покрытием, полученные значения напряжений и деформаций, в виду незначительной разницы в виде диаграммы «до» и «после» достижения точки, соответствующей максимальному напряжению на контакте τ_1 , и деформации U_1 , предложено аппроксимировать двухлинейной диаграммой Прандтля, см. рис. 3, 4, 5.

Параметрические значения этой диаграммы τ_1 и U_1 получены путём усреднения максимальных значений напряжений на контакте τ_1 и значений деформаций U_1 .

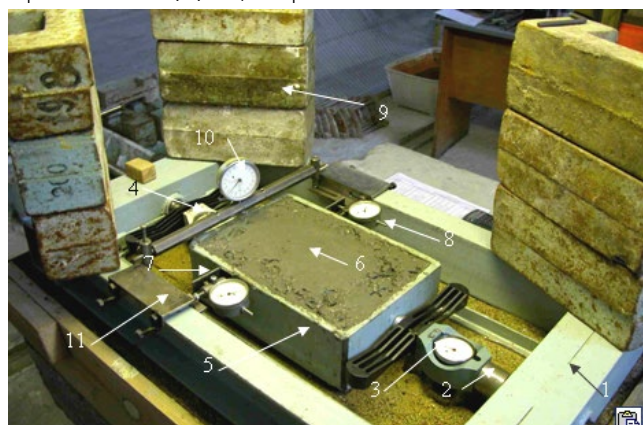


Рис. 1. Сдвиг бетонного штампа по гравелистому основанию, образец серии №1: 1 – жесткая силовая рама, 2 – «плавающий» подшипник, 3 – нагрузочный динамометр, 4 – демпфирующий (сдерживающий) динамометр, 5 – металлический штамп для бетона (в виде кольца или прямоугольного параллелепипеда), 6 – бетон (образец), 7 – упорное ухо для индикатора, 8 – индикатор часового типа, 9 – пригруз, 10 – индикатор для фиксации вертикальных деформаций, 11 – подвижные салазки для фиксации индикатора 8

Отметим, что параметрическая точка U_1 при анализе кривых сдвига бетона по щебёночному основанию (на диаграмме Прандтля, см. рис. 3) была получена путём решения системы двух уравнений, описывающих поведение кривой сдвига «до» и «после» прохождения точки, соответствующей максимальному значению напряжения τ_1 .

- Первое уравнение описывалось касательной, проведённой к точке, полученной путём усреднения значений напряжений, соответствующих 40% от максимального τ_1 уровня напряжений (из всей серии образцов), и соответствующих им деформаций. График имеет вид: $y = k \cdot x + b$, где k – тангенс угла наклона прямой к оси Ox , $k = 65,47$.
- Второй график – прямая вида $y = m$, где $m = \tau_1$.

Решая совместно эти уравнения, для сдвига бетона по щебёночному основанию, определяются параметрические точки ($\tau_1 = 0,009$ МПа, $U_1 = 0,00014$ м).

