

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕЩИНЫ В БЕТОНЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СИЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ

*Шеховцов И.В., Сузанская Т.А., Бондаренко А.В.*

Экспериментально определено влияние начальной технологической поврежденности на площадь рельефа поверхности нормальной трещины. Предложено учитывать фактическую длину трещины при расчете сил зацепления.

При исследованиях, количественную оценку начальной технологической поврежденности бетона проводят через коэффициент поврежденности  $K_n$ , физический смысл которого заключается в оценке удельной длины поверхностных трещин. Поверхностные трещины рассматриваются как отпечаток внутренних объемных процессов. Для

проявления поверхностных трещин и определения коэффициента  $K_n$  разработана специальная методика. В данной методике может возникать несоответствие между анализом протяженности поверхностных трещин и фактическим, объемным процессом разрушения материала.

В связи с вышеизложенным, нами предложена следующая методика определения начальной технологической поврежденности. Оценка её проводится путем определения площади рельефа поверхности трещины через коэффициент  $K_d$ . Под коэффициентом поврежденности  $K_d$  принято отношение площади рельефа поверхности  $S_p$  к площади плоскости  $S$  на

которой определяется рельеф поверхности: 
$$K_d = S_p / S.$$

Физический смысл предложенного коэффициента заключается в оценке удельной площади образующегося рельефа поверхности.

Данная методика позволяет:

- перейти от оценки технологической поврежденности на плоскости к объемному процессу разрушения материала, в зависимости от начальной технологической поврежденности;
- уточнить коэффициент начальной технологической поврежденности, полученный при оценке поверхностных трещин;



- учитывать начальную технологическую поврежденность в расчетах железобетонных конструкций путем введения коэффициента  $K_d$ ;

Предложенная методика имеет ряд преимуществ:

- рассматривает начальную технологическую поврежденность в объемном (трехмерном) процессе образования материала;
- позволяет достаточно объективно оценить влияние начальной технологической поврежденности бетона на механические характеристики бетона;
- не зависит от исследователя;

Экспериментально было установлено, что бетон, имеющий в своем составе более крупный щебень, имеет меньшую начальную технологическую поврежденность, а бетон на более мелком заполнителе имеет большую технологическую поврежденность.

Исследования проводились на призмах и на половинках кубов полученных при раскалывании. Состав бетона для обеих серий принят одинаковым. В качестве заполнителя для бетона серии С5 использовался щебень с размером фракции 5-10мм, для бетона серии С10 размер фракции составлял 10-20мм. Образцы изготавливались, формовались и пропаривались в одинаковых условиях.

Поверхностные трещины определялись на призмах с размером 10 x 10 x 40 см для каждой серии. По экспериментальным данным были получены средние значения длин поверхностных трещин на базовой прямой равной 40 см для образцов серии С5 и С10, которые приведены в таблице 1.

Анализ результатов показал, что длина поверхностных трещин, в зависимости от крупности заполнителя, меняется в 1,2 раза.

Данное явление можно объяснить следующим образом. В объеме материала с фракцией крупного заполнителя 5-10 мм находится большее количество зерен заполнителя, чем в бетоне с фракцией заполнителя 10-20 мм. Каждое зерно щебня при схватывании и твердении вяжущего образует с матрицей свою поверхность раздела. Формирование границ раздела ведет к накоплению деформаций и напряжений сдвига, что вызывает зарождение начальных трещин и растрескивание матрицы. Следовательно, бетон на более мелком щебне пронизан более густой сетью трещин, образованных поверхностями раздела, а бетон на более крупном щебне пронизан менее густой сетью трещин.

Площадь рельефа поверхности определялась на половинках кубов с размером ребра 10см, полученных при раскалывании. По результатам эксперимента были получены средние значения площади рельефа поверхности бетона для образцов серии С5 и С10, которые приведены в таблице 1.



