

квадратического отклонения  $\sigma_{R_d}^\Phi$  и  $R_d^\Phi$  для флювиогляциальных песков показывает относительную однородность в распределении  $R_d^\Phi$ . При этом максимальное значение ( $R_d^\Phi = 6,2 - 6,8$ ) характерно для восточной и центральной части, а минимальное – для юго-западной ( $R_d^\Phi = 5,2 \div 5,8$ ).

Поле среднего квадратического отклонения  $\sigma_{R_d}^\Phi$  полностью симметрично полю  $R_d^\Phi$ . Значение  $\sigma_{R_d}^\Phi$  изменяется в пределах от 0,7 до 1,2.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колпашников Г.А. Особенности инженерно-геологического районирования территории Белоруссии в связи с рациональным использованием геологической среды. - Мн.: Наука и техника, 1977. - 203 с.
2. Райфа Г. Анализ решений. - М.: Колос, 1980, 374 с.
3. Трофимов В.Т. Инженерно-геологическая типизация и районирование территории. М., Стройиздат, 1982. - 169 с.
4. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерной геологии. - М.: Мир, 1969. - 395 с.
5. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. - М.: Мир, 1973. - 291 с.
6. Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. - М.: Недра, 1965. - 308 с.

УДК 624.012.46

**ДРАГАН А.В.**

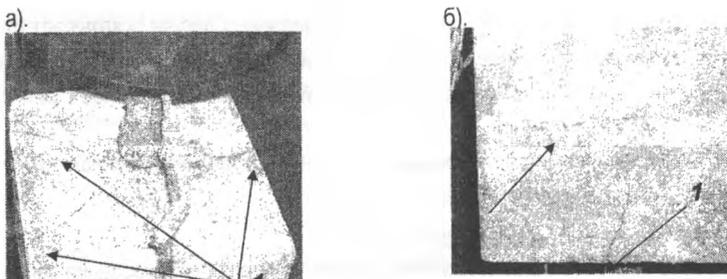
*Научный руководитель: Тур В.В., д.т.н., профессор*

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Для определения напряжений сцепления для арматуры серповидного профиля было изготовлено 10 экспериментальных образцов, состоящих из арматурного стержня класса S400 диаметром  $\varnothing 28$ мм и длиной 600мм и бетонного куба с размером грани 200мм, расположенного посередине стержня. Для бетонирования использовались 2 состава с одинаковым водоцементным соотношением ( $w/c=0,41$ ), но с различным количественным соотношением компонентов: состав 1 - Ц:П:Щ=1:1,6:2,5; состав 2 - Ц:П:Щ=1:1,7:1,9. Бетон для двух партий соответствовал классу бетона по прочности на сжатие С16/20 [1]

В качестве нагружающего устройства использовалась испытательная машина ИР-5145-500-11. Для регистрации деформаций внутри по длине арматурного стержня были наклеены 12 тензорезисторов. Нагрузка прикладывалась ступенями по 10кН до разрушения бетонной части образцов. При каждом уровне нагрузки фиксировались показания с тензорезисторов.

Разрушение всех образцов происходило по одной и той же схеме: при нагрузке примерно 280-300кН образовывались радиальные трещины на верхней и нижней грани бетонного куба, исходящие от арматурного стержня к боковым граням образца (рис.1,а). Затем при незначительном увеличении нагрузки посередине бетонного куба образовывалась и развивалась поперечная трещина, проходящая по всем боковым граням (рис.1,б), а радиальные трещины, образованные ранее, переходили и распространялись по боковым граням. Образование поперечной трещины на боковых гранях бетонного куба свидетельствует о том, что деформации вблизи анкера равнялись нулю. Разрушающие усилия для всех образцов приведены в таблице 1.