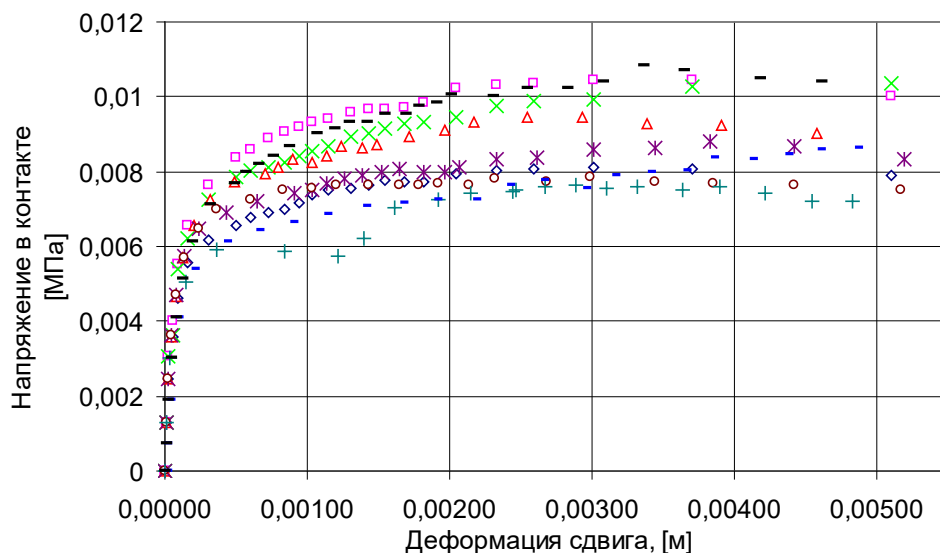


Рис. 2. Графики распределения деформаций и напряжений при сдвиге бетона по щебёнчному основанию

