

УДК 624.21:691.116

В.П. Стуков

Северный (Арктический) федеральный университет

Стуков Валерий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный дорожник РФ. Имеет около 90 печатных работ в области исследований работы и расчета балок комбинированного сечения, составленных из древесины и бетона; пространственных методов расчета балочных пролетных строений мостов.
E-mail: stukovvp@mail.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ РАССТАНОВКИ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ВЕТВЯМИ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ АВТОДОРОЖНОГО МОСТА

Рассмотрена задача расстановки стальных нагелей между железобетонной плитой и деревоклееным ребром составной балки пролетных строений мостов.

Ключевые слова: составная балка, железобетонная плита, деревоклееное ребро, нагельные связи.

Совместную работу ветвей деревожелезобетонной балки обеспечивают связи сдвига и поперечные.

Задача оптимизации балки, составленной из деревоклееного ребра и железобетонной плиты, решалась ранее в работах [1, 2]. Нами даны предложения по оптимизации высоты деревоклееного ребра балки деревожелезобетонного пролетного строения в зависимости от коэффициента ее составности ψ при соблюдении требований оптимальности несущей способности по изгибающему моменту M и поперечной силе Q , прогиба в середине пролета балки f_{lim} [3].

Целью настоящего исследования является оптимизация расстановки связей между ветвями составной деревожелезобетонной балки. При проектировании железобетонных изгибаемых элементов шаг поперечных стержней (хомутов) уменьшается к опорам вместе с возрастанием поперечной силы. В случае деревожелезобетонной балки при этом увеличиваются сдвигающие усилия между ветвями. Традиционным решением при проектировании такой балки является

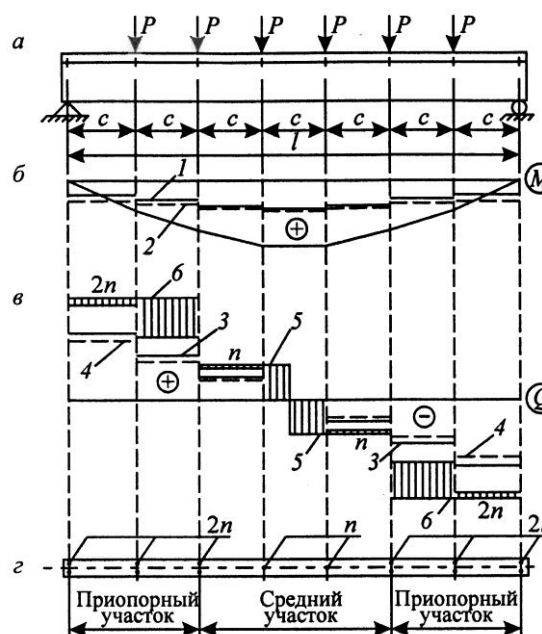


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов M (1, 2), поперечных сил Q (3, 4) и несущей способности по поперечной силе балки (5, 6) при n и $2n$ нагелях соответственно

уменьшение шага связей между ветвями c или увеличение их мощности, в некоторых случаях есть необходимость использовать оба приема. На рис. 1 приведены эпюры изгибающих моментов M (рис. 1, б), поперечных сил Q (рис. 1, в) и расстановка стальных нагелей (рис. 1, а и г) в деревожелезобетонной балке при использовании нагельного соединения ее ветвей.

На эпюрах M и Q выше и ниже цифр 1, 2, 3, 4 расположены участки соответствующих усилий, воспринимаемых ветвями и цельным сечением дерево-железобетонной балки как составным стержнем по причине податливости связей сдвига – нагельного соединения.

На рис. 1, *в* в балке выделены средний и приопорные участки и имеет место увеличение мощности связей по участкам с n до $2n$ по мере приближения к опоре при сохранении их постоянного шага s по длине балки. В ряде случаев при значительной поперечной силе Q на приопорном участке сложно разместить большое число стальных нагелей в связи при принятой толщине деревоклееного ребра. Согласно [1] на концевых участках балок необходимо также устанавливать дополнительные связующие элементы в виде петель для восприятия отрывающих усилий от воздействия усадки и отрицательной разности температур.

Задачу размещения нагелей по длине дерево-железобетонной балки можно решить более рационально, если использовать специфику ее работы как составной балки с различной степенью составности при обеспечении требований двух групп предельных состояний. Следует исследовать восприятие изгибающего момента и поперечной силы по длине балки составным сечением и ветвями при оптимальной составности [3] и определить длину приопорного участка, на которой ветви балки могут не иметь связей, поскольку способны самостоятельно воспринять усилия M и Q от расчетных нагрузок.

