

## К РАСЧЕТУ ЖЕСТКИХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ДВУХБЛОЧНОЙ МОДЕЛИ

Б.Б.ТЕЛТАЕВ, Б.У.УСЕНБАЕВ

[E.mail. ksucta@elcat.kg](mailto:ksucta@elcat.kg)

*Макалада катуу типтеги жол жабууларынын эсептөө ыкмаларын жана конструктивдик чечимдердин өркүндөтүү маселелери каралган.*

*В статье рассмотрены вопросы совершенствования методов расчета и конструктивных решений дорожных одежд жесткого типа.*

*This article is devoted to the questions of perfecting calculation methods and constructive decisions of road coverage of hard type.*

Жесткие покрытия автомобильных дорог, длительное время применявшиеся в основном на автомобильных дорогах I-III категорий и дорогах промышленных предприятий и ГТС, все в больших объемах начинают применять на магистральных трассах, например, европейских стран, дорогах «автобан», которые обладают высоким сроком службы и качеством. В связи с большим разнообразием условий эксплуатации дорог существенным различием в интенсивности и составе движения большое значение приобретает совершенствование методов расчета и конструктивных решений дорожных одежд жесткого типа.

Характер работы жестких дорожных покрытий конструкций в зоне, расположенной вокруг площадки передачи концентрированной нагрузки, его напряженно-деформированное состояние, схема трещинообразования, форма разрушения, несущая способность зависят одновременно от большого количества факторов.

В зоне действия концентрированной нагрузки механизм разрушения, напряженно-деформированное состояние определяются совместным влиянием как внешних факторов (схемой загрузки – центральное, внецентренное, краевое и т.д., соотношением размеров элемента и площадки нагружения, действием продольных сжимающих сил), так и внутренних (размерами и конфигурацией сечения, армированием, классом бетона). Помимо этого жесткие дорожные покрытия при действии концентрированной нагрузки находятся в условиях трехосного напряженного состояния, наличия нормальных и наклонных трещин с действующими в них силами зацепления и др.

На основе вышесказанного можно заключить, что аналогично работа жестких дорожных покрытий при действии концентрированной нагрузки очень сложна, а это, в свою очередь, приводит к использованию приближенных приемов оценки прочности, опирающихся на экспериментальные данные.

К настоящему времени накоплен значительный экспериментальный материал о работе бетонных плит без поперечной арматуры, разрушающихся от продавливания. В значительно меньшей степени исследованы вопросы продавливания плит с поперечной арматурой. В основном опыты проводились зарубежными авторами.

Исследования продавливания плитных конструкции без поперечной арматуры ведутся многие годы.

В этой области исследованы практически все основные факторы: вид (тяжелый и легкий) и классы бетона /1/, влияние продольной арматуры /2/ и ее предварительного напряжения, форма плит в плане (круглые, квадратные, прямоугольные) и условия опирания, форма и размеры площадки нагружения, соотношение геометрических характеристик плит и масштабный фактор /2/ и т.д. Выявлены характер трещинообразования на нижней и боковой гранях плит, форма

поверхности разрушения, величины разрушающих нагрузок в зависимости от изменения основных факторов. В частности, в ходе экспериментов выяснилось, что разрушение происходит по замкнутой поверхности, близкой к усеченному конусу или пирамиде со скругленными ребрами, верхнее основание в которых совпадает с площадкой передачи концентрированной нагрузки, а боковые грани наклонены под некоторым углом, изменяющимся в зависимости от различных факторов от 40 до 70°.

В исследованиях плит /2/, имитирующих работу фундаментов и свайных ростверков при сопряжении с прямоугольными колоннами вытянутого сечения (отношение сторон от 1 до 0,4), было отмечено снижение напряжений отрыва на боковых гранях расчетной пирамиды продавливания, расположенной вокруг площадки передачи концентрированной нагрузки, с уменьшением отношения сторон указанной площадки. Также отмечалось уменьшение угла наклона граней, расположенных вдоль длинных сторон площадки нагружения, вследствие чего нижнее основание пирамиды продавливания принимало квадратное очертание при прямоугольном очертании верхнего основания, совпадающего с площадкой нагружения.