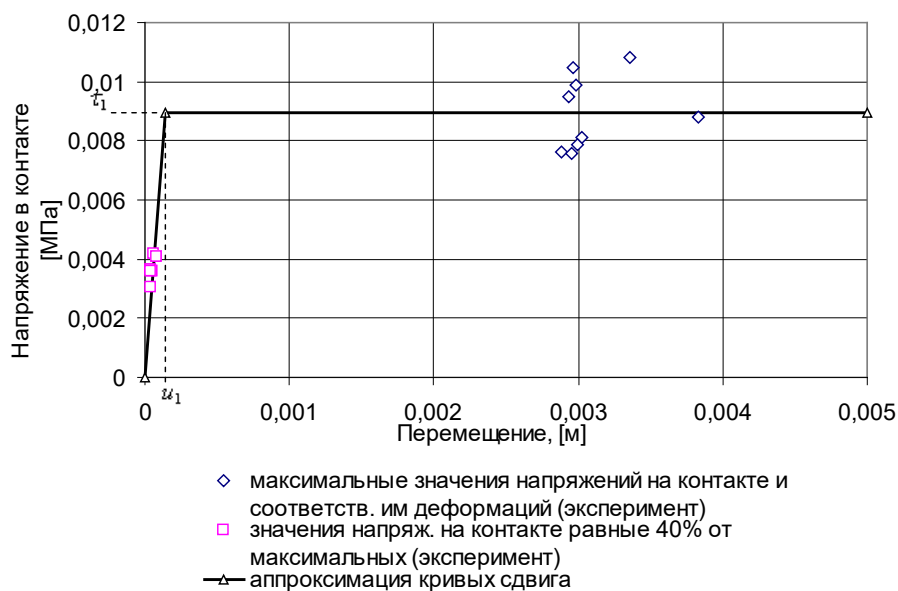


Рис. 3. Аппроксимация кривых сдвига бетона по щебёнчному основанию

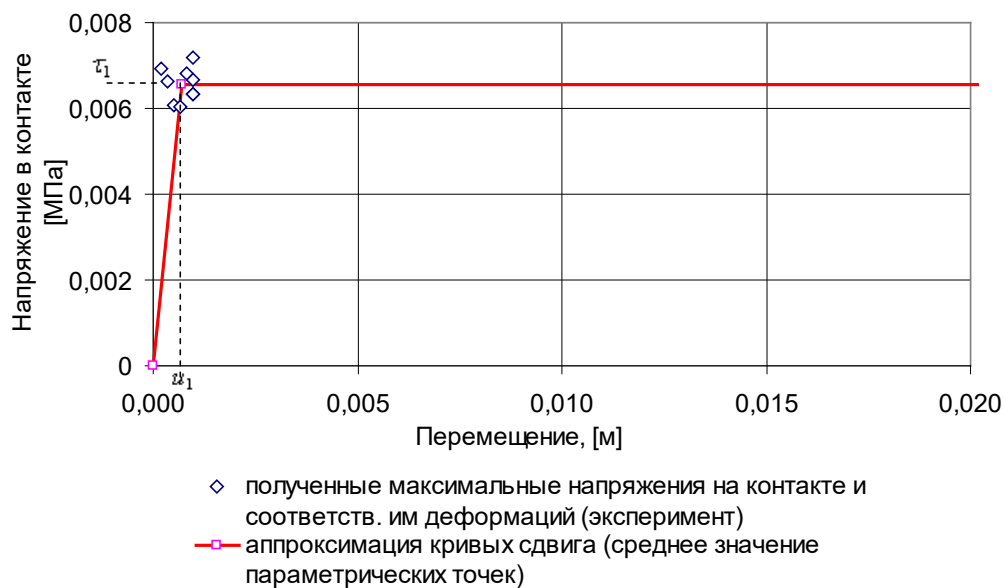


Рис. 4. Аппроксимация кривых сдвига бетона по гравелистому основанию

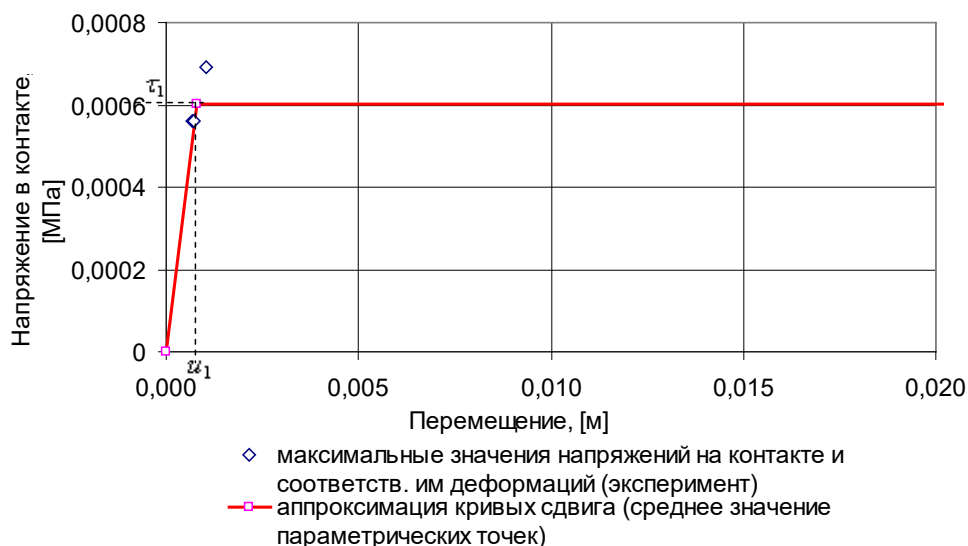


Рис. 5. Аппроксимация кривых сдвига бетона по основанию с устроенным поверх полиэтиленовым покрытием

