

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А.В. Мельников

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Ключевые слова: модель статического зонда, песчаное основание, цифровая обработка образов (PIV), характер деформации.

Цель работы: исследование деформированного состояния грунтового основания при выполнении статического зондирования.

Испытания модели статического зонда в условиях плоской деформации проводились с целью исследования деформированного состояния песчаного массива. Для этой цели использовался автоматизированный стенд, включающий лоток с размерами 720x480x155 мм [3]. Стенки лотка были выполнены светопрозрачными из закаленного стекла, соединенного по технологии «триплекс» в единый пакет. Для исключения распора боковых стенок от давления грунта они усилены металлическими ребрами. В качестве основания использовался мелкий песок.

В отличие от предыдущих работ [2,3,4,5], опыты выполнялись путем кинематического нагружения модели, что соответствует условиям нагружения при испытании методом статического зондирования ГОСТ 19912-2001 [1]. Модель статического зонда размерами 250x155x28 мм погружалась с непрерывной скоростью 0,4167 мм/с. Для трансформации координат из пикселей изображения в реальные физические координаты и учета сферичности получаемых фотокамерой изображений использовались маркеры, нанесенные на внутреннюю поверхность стекла [2,3,4,5].

Фотографирование выполнялось каждые 3 с (т.е. через каждые 1,25 мм перемещения зонда) с выдержкой 1/500 с фотокамерой 16 Мрiх. Расчеты кросскорреляционных функций, калибровка, фильтрация и другие операции, а также графическое построение изополей выполнены в PivView [6].

Полученные изополя перемещений и деформаций представлены ниже, на рис. 1,2,3.