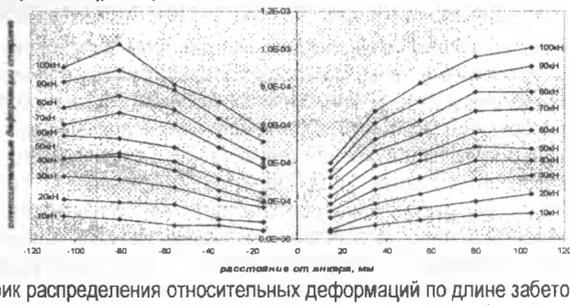


**Рис.1.** Трещины, образовавшиеся на поверхности бетонной части образца при его испытании  
1 – радиальные трещины на верхней и нижней грани; 2 – поперечная трещина на боковой грани;

Для изучения поверхности контакта арматуры с бетоном несколько образцов были доведены до полного разрушения, т.е. до разрыва арматурного стержня. Разрыв стержня произошел в ослабленном сечении стержня (в месте отверстия под анкер) при усилиях в интервале 300-330кН, что значительно больше, чем усилие, соответствующее временному сопротивлению арматурной стали, которое равно 266кН для данного стержня с ослаблением под отверстие. Это свидетельствует о перераспределении усилий между арматурой и бетоном и их совместной работе.

На поверхности контакта четко просматривались области местного смятия и среза бетона под выступами профиля стержня, из-за чего и происходило нарушение сцепления, а также образовавшиеся у вершин выступов бетона внутренние трещины, наклоненные под углом 45° к линии действия растягивающего усилия.

По результатам показаний тензорезисторов, полученных при испытании образцов, были получены зависимости распределения относительных деформаций по длине забетонированного участка (рис.2).



**Рис.2.** График распределения относительных деформаций по длине забетонированного участка стержня при различных уровнях прикладываемой нагрузки

Распределение относительных деформаций по длине арматуры, находящейся в бетоне, имеет общие закономерности для всех испытанных образцов. Относительные деформации увеличиваются от анкера, где значения минимальны, в обе стороны к граням бетонного куба. Точки с максимальными значениями находятся вблизи нагруженного конца. С увеличением прикладываемой растягивающей нагрузки происходит одновременное возрастание относительных деформаций, а также увеличивается разница между величинами на нагруженном конце и в анкерной точке.

Распределение перемещений по длине участка арматурного стержня (рис.3), находящегося в бетоне, было получено численным интегрированием с использованием графиков распределения относительных деформаций. Точка, где находится анкер, принималась за начало отсчета и перемещения в ней принимались равными нулю.

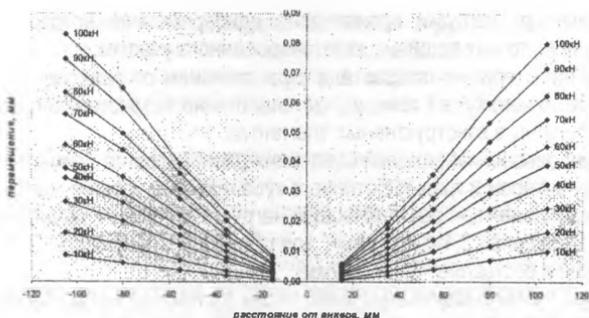


Рис.3. График распределения перемещений по длине забетонированного участка стержня при различных уровнях прикладываемой нагрузки

Для всех образцов наблюдается одна тенденция в распределении перемещений по длине участка арматуры, находящегося в бетоне:

- перемещения изменяются по линейной зависимости, возрастая от минимального, равного нулю, у анкера, до максимального значения на границе бетонного куба;
- приращение деформаций увеличивается с увеличением прикладываемой нагрузки;
- абсолютные величины максимальных перемещений при действии растягивающего усилия равного 100кН для образцов, приготовленных на бетоне по составу 1, несколько меньше, чем для образцов по составу 2, и изменяются в предел 0,06-0,10мм. Для образцов 5-10 перемещения находятся в пределах 0,08-0,11мм при той же величине нагрузки.