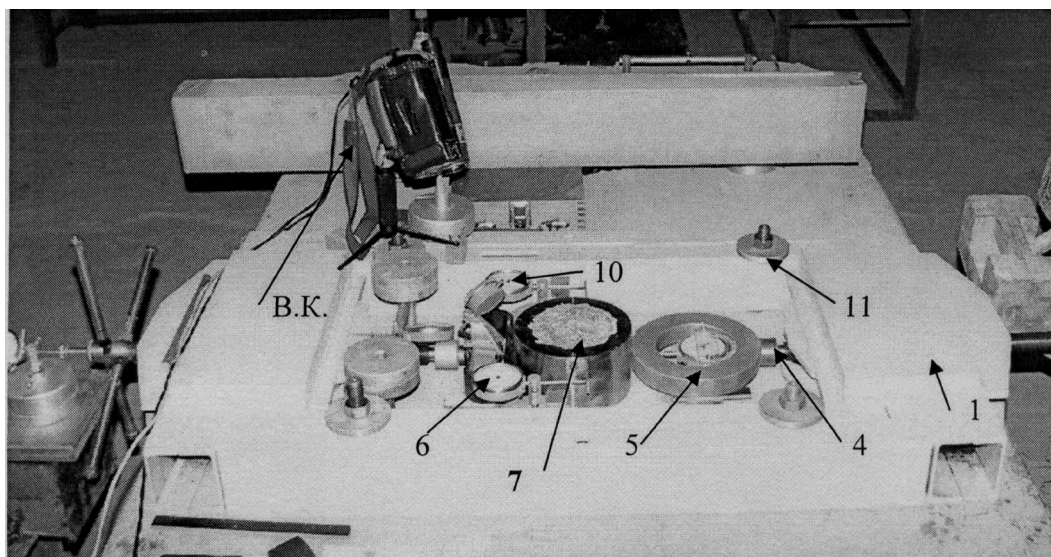


Рис. 6. Сдвиг бетонного штампа по бетонному основанию, образец серии №4: 1 – жёсткая силовая рама; 4 – плавающий подшипник; 5 – нагрузочный динамометр; 6 – демпфирующий (сдерживающий) динамометр, кольцевой; 7 – металлический штамп для бетона; 10 – индикатор часового типа (цена деления 0,001 мм); 11 – устройство закрепления на исследуемом основании (болты – шпильки)

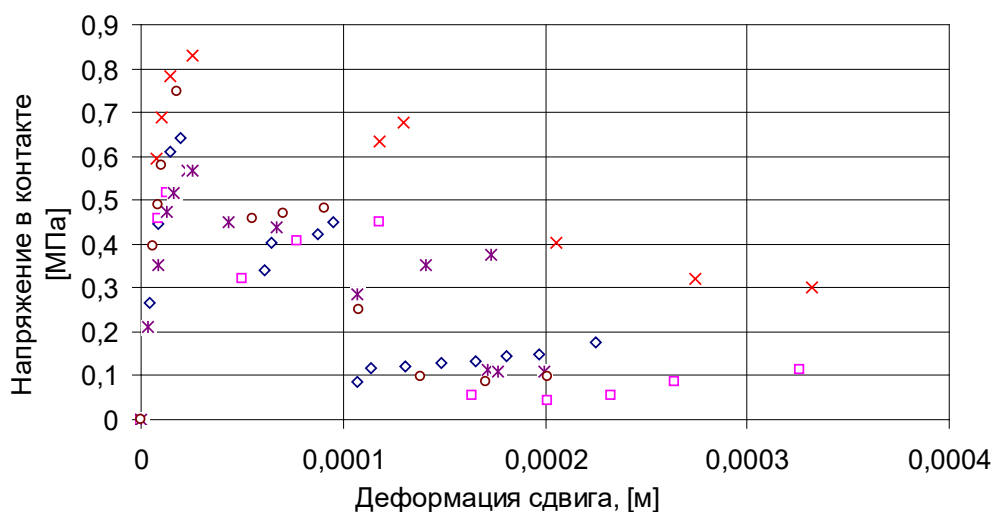


Рис. 7. Графики распределения деформаций и напряжений при сдвиге бетона по бетонному основанию, образцы серии №4

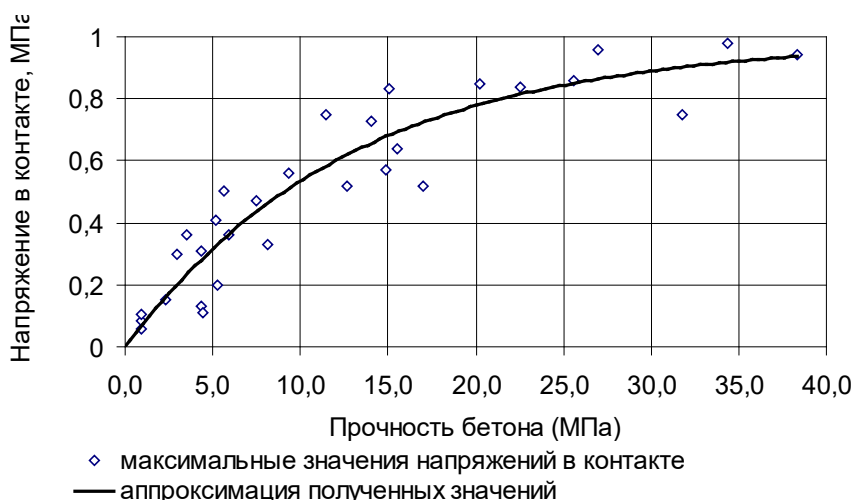


Рис. 8. Распределение значений максимальных напряжений $\tau_{1,R(t)}$, полученных на контакте в зависимости от прочности бетона образца