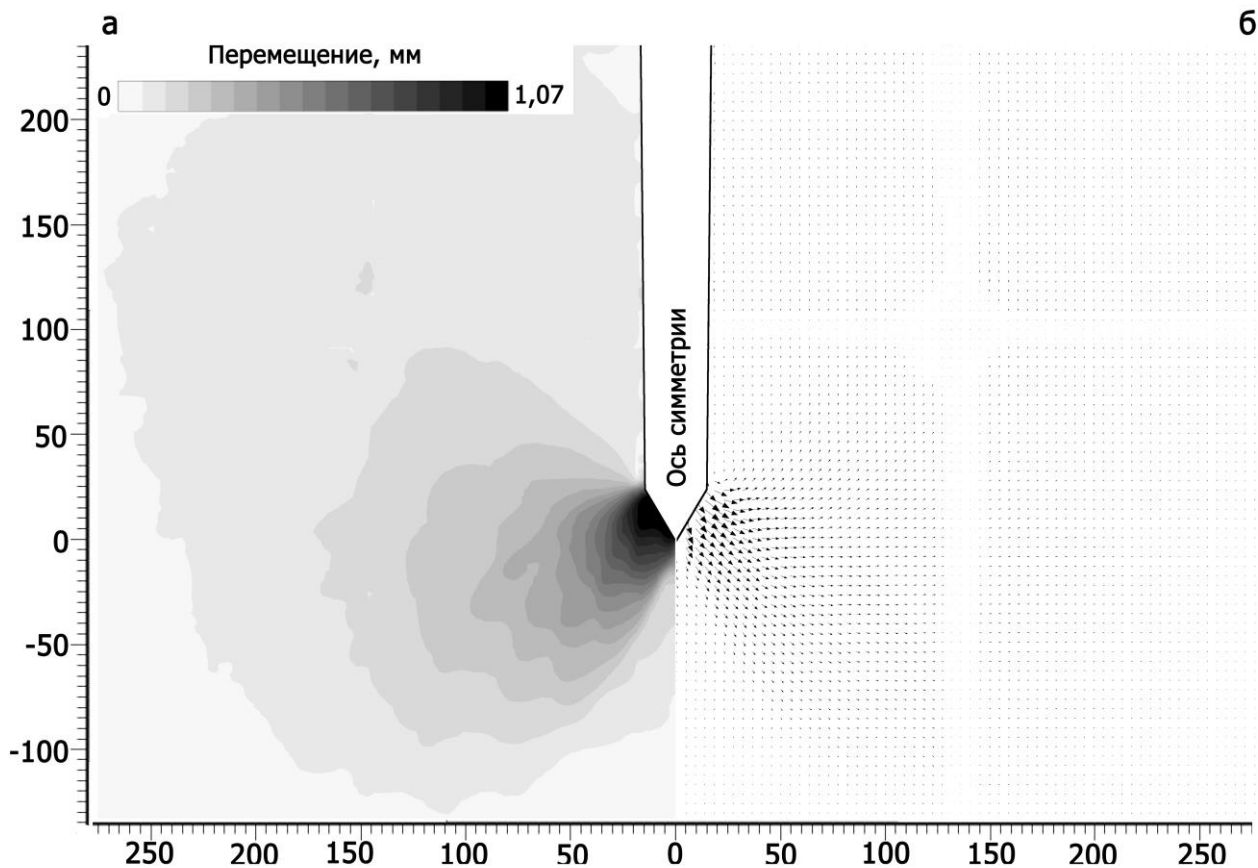


Рисунок 1 Изополя полных перемещений (а) и их направления (б) при вертикальном приращении перемещения модели 1,25 мм (оси в мм)

Из изополей перемещений (рис. 1 а) видно, что глубина развития деформаций, изображенных с точностью до 0,05 мм, составляет всего 145 мм, что равно 5,1 диаметра зонда. Наибольшее перемещение грунта наблюдается не под острием, а на наклонных гранях конуса в направлении (рисунок рис. 1 б), перпендикулярном этим граням. Ширина зон деформации, измеренных с точностью 0,05 мм, составляет не более 265 мм, что равно 9,4 диаметра зонда.