Проведенный анализ показывает что, в зависимости от крупности заполнителя площадь рельефа поверхности меняется в 1,15 раза.

### Значения коэффициентов поврежденности в зависимости от методики

Таблица 1

| № серии | По методике определения длины поверхностных трещин |                   |       | По предложенной методике           |                                  |       |
|---------|--|-------------------|-------|------------------------------------|----------------------------------|-------|
|         | Длина линии, см                                    | Длина трещины, см | $K_n$ | Площадь плоскости, см <sup>2</sup> | Площадь рельефа, см <sup>2</sup> | $K_d$ |
| C5      | 40   | 61                | 1,52  | 101                                | 143                              | 1,41  |
| C10     | 40   | 52                | 1,3   | 101                                | 124                              | 1,22  |

Бетон на мелком заполнителе, как было сказано выше, пронизан более густой сетью трещин, образованных как в матрице, так и в контактной зоне. Ориентирование этих трещин различно. Объединяясь при разрушении в магистральную трещину, они образуют большое количество маленьких зубчиков на рельефе поверхности. Бетон на крупном заполнителе пронизан менее густой сетью трещин, так же различно ориентированных. При разрушении они образуют небольшое количество крупных зубьев. Этим и объясняется разность площадей рельефа поверхности полученных при эксперименте.

Для удобства использования при расчетах рельеф поверхности представим в виде модели.

Представим образованный рельеф в виде плоской зубчатой поверхности (см. Рис. 1). Проекция этой поверхности на плоскость представляет собой сечение в зоне раскола кубов и имеет линейные размеры  $l = b = 10$  см, где  $b$  - ширина сечения;  $l$  - длина сечения. Для того, чтобы определить площадь поверхности, необходимо знать два параметра поверхности: ширину поверхности  $b'$  и длину зубьев  $l_{crc}$ . В действительности, длина зубьев  $l_{crc}$  является фактической длиной трещины.