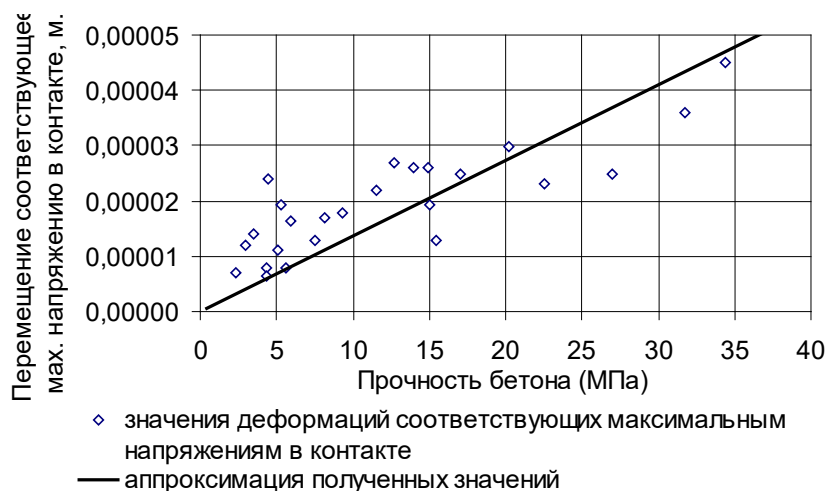


Рис. 9. Распределение значений деформаций $u_{1,R(t)}$, соответствующих напряжениям $\tau_{1,R(t)}$, в зависимости от прочности бетона образца

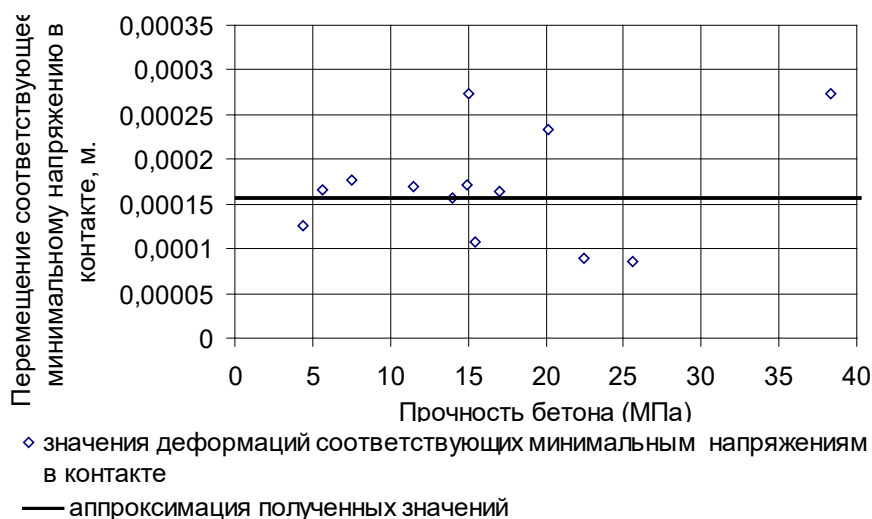


Рис. 10. Распределение значений деформаций u_2 , соответствующих минимальному напряжению τ_2 , в контакте (после разрушения контакта) в зависимости от прочности бетона образца

Горизонтальные деформации при сдвиге бетонных образцов по бетонному основанию измеряли при помощи индикаторов часового типа ИЧ-1000.

Индикаторы установлены на стойках-держателях, фиксация деформаций производилась визуально и при помощи видеокамеры, обозначенной на рисунке, как «В.К.», (см. рис. 10).

Разброс данных по сдвигу за пределами пиковой точки, соответствующей максимальным напряжениям, можно объяснить некоторой неровностью основания. Незначительные неровности основания приводят к нарушению точности работы установки. Так же значительный разброс проявляется, когда прочность бетона образца больше прочности бетона основания. Здесь происходил срыв по бетону основания, этот случай сложен для анализа и здесь не рассматривается.