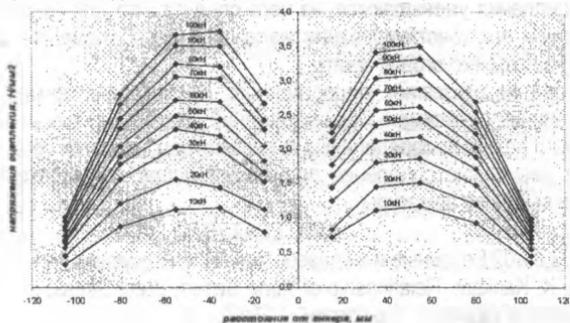


Рис.4. График распределения напряжений сцепления по длине забетонированного участка стержня при различных уровнях прикладываемой нагрузки

Для определения напряжений сцепления была использована зависимость, полученная С.Канканом на основании проведенных им экспериментов и аппроксимации полученных результатов[2]:

$$f_{bd} = (35 - 0.3x) \Delta^{0.5} (1);$$

- где  $f_{bd}$  – напряжения сцепления, Н/мм<sup>2</sup>;  
 $x$  – расстояние от центра стержня, мм;  
 $\Delta$  – локальные перемещения, мм;

Из анализа представленных выше графиков распределения напряжений сцепления можно выделить следующие закономерности:

- при возрастании растягивающей нагрузки форма графика распределения практически не изменялась;

– с увеличением нагрузки происходило одновременное возрастание напряжений сцепления во всех точках по длине забетонированного участка;

– напряжения сцепления возрастали с расстоянием от нагруженного конца образца (т.е. от края бетонного куба к анкеру), что аналогично возрастанию напряжений сцепления от края трещины в конструктивных элементах;

– точка наибольших напряжений сцепления располагается примерно во второй трети участка между анкером и гранью бетонного куба при всех уровнях нагрузки. Наибольшие напряжения сцепления при растягивающей нагрузке  $N=100\text{кН}$  находятся для образцов 1-5 (состав 1) в пределах 3,1-4,15 Н/мм<sup>2</sup>; для образцов 6-10 (состав 2) этот интервал несколько больше и составляет 3,2-4,5 Н/мм<sup>2</sup>;

– максимальные напряжения сцепления, после достижения которых произошел срез бетона под выступами профиля, исчерпание сцепления и, соответственно, разрушение бетонной части образца, для обоих составов примерно равны и находятся в интервале 6,0-6,8Н/мм<sup>2</sup>.

### ВЫВОД:

При одинаковой прочности бетона образцов и одинаковом диаметре и профиле арматурных стержней напряжения сцепления несколько отличаются, что свидетельствует о влиянии состава бетона на величину напряжений сцепления. Для состава 1 (Ц:П:Щ=1:1,6:2,5), с большим содержанием щебня напряжения сцепления оказались несколько меньше, чем для состава 2 (Ц:П:Щ=1:1,7:1,9). Это означает, что для более однородных составов бетонов характерны большие напряжения сцепления, вследствие их лучшего контакта с арматурой и образование меньшего количества полостей в контактных зонах.

С увеличением диаметра арматурного стержня и прикладываемой к нему нагрузки, напряжения сцепления уменьшаются, из чего следует, что для лучшего сцепления арматуры с бетоном при конструировании железобетонных элементов диаметр растянутых стержней необходимо ограничивать.

Состав бетона не оказывает существенного влияния для арматуры серповидного профиля на величину максимальных напряжений сцепления, возникающих в зоне контакта арматуры с бетоном; определяющим параметром является сопротивление бетона срезу, так как нарушение сцепления происходит после среза бетонных консолей на уровне вершин выступов арматуры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции.
2. Charles. K. Kankam. Relationship of Bond Stress, Steel Stress, and Slip in Reinforced Concrete // Journal of Structural Engineering. – 1997. – V.123 – p.79-85.

УДК 624.012.46

**ДРАГАН А.В.**

*Научный руководитель: Тур В.В., д.т.н., профессор*

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ СЦЕПЛЕНИЯ ДЛЯ АРМАТУРЫ СЕРПОВИДНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ**

Под сцеплением арматуры с бетоном понимают связь по поверхности контакта между арматурой и бетоном, которая обеспечивает их совместную работу. Значение сцепления или сопротивления сдвигу арматуры в бетоне зависит от следующих факторов:

– **механического зацепления в бетоне специальных выступов или неровностей арматуры** – составляет 75% общего сопротивления скольжению арматуры в бетоне и, соответственно, является определяющим фактором;