Для расчета слоев дорожной одежды жестких покрытий традиционно принимают модель работы прямоугольной или круглой призмы, которая передает нагрузку по данной площади вертикально вниз /1/. При этом покрытия состоят из нескольких конструктивных слоев, выполняющих разные функции. В покрытиях различают верхний и нижний слои – основания (искусственное и естественное). Верхний слой покрытия воспринимает нагрузки от колес, подвергается воздействию атмосферных факторов.

Так, например по СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» за основу работы конструкций при действии концентрированной нагрузки принимают модель усеченной пирамиды. Методика расчета основана на учете действительной формы поверхности разрушения при продавливании, полученной при испытании. На основании результатов исследования плит, опертых по контуру и фундаментов зданий на песчаном или пружинном основании, ростверков с прямоугольными или квадратными колоннами, поверхность продавливания принимается в виде боковых поверхностей усеченной пирамиды или конуса, меньшим основанием которых служит площадка действия внешней нагрузки. При этом принимается, что в момент разрушения элемента напряжения в бетоне достигают предельных значений на растяжение. Несущая способность (продавливающая сила) определяется как суммарное сопротивление бетона растяжению по боковой поверхности пирамиды продавливания. Причем поверхность отрыва принимается в виде усеченной пирамиды с углом наклона боковых граней пирамиды, равным 45°.

Необходимо отметить, что в данной методике есть некоторые условности, связанные с использованием предельных сопротивлений бетона растяжению на боковой поверхности отрыва. Но, несмотря на это, такая методика является более перспективной, так как она более полно учитывает действительный характер разрушения при построении расчетной схемы.

При оценке прочности и действительной работы бетонных и железобетонных конструкций обычно используют модель усеченных пирамиды или конуса. Фактическое конструктивное решение в жестких покрытиях дорог предполагает передачу нагрузок блокированных швами элементов через анкерную арматуру. При этом предполагается, что грань пирамиды сохраняет тот же угол наклона за счет работы анкерной арматуры в швах (см. рис. 1).

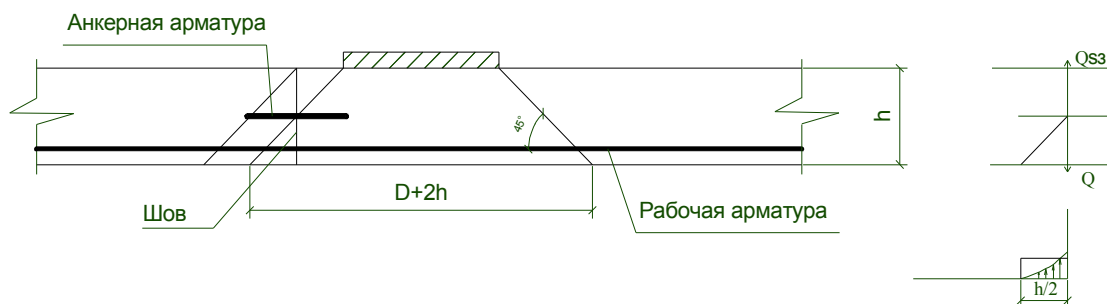


Рис. 1. Схема распределения нагрузки для плит жесткого дорожного покрытия

По аналогии работы в наклонных сечениях железобетонных конструкций напряженно-деформированное состояние в указанных швах представлено в виде силовой расчетной схемы.

Указанное распределение усилий в деформационном шве позволяет условие прочности элемента определять из уравнения равновесия сил в вертикальном сечении:

$$P \leq Q_{SH} + Q_{bt}; \quad (1)$$

где  $Q_{bt}$  – поперечное усилие в бетоне над анкером;  $Q_{SH}$  – нагельная сила анкера;  $P$  – усилие, передаваемое колесной парой.