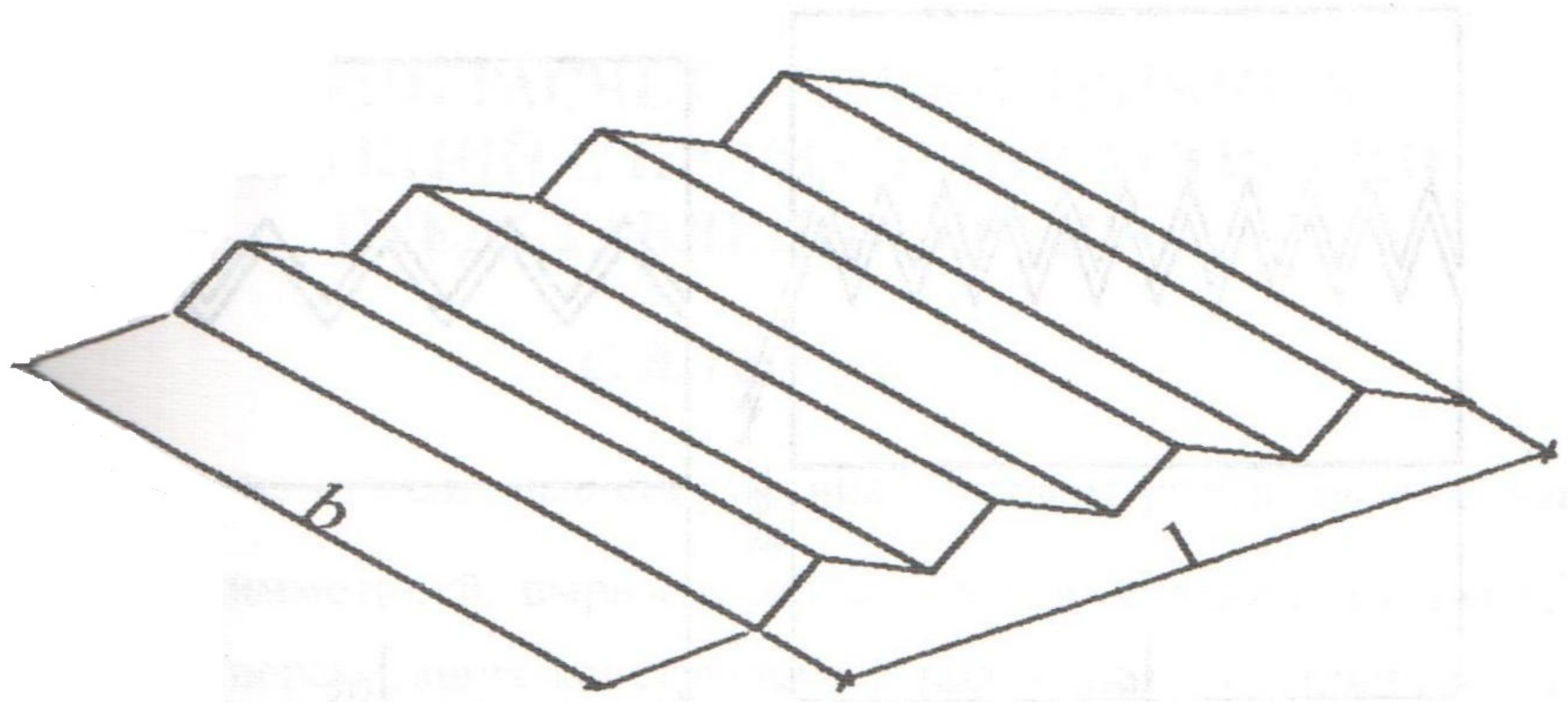


Рис 1. Модель рельефа поверхности трещины.

Ширина поверхности  $b'$  совпадает с шириной сечения  $b$ . Длина зубьев  $l_{crc}$  определяется умножением линейного размера сечения  $l$  на коэффициент пережденности  $K_d$ :

$$l_{crc} = l \cdot K_d \quad (1)$$

Таким образом, площадь рельефа поверхности определяется:

$$S_{нов} = l_{crc} \cdot b \quad (2)$$

Приведенная выше модель хорошо согласуется с результатами эксперимента по определению площади рельефа поверхности.

По результатам эксперимента были получены площади рельефа поверхности опытных образцов серии С5 и С10, которые приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что площадь рельефа поверхности опытных образцов серии С5 больше площади рельефа поверхности опытных образцов серии С10.

Отсюда следует, что длина зубьев  $l_{crc}$  в серии С5 больше длины зубьев  $l_{crc}$  в серии С10. В соответствии с принятой моделью, рельеф поверхности опытных образцов серии С5 будет иметь большее количество зубьев, чем рельеф поверхности опытных образцов серии С10 (см. Рис. 2).



