

ЗОНА ДИСПЕРСИИ В СТРУНОБЕТОННЫХ БРУСЬЯХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Представлено варіанти, що застосовуються для визначення розподілу напруги в попередньо напружених елементах. Запропоновано авторський метод визначення зони розподілу напруги в струнобетонних брусах стрілочних переводів.

Представлены применяемые варианты определения распределения напряжений в преднапряжённых элементах. Предложен авторский метод определения зоны распределения напряжений в струнобетонных брусках стрелочных переводов.

The applied variants for determination of distribution of tensions in prestressed elements are presented. The author's method for determination of area of distribution of tensions in the stringed concrete squared beams of switches is suggested.

В Польше изготавливали струнобетонные шпалы INBK-7 с напрягаемой арматурой в виде прядей 7 Ø 2,5 мм. Производство шпал выполнялось на длинных стендах для изготовления предварительно напряжённых элементов с натяжением арматуры на упоры. Такая технология имела свои недостатки и достоинства. В шпалах и брусках стрелочных переводов расстояние между торцом элемента и подрельсовым сечением составляло только 500 мм. В струнобетонных шпалах и брусках стрелочных переводов в подрельсовом сечении не создавалось эффективное напряжение ввиду того, что длина анкерной арматуры была больше, чем расстояние между торцом элемента и подрельсовым сечением. При других видах арматуры получились такие же недостатки.

Прогрессом в производстве шпал и брусков стрелочных переводов было применение новой технологии преднапряжения и новой развязки зоны анкерной напрягающей арматуры.

Новые бруска приняты в виде балок постоянного поперечного сечения. Поперечное сечение брусков запроектировано трапециевидным с основаниями 260 мм (верхнее), 290 мм (нижнее) и высотой 210 мм. Армирование бруса состоит из 12 стальных стержней диаметром 8 мм. Напрягающее усилие, после учёта потерь напряжения, равно 551,52 кН. Величина эксцентриситета равнодействующей напрягающей силы относительно центра тяжести поперечного сечения бруса составляет 5 мм. Бруска изготавливаются из бетона М50. В зоне анкерной арматуры стержнях путем высадки создавались головки типа BBRV и использовались стальные плиты с отверстиями. Площадь плиты для двух стержней равна 17,4 см². Натяжение арматуры производилось с упором на стальные

формы, а преднапряжение элемента выполнялось после бетонирования, уплотнения и пропарки. Анкерная арматура производилась за счёт передачи напряжений на бетон с помощью анкеров в виде высаженных головок и стальных плит.

В зоне анкерной арматуры образуется пространственное напряжённое состояние, и в связи с этим следует проверить бетон на местное сжатие, растягивающие напряжения в поперечном направлении и предупредить выколов бетона. Указанное напряжённое состояние возникает на длине от торца элемента равной его высоте [1, 2].

В работе [2] предлагаются два варианта расчёта зоны анкерной арматуры. В первом варианте рассматривается отрезок элемента длиной, равной его высоте (считая от торца). Определяется равновесие отрезка элемента при загрузке торцевой поверхности силами, возникающими от напрягаемой арматуры, а в сечении на расстоянии, равном высоте элемента, учитываются напряжения нормальные и касательные. Во втором варианте зону анкерной арматуры заменяют фермой, вычисляют силы в растянутых и сжатых стержнях и применяют ненапряжённую арматуру.

В европейских нормах (PN-EN 1992-1-1:2008) предполагается, что распределение напряжений в бетоне от напрягающей силы происходит под углом распределения величиной $2\beta = 67,4^\circ$. С учётом угла распределения определяется такое первое (считая от торца) поперечное сечение элемента, в котором эпюры нормальных напряжений будут линейными.

На рис. 1 представлены два варианта зоны распределения напряжений в бруске.