Когда прочность бетона штампа меньше прочности бетона основания, по достижении указанной точки на графике « $\tau - U$ », напряжения в контакте будут стремительно падать, приближаясь к какому-то минимальному значению τ_2 , см. рис. 11.

Выводы:

1. Параметрические точки аппроксимации кривых сдвига бетонного штампа по различным типам оснований, полученные на сдвиговом приборе, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Параметрические точки аппроксимации кривых сдвига бетонного штампа по различным типам оснований

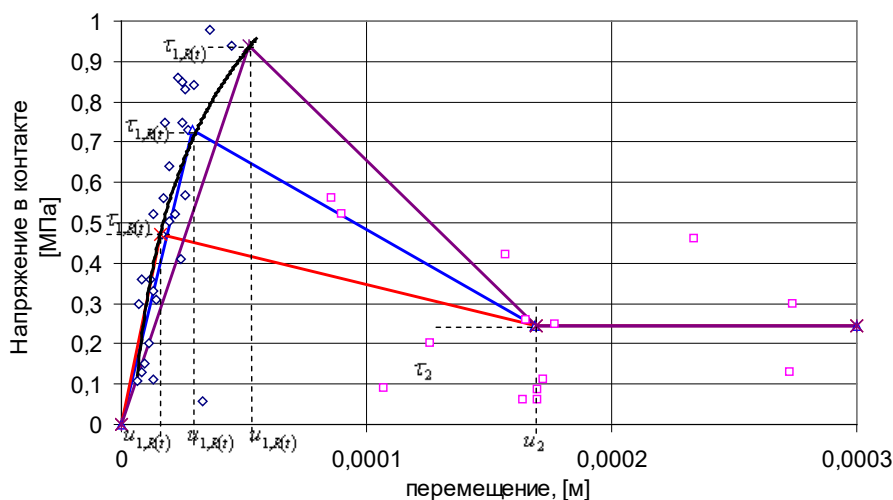
Вид основания	Напряжение τ_1 , МПа	Перемещение U_2 , мм
Щебень	0,009	0,14
Песок гравелистый	0,0066	0,71
Полиэтиленовое покрытие	0,0006	0,8

2. При проведении экспериментов по сдвигу бетонных образцов по бетонному («жесткому основанию»), был получен ряд диаграмм, связывающих касательные (сдвиговые) напряжения и перемещения с прочностью бетона. Кривые сдвига бетона по бетону предложено аппроксимировать трёхлинейной диаграммой сдвига (см. рис. 11). Использование такой формы диаграммы сдвига, при моделировании напряжённо-деформированного состояния в конструкциях плит покрытий позволит более точно описать поведение плит, устроенных на бетонном основании и подверженных вынужденным деформациям усадки или расширения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Pettersson, Dan. Stresses in concrete structures from ground restraint / Licentiate thesis., 1998. – Part I. Part II.
2. Kolb H. Ermittlung der sohlreibung von grundkorpern unter horiyontalem kinematischen zwang / Doctoral thesis., 1988. - Metteilung 28.
3. Zhang, J. Victor. Li. Influece of supporting base characteristics on shrinkage-induced stresses in concrete pavements / J. Zhang, Li. Victor // Journal of Transportetion Engineering, №6, 2001. – vol.127.
4. Тур В.В., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н. Прочностные и деформативные параметры контактных соединений сборно-монолитных конструкций // Вестник Брестского политехнического института. 2000. №1 / Брест: БПИ, 2000. – С.60-64
5. Тур В.В., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н. К построению аналитической модели работы стыкового соединения железобетонных сборно-монолитных конструкций // Проблемы и перспективы современных строительных конструкций и технологий: Сб. тр./Под редакцией В.И.Драгана. – Брест: БПИ, 1998. – С.74-78.
6. Stott, J. Test on materials for use in sliding layers under concrete road slabs / Civ. Ingrg., 1961. – P. 663 – 655.
7. Wesevich, J. Mc-Cullough, B. Stabilized subbase friction study for concrete pavements / J. Wesevich, B, Mc-Cullough, N. Burns, H. // University of Texas at Austin, Austin, Tex. 1987. – P. 495.
8. Wimsatt, A. Mc-Cullough, B. Methods of analyzing and friction influencing frictional effects of study for subbase. / A. Wimsatt, B. Mc-Cullough, N. Burns // University of Texas at Austin, Austin, Tex. 1987.
9. Rozycki, D. Assessment of slab-base interaction in PCC airfield pavements / Rozycki, D, Rasmussen, R. // Innovations for The Next Centary, ASCE, New York, 1998. – P. 403 – 422.
10. Устройство для получения диаграмм сдвига бетона по сыпучим и скользким основаниям: пат. 4080 Респ. Беларусь, МПК7 G 01 B5/03, G 01L 1/04, G 01 N 3/02,3/24 / А.Е. Желткович. В.В. Тур; заявитель Брестский гос. ун-т. – № u 20070304; заявл. 04.24.2007; опубл. 30.12.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 6(59). – 213 с.