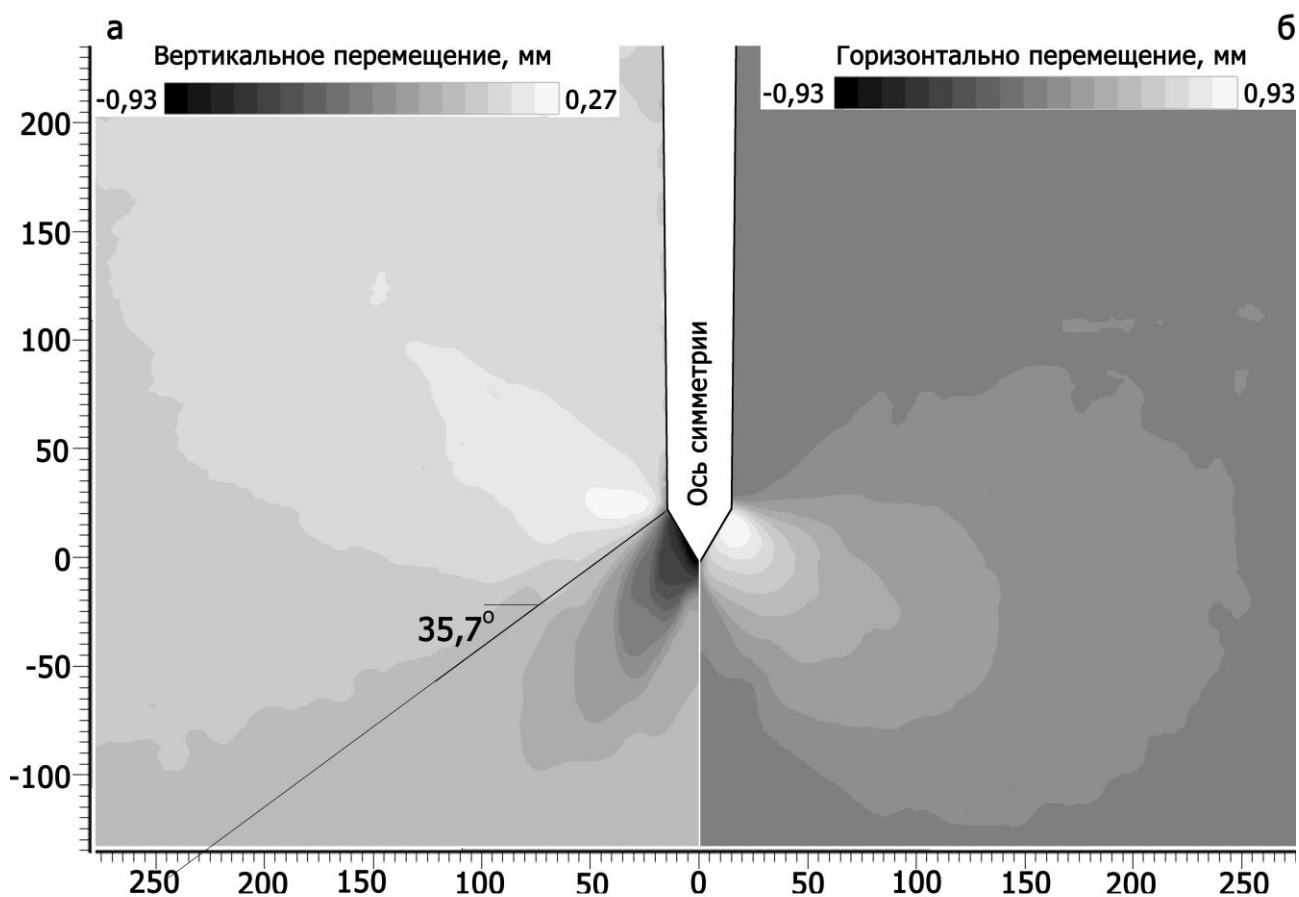


Рисунок 2 Изополя вертикальных (а) и горизонтальных (б) перемещений при вертикальном приращении перемещения модели 1,25 мм (оси в мм)

При рассмотрении полей вертикальных перемещений (рис. 2 а) можно наблюдать выпор грунта в направлении поверхности. Зона наибольшего выпора располагается на уровне верха конуса. Линия раздела зон, перемещающихся вверх и вниз выходит из того же угла на краю конуса. Примечательно, что начальное направление этой линии располагается под углом $35,7^\circ$ (измерено графически), что практически равно углу внутреннего трения песка $35,0^\circ$.