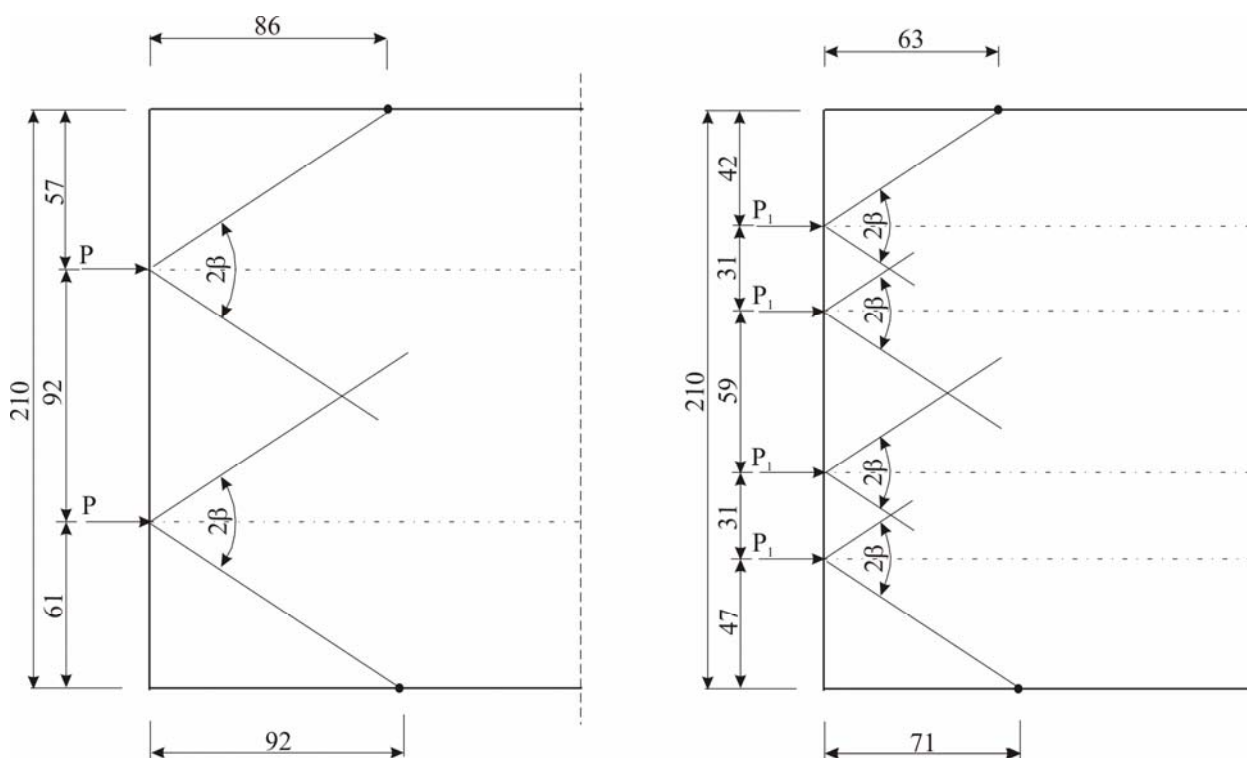


Рис. 1. Определение зоны распределения напряжений согласно рекомендациям нормы PN-EN 1992-1-1:2008

Для первого варианта показано распределение при действии двух сил P , а для второго – при действии четырёх сил P_1 . Сила P_1 равна напрягающей силе в одном стержне $\varnothing 8$ мм. Из полученных результатов следует, что в первом варианте на расстоянии 92 мм от торца образуется линейная эпюра нормальных напряжений в бетоне элемента, а во втором это расстояние равно 71 мм. Эти результаты дают возможность определять положение сечения, в котором происходит полное предварительное напряжение бетона. Полученные растяжения слишком малы по сравнению с высотой бруса (210 мм). Безусловно, в брусках в зоне анкеровки необходимо проверять экстремальные напряжения и применять косвенное ненапрягающее, по конструктивным соображениям, армирование. Кроме того, необходимо определить зону распределения. Зона распределения начинается в торце элемента в точке на оси напрягающей арматуры [5]. При определении зоны распределения не учитывались размеры анкерных устройств. В действительности размеры анкеров непосредственно влияют на величину зоны распределения. Площадь контакта анкеров с бетоном торца элемента влияет на местное сжатие бетона, а также на величину зоны распределения. Основным свойством анкерных устройств является их большая жёсткость, и поэтому усилие с напрягаемой арматуры передаётся на бетон равномерно на всей площади анкеров.

Автором выполнен анализ нормальных напряжений в зоне анкеровки с целью определения зоны распределения. Расчёты бруса проведены методом конечных элементов для случая нагружения его только сосредоточенными силами, имитирующими предварительное напряжение. Напрягающие силы заменялись силами, действующими в узлах сетки дискретизации. Проведен анализ и получены эпюры нормальных напряжений в сечениях бруса. Зона распределения определяется как расстояния между анкерными плитами и сечениями, в которых эпюры нормальных напряжений будут линейными. За пределами зоны распределения нормальные напряжения остаются постоянными. Результаты расчётов характеризуются тем, что на нижней и верхней гранях бруса нормальные напряжения увеличиваются по мере отдаления от сечения, в котором установлены стальные плиты (анкеры). За пределами зоны распределения образуется эффект полного преднапряжения бетона. На основе результатов расчетов, приведенных на рис. 2, длина зоны распределения равна 230 мм от стальных анкерных плит. Длина зоны распределения, определённая согласно указаниям нормы PN-EN 1992-1-1: 2008, является в 2,5 раза меньше по сравнению с длиной, определённой на основе анализа нормальных напряжений.