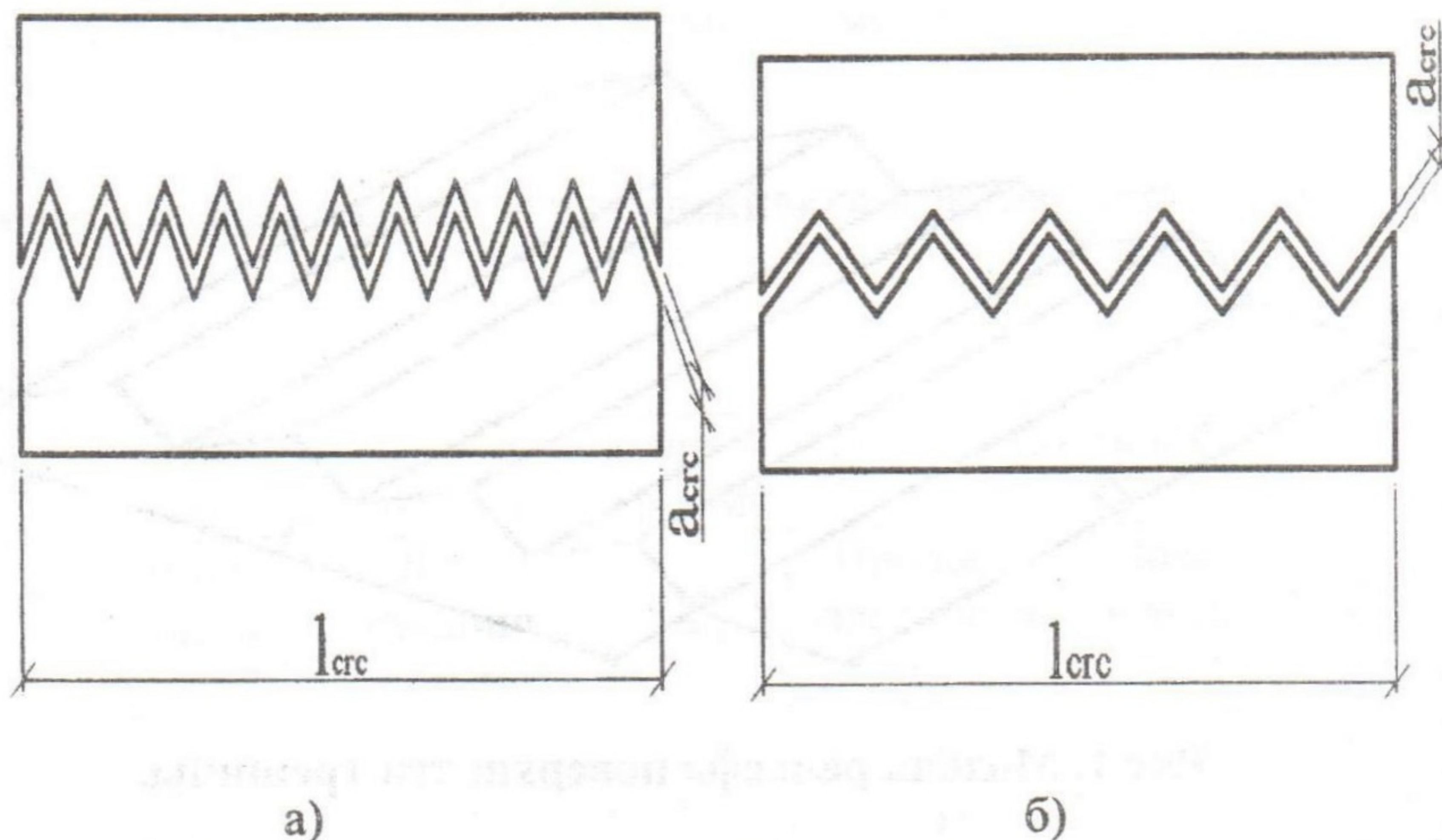


рис. 2 Проекция модели рельефа поверхности на плоскость  
 а) - для бетона серии С5; б) – для бетона серии С10;

Для определения сил зацепления в трещине предполагается применить блочно - связевую модель д.т.н., профессора Ю.А. Климова. Согласно принятой модели элемент рассматривается в виде системы блоков разделенных трещинами и объединенных связями (сжатая зона бетона, продольная и поперечная арматура, силы зацепления).

Анализ проведенных исследований сил зацепления в трещине позволяет сделать вывод, что в предложенных методиках расчета длина трещины, на которой определялись эти силы, принималась равной длине сечения в зоне сдвига что, как видно из приведенных выше результатов эксперимента, не соответствует действительности.

Таким образом, нами предлагается при расчете сил зацепления учитывать фактическую длину трещины, определяемую в зависимости от технологической поврежденности.

#### Литература

1. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных элементов при действии поперечных сил.- К.: Будівельник, 1989.- 105 с. 2. Дорофеев В.С., Выровой В.Н. Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций.- Одесса: ИМК Город мастеров, 1998.- 168 с.