Материал поступил в редакцию 11.01.09



- ◇ максимальные значения напряжений на контакте и соответств. им деформаций (эксперимент)
- минимальные значения напряж. на контакте и соответств. им деформации (эксперимент)
- △— аппроксимация трёхлинейной диаграммой кривой сдвига полученной на образце имевшем прочность на сжатие 14 МПа
- ×— аппроксимация трёхлинейной диаграммой кривой сдвига полученной на образце имевшем прочность на сжатие 7,5 МПа
- *— аппроксимация трёхлинейной диаграммой кривой сдвига полученной на образце имевшем прочность на сжатие 38 МПа
- — — аппроксимация экспериментальных точек максимальных напряжений на контакте и деформаций соответств. им лагориформической зависимостью

Рис. 11. Группа кривых сдвига при прочностях бетона на сжатие (кубиковых), от 0,9 МПа до 38 МПа

ZHELTKOVICH A.E. About appointment of parameters of settlement model of own deformations of plates at interaction with the basis

In the settlement equations of deformation models of plates had on the various bases and co-operating with the basis, presented in [1-3], enter so on characteristics of shift of concrete on the basis. At carrying out of experiments on shift of concrete samples on the concrete "rigid" basis, on specially razra-botannoj to shift installation, diagrammes connecting tangents (shift) pressure and movings have been received. Curves of shift of concrete on concrete («rigid») are offered for approximating wasps-novaniju трёхлинейной the shift diagramme. Ispolzova-nie such form of the diagramme of shift, at modelling of the is intense-deformed condition in designs of plates of coverings will allow to describe more precisely behaviour of plates arranged on the concrete basis and subject to the compelled deformations усадки or expansions.

УДК 691.32

Желткович А.Е., Филимонова Н.В., Веремейчик А.И., Фиголь П.В., Косьюко А.С.**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И ЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСАДКЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Введение. Бетоны на основе портландцемента, являясь наиболее универсальным строительным материалом, имеют широкое применение при возведении зданий и сооружений различного назначения. Их свойства и технология изготовления постоянно совершенствуются. Но зачастую в результате направленного воздействия на одни свойства бетона наблюдаются неожиданные изменения других его характеристик. В связи с этим соответствующего совершенствования требуют и методы исследования бетона.

В современных бетонах, отличающихся высокими прочностными характеристиками, известной проблемой является интенсивное развитие в процессе твердения и эксплуатации собственных деформаций. Различные температурно-влажностные условия, наряду с особенностями цементного клинкера (экзотермические эффекты, интенсивность «самовысушивания») могут привести к развитию как положительных, так и отрицательных деформаций. Изучая закономерности этих процессов следует принимать во внимание, что они являются результатом совместного действия различных компонентов бетона как композиционного материала. Так, если цементный камень является «источником» зарождения и развития деформаций, то заполнитель чаще всего играет роль ограничивающей связи. В результате общая деформация бетона в значительной степени определяется также количеством и жесткостными характеристиками зерен заполнителя.