Рассмотрим решение этой задачи для балок дерево-железобетонного пролетного строения с пролетами l , равными 9 и 18 м, при шаге поперек моста $d = 1,8$ м, загруженных постоянной и временной (НК-80) нагрузками.

На рис. 2, *а* приведены графики M , Q , $M_{р.п}$, $Q_{р.п}$, Q_{12} , используемые для размещения нагельных соединений по балке пролетом $l = 9$ м при коэффициенте составности $\psi = 0,9$.

Проекция точки пересечения графиков M – расчетного момента от внешней нагрузки и $M_{р.п}$ – изгибающего момента, воспринимаемого деревоклееным ребром и железобетонной плитой как самостоятельными элементами, на ось абсцисс определяет сечение балки $x = 0,17l$, левее которого, т. е. на участке от опоры до этого сечения, связи между ветвями балки не обязательны. Ребро и плита воспринимают поперечную силу Q по всей длине балки также без их объединения, поскольку $Q_{р.п} > Q$, где $Q_{р.п}$ и Q – поперечные силы, действующие на ребро и плиту и от внешней расчетной нагрузки соответственно. Для рассматриваемого случая $Q_{12} > Q$, где Q_{12} – поперечная сила, воспринимаемая балкой при рассматриваемой составности. В средней части балки длиной $0,66l$ устраиваем нагельные соединения одинаковой мощности, т. е. с постоянной площадью сечения стальных стержней и их шагом по длине средней части балки, определяемыми из расчетов ее оптимальности балки [3]. В сечении $x = 0,17l$ отрывающие усилия от усадки и температуры существенно меньше, чем в опорном, и для их восприятия используются нагели, предназначенные для связи ветвей и уже установленные на среднем участке балки. Для крайних нагельных соединений среднего участка следует использовать стальные нагели с головками, имеющими лучшую анкеровку в бетоне плиты, чем без головок. В целях своевременного включения в работу на восприятие внешнего момента балкой объединенного сечения целесообразно устанавливать нагели, начиная с сечения $x = 0,15l$.

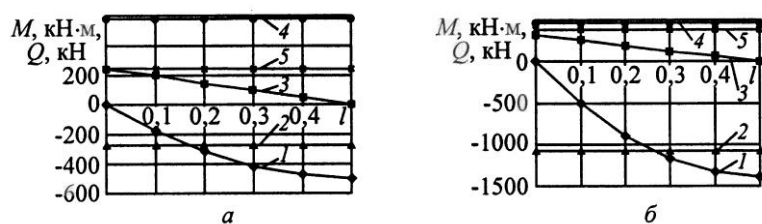


Рис. 2. К вопросу размещения нагельных соединений для балки пролетом 9 м (а) и 18 м (б): 1 – M ; 2 – $M_{p,п}$; 3 – Q ; 4 – $Q_{p,п}$; 5 – Q_{12}

На рис. 2, б приведено размещение нагельных соединений для балки пролетом $l = 18$ м при коэффициенте составности $\psi = 0,7 \dots 0,8$ [3]. Поперечная сила от расчетных нагрузок воспринимается деревоклееным ребром и железобетонной плитой как ветвями балки и составной балкой по всему пролету, т. е. $Q_{p,п} > Q$ и $Q_{12} > Q$ соответственно. Из анализа работы балки следует, что на участке от опоры до сечения $x = 0,26l$ связи можно не устанавливать. Таким образом, в средней части балки длиной $0,48l$ устраиваем нагельные соединения одинаковой мощности [3]. В сечении $x = 0,26l$ отрывающие усилия от усадки и температуры, как отмечалось ранее, существенно меньше, чем в опорном, и для их восприятия могут быть использованы те же нагели. Целесообразно начать расстановку нагелей несколько ближе к опорам, т. е. длину среднего участка принять равной $0,5l$.

Таким образом, с помощью подобных графиков можно рационально

решить вопрос о расстановке нагельных соединений между ветвями с учетом специфики работы составной балки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. М.: Транспорт, 1979. 160 с.
2. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластины. М.: Стройиздат, 1986. 316 с.
3. Стуков В.П. Оптимизация балки деревожелезобетонного пролетного строения автодорожного моста // Лесн. журн. 2010. № 2. С. 78–82. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 11.09.09

V.P. Stukov
Northern (Arctic) Federal University

Optimization of Connections Placement among Branches in Wood Reinforced Concrete Beam of Road Bridge Superstructure

The problem of steel dowels placement between the reinforced concrete slab and laminated wood rib of composite beam of bridge superstructure is considered.

Keywords: composite beam, reinforced concrete slab, laminated wood rib, dowel connections.