Отсюда находим анкерную силу зацепления:

$$Q_{SH} \leq P - Q_{bt}. \quad (2)$$

Поперечное усилие в бетоне  $Q_{bt}$  определяется, как принято в традиционных подходах к расчету, из предположения концентрации напряжений растяжению (отрыва) бетона под точкой изгиба анкера с последующим убыванием по мере удаления от этой точки по параболическому закону (см. рис. 1). Считая, что наиболее концентрированная часть напряжения сосредоточена в зоне проекции линии продавливания к подошве жестких покрытий, для инженерных подходов приближаем эпюру напряжения до треугольной, как принято в нормальных напряжениях с некоторым коэффициентом полноты  $\omega$ . Данный подход позволяет приближенно принимать сумарную поперечную силу с передачей в точке С на удаление  $1/3l$  – длины линии проекции продавливания к подошве жестких покрытий. Это составляет  $1/3$  от  $(h/2)$  (см. рис. 1).

Анализ напряженно-деформированного состояния шва позволяет считать, что сумарная поперечная сила  $Q_b$  определяется из условия равномерного распределения напряжения между анкерами на расстоянии  $S$  и длины линии продавливания на участке  $h/2$  с учетом угла наклона грани пирамиды приближенно  $45^\circ$  по закону распределения линии главных напряжений. По данному подходу получим:

$$Q_b = 0,5 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{bt} \cdot h \cdot s \cdot \omega; \quad (3)$$

где  $\sigma_{bt}$  – сопротивление бетона осевому растяжению в пределе, равно  $R_{bt}$ ;  $h$  – высота плиты;  $S$  – шаг анкерных стержней;  $\omega$  – коэффициент учитывающий полноту эпюры нормальных напряжений растяжения, определяемое опытным путем.

В первом приближении коэффициент, учитывающий полноту эпюры нормальных напряжений растяжения, для тяжелого бетона предлагается принять  $\varphi = 0,35$ , как принято для расчета железобетонных элементов по наклонным сечениям.

Тогда условие прочности элемента в вертикальном сечении будет:

$$P \leq Q_{SH} + 0,35 \cdot R_{bt} \cdot h \cdot s \cdot \omega; \quad (4)$$

Из условия равновесия сил получим:

$$Q_{SH} \leq P - 0,35 \cdot R_{bt} \cdot h \cdot s \cdot \omega; \quad (5)$$

Рассмотренный подход к расчету более полно и точно отражает общую картину работы железобетонных элементов при действии поперечной силы, воспринимаемой наклонной призмой, отражающей закон распределения линии главных напряжений, позволяющий определять значение поперечной силы, воспринимаемой нижним блоком /3/.

Исходя из предложенной модели работы для совершенствования инженерных методов расчета в качестве дополнительных уравнений можно использовать условия деформирования по наклонному сечению /3/.

Это позволяет более точно оценить фактическое значение нагельных сил воспринимаемых продольными стержнями (рис.1). Таким образом, удается возможность определить количество, диаметр и класс этих стержней, что не позволяют определить существующие методы расчетов.

Равенство (5) позволяет варьировать параметрами:

- определить диаметр и шаг анкерных стержней при известном классе бетона и толщине жестких покрытий дорог;
- определить класс бетона при известных характеристиках анкерных стержней;
- при выбранных характеристиках анкерных стержней и класса бетона определять требуемую толщину жестких покрытий и позволяет ограничивать допустимую массу грузопотока (давление колесных пар).

### **Список литературы**

1. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог / [Г.Н.Глушков и др.] – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
2. Коровин Н.Н. Продавливание плит ростверков прямоугольными колоннами [Текст] / Н.Н.Коровин // Элементы и узлы каркасов многоэтажных зданий. – М., (НИИЖБ), 1980. – С.30-35.
3. Залесов, А.С. Расчет прочности приопорных участков балок на основе двухблочной модели [Текст] / А.С.Залесов, Г.И.Попов, Б.У.Усенбаев. – М., 1986. № 2.