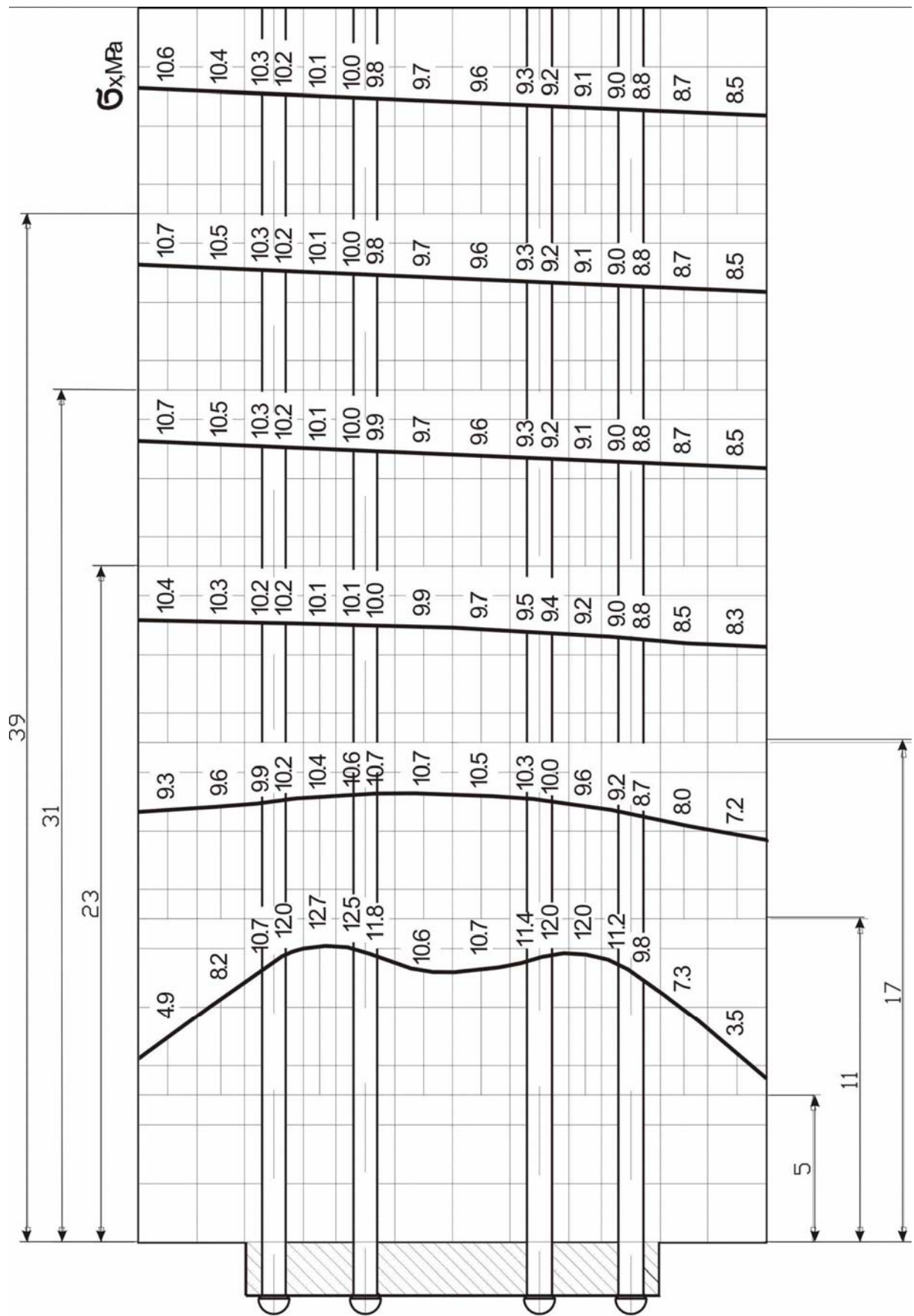


Рис. 2. Эпюры нормальных напряжений в зоне анкеровки арматуры бруса стрелочного перевода

Заключение

Предложенный метод определения зоны распределения на основе расчета нормальных напряжений является несравнимо более убедительным, чем способ, рекомендованный в нормах [5], или устаревшая схема заменяющих ферм [2] со сжатыми и растянутыми условными стержнями.

В большинстве преднапряжённых элементов максимальный изгибающий момент образуется на большом расстоянии от зоны анкеровки арматуры. Зона распределения напряжений в местах расположения анкеров для таких элементов не имеет существенного значения. Брусья и шпалы являются специфическими изгибаемыми элементами, в которых подрельсовое сечение расположено на расстоянии 500 мм от торца, и поэтому определение сферы дисперсии является важным фактором при определении несущей способности и трещиностойкости подрельсового сечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Praca zbiorowa pod redakcją B. Lewickiego: Konstrukcje betonowe, żelbetonowe i sprężone. Komentarz naukowy do PN-B-03664:2002 [Текст]. – Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej, 2005.
2. Sekcja konstrukcji betonowych KILiW PAN – praca zbiorowa: Podstawy projektowania konstrukcji żelbetonowych i sprężonych według Eurokodu-2 [Текст]. – Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2006.
3. Syczewski, M. Obliczanie podkładów na sprężystym podłożu [Текст] / M. Syczewski // Analiza badania ich rysoodporności. – Białystok: ZN. PB., 1985.
4. Syczewski, M.: Badanie sfery zakotwienia w podrozjazdnicach SP-93 [Текст] / M. Syczewski, R. Tribińło, J. Wiszniewski // Białystok, ZN. PB. – 1998. – № 18.
5. PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków [Текст]. – Warszawa: PKN, 2008.

Поступила в редколлегию 09.03.2010.

Принята к печати 14.03.2010.