Экспериментальные методы измерения собственных деформаций бетона отчасти позволяют определить зависимость этой величины от параметров состава бетона. Однако такие зависимости носят эмпирический характер. Более совершенные методы прогнозирования свойств бетона разрабатываются на основе теоретического анализа взаимодействий компонентов бетона [1-3]. Но для этого изначально должны быть известны характеристики компонентов бетона в отдельности. Понятно, что регламентированные для бетона стандартные методы определения таких параметров как модуль упругости и собственные деформации, не могут быть применимы к цементному камню и зернам заполнителя в том же виде. Это связано как с совершенно иным масштабом структуры материалов, так и с особенностями параметров опытных образцов, а также применяемого при испытаниях оборудования.

В данной работе представлены устройства, разработанные сотрудниками лаборатории БрГТУ для определения свободных линейных деформаций, а также модуля упругости образцов цементного камня, и заполнителя мелких фракций.

Описание устройств. В общем виде устройства представляют собой штатив (кондуктор), в котором крепится оптический датчик перемещений и устанавливается опытный образец. Схема взаимного расположения датчика и образца зависит от того, какие деформации необходимо измерить. При измерении свободных линейных деформаций луч датчика, неподвижно закрепленного в штативе, наводится непосредственно на образец (рис. 1, 2). При определении модуля упругости (измерение деформаций под нагрузкой) датчик крепится к пластине, совершающей перемещения вместе с образцом, при этом луч наводится на неподвижный репер-рефлектор, а штатив играет роль направляющего кондуктора, позволяющего дат-

чику свободно перемещаться в вертикальном направлении в процессе испытаний (рис. 3, 4).

Измерение свободных линейных деформаций. Схема и общий вид устройства для определения линейных деформаций исследуемого образца при усадке и температурных воздействиях приведены на рисунках 1 и 2, [4].

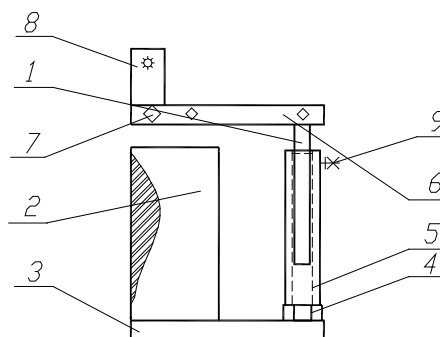


Рис. 1. Схема устройства для экспериментального определения линейных деформаций: 1 - направляющая стержни; 2 - исследуемый образец; 3 - нижняя часть кондуктора; 4 - нивелирующие гайки; 5 - направляющие гильзы; 6 - верхняя часть кондуктора; 7 - прижимной винт; 8 - лазерный индикатор; 9 - фиксирующий винт

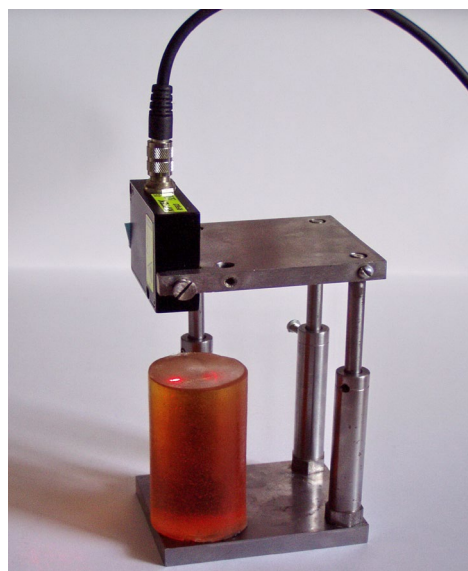


Рис. 2. Общий вид устройства для определения линейных деформаций

Веремейчик А.И., ст. преподаватель кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Фиголь П.В., студент строительного факультета Брестского государственного технического университета.

Косьюко А.С., студент строительного факультета Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.