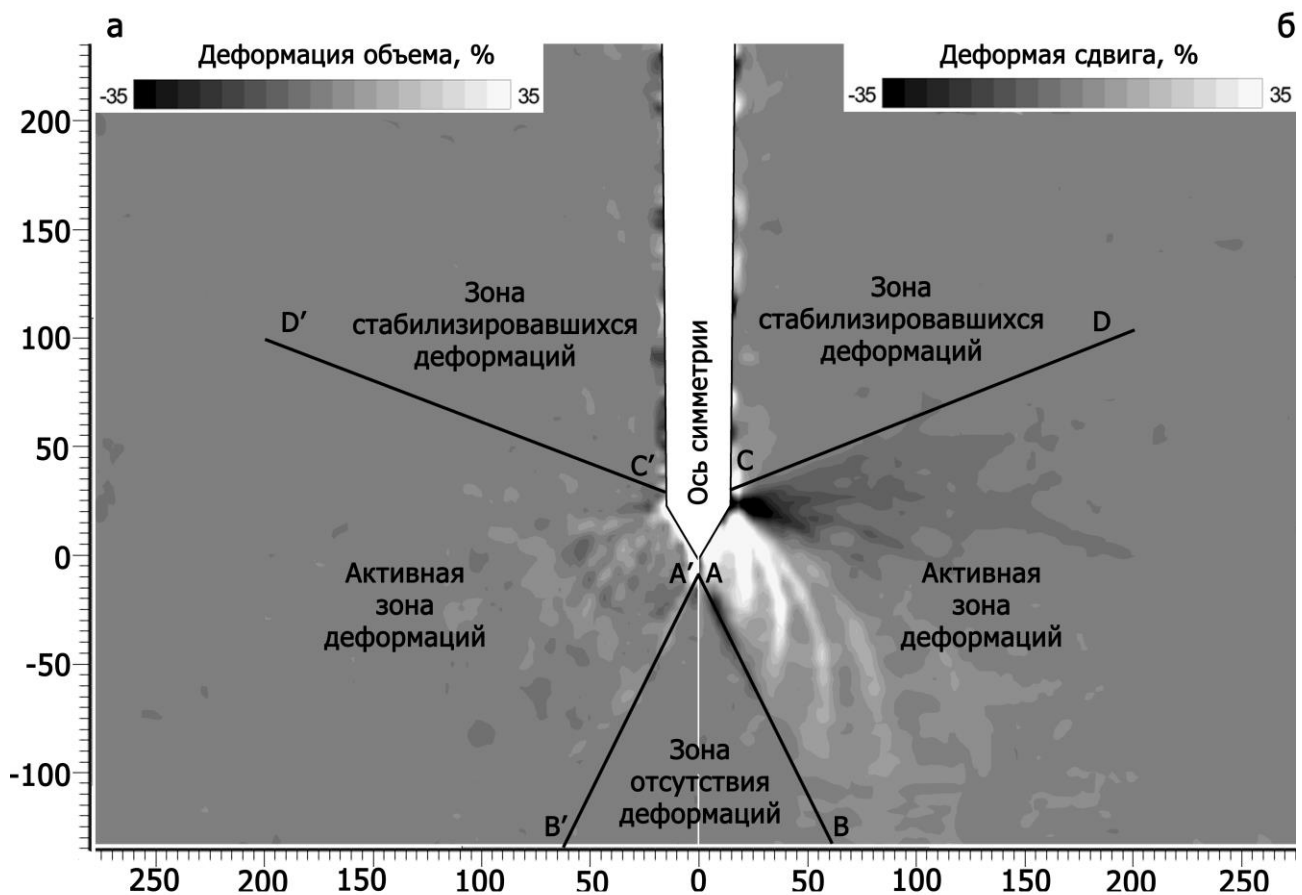


Рисунок 3 Изополя деформаций объема (а) и сдвига (б) при вертикальном приращении перемещения модели 1,25 мм (оси в мм)

Из полей распределения деформаций сдвига (рис. 3) видно, что зона активных деформаций сдвига и объема ограничивается линиями АВ (А`В`) и CD (C`D`). Здесь сдвиг проходит по целой группе поверхностей, исходящих из-под угла на краю конуса. Деформации объема по большей части состоят из зон разуплотнения, повторяющих очертания полос сдвига. Участки деформаций сжатия не велики в сравнении с расширением и случайным образом расположены между зонами сдвига по причине малой величины рассматриваемого перемещения зонда.

Что интересно, все поверхности сдвига с нижней стороны ограничиваются одной, идущей из острия зонда практически в продолжение наклонных граней (линии АВ и А`В`). В зоне под зондом, ограниченной этими линиями (АВ и А`В`), отсутствуют деформации сдвига и объема, а перемещения (рис. 1,2) также весьма малы.

Участок выше активной зоны сдвига (линии CD и C`D`) может быть охарактеризован как зона стабилизовавшихся деформаций. Здесь отсутствуют деформации сдвига и объема (за исключением узкой полосы по поверхности зонда) и наблюдается незначительный выпор грунта в вертикальном направлении. Вдоль вертикальной поверхности модели зонда наблюдаются локализации деформаций сдвига, что свидетельствует о наличии трения между стальной поверхностью и песком.

Выводы

1. Зона развития деформаций более 0,05 мм составляет 5,1 диаметра зонда в глубину и 9,4 диаметра в ширину.

2. Линия, разделяющая зоны перемещения грунта вверх и вниз, исходит от нижнего острия конуса и составляет с горизонтом угол, практически равный углу внутреннего трения грунта.

3. Грунт вокруг зонда можно условно разделить на три зоны (рис. 3), характеризующиеся различными условиями деформирования: зона отсутствия деформаций, зона активных деформаций и зона стабилизовавшихся деформаций.

4. Вдоль поверхности модели зонда наблюдаются локализации деформаций сдвига, что свидетельствует о наличии трения между стальной поверхностью и песком. Ширина зоны сдвига не более 0,25 диаметра зонда.

Список литературы:

1. ГОСТ 19912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. М.: МНТКС, 2001. – с. 22.

2. Мельников А.В. Исследование эффекта армирования песчаного основания в условиях плоской деформации // Материалы международной конференции «Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства». – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2011. – с. 401-407.

3. Мельников А.В., Болдырев Г.Г., Барвашов В.А. Фотофиксация и компьютерная обработка перемещений частиц грунта под моделью фундамента на армированном и неармированном песчаном основании // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: мат-лы всеросс. науч.-техн. конф., Новочеркасск: ЮОГТУ (НПИ). – 2012. – с. 191-197.

4. Мельников А.В., Новичков Г.А., Болдырев Г.Г. Исследование деформированного состояния песчаного основания с использованием метода цифровой обработки образов // Международный журнал «Геотехника». – 2012. – №1. – с. 28-41.

5. Boldyrev G.G., Melnikov A.V., Barvashov V.A. Particle Image Velocimetry and Numeric Analysis of Sand Deformations under a Test Plate // The 5-th European Geosynthetics Congress. – 2012. – Vol. 1. – pp. 685-691.

6. PIVview User Manual // PIVTEC GmbH, Homepage: <http://www.pivtec.com> (10.02.2013).