

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ НАДВИЖКЕ ДВУХПРОЛЁТНОГО НЕРАЗРЕЗНОГО ПРОЛЁТНОГО СТРОЕНИЯ

В статті відслідковуються зміни зусиль в перерізах аванбека та прогонової будови на всіх етапах її подовжнього насування.

В статье отслеживаются изменения усилий в сечениях аванбека и пролётного строения на всех этапах его продольной надвижки.

Variations of stresses in cross-sections of a launching girder and a span at all stages of its longitudinal shifting are investigated in the paper.

В процессе продольной надвижки неразрезного преднапряженного железобетонного пролётного строения с использованием аванбека при конвейерно-тыловой сборке произошло обрушение моста Иньяка в Южной Африке (1998 г.), в результате которого погибли 14 и ранены 19 человек [1]. Схема моста при продольной надвижке и вероятная последовательность его разрушения показаны на рис. 1.

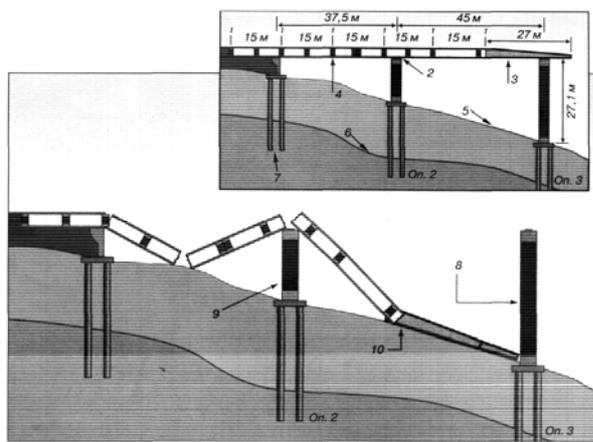


Рис. 1. Схема моста и вероятная последовательность разрушения: 1 – секция, 2 – тефлоновые прокладки; 3 – стальная монтажная ферма (аванбек); 4 – диафрагмы, 5 – уровень земли; 6 – приблизительный уровень скального грунта; 7 – концевая опора; 8 – передний край аванбека пробивает отверстие в опоре; 9 – опора, на которую действуют поперечные силы; 10 – найденные на земле разорванные стяжки

«Разорванные стяжки» (рис. 1) прикрепления аванбека к пролётному строению свидетельствуют о недостаточном их количестве, тем более, что разрушение произошло в то время, когда на этот стык воздействовал наибольший изгибающий момент.

Почему это обрушение не произошло при надвижке пролётного строения в предыдущий пролёт? Дело в том, что первый пролёт короче второго, и, следовательно, меньше величина максимального изгибающего момента, для восприятия которого прочность стыка аванбека с пролётным строением была достаточна. А для второго пролёта прочность стыка оказалась недостаточной.

Нарушены основные требования, которые должны соблюдаться при продольной надвижке пролётных строений с аванбеком, а именно: устойчивость, прочность и жесткость надвигаемой системы в целом и отдельных её конструктивных элементов (главных балок, опор, монтажных элементов) на всех стадиях производства работ [2].

Дело в том, что при продольной надвижке как сечения пролётного строения, так и узел примыкания аванбека к нему испытывают воздействие усилий (изгибающих моментов, поперечных сил и др.) разных знаков и разной интенсивности. Поэтому необходимо тщательно отслеживать изменение величин и знаков этих усилий и на наибольшие из них выполнять расчёты и конструирование сечений и узлов надвигаемого пролётного строения. При этом наряду с учетом собственного веса, строительных нагрузок необходимо принимать во внимание ветровое воздействие.

На примере продольной надвижки двухпролётного неразрезного преднапряженного железобетонного пролётного строения с использованием аванбека проследим изменение усилий в его сечениях (ветровое воздействие не учитывается).

Полагаем, что интенсивность постоянной нагрузки от собственного веса пролётного строения составляет 1т/м ($q = 1$), а аванбека –

0,5 т/м. Примем длину аванбека (l_a) равной половине длины пролётного строения (l).

Вначале рассмотрим изменение усилий в корне аванбека и в сечениях надвигаемого пролётного строения, заменив надвигаемую систему расчетной схемой в виде одноконсольной балки (рис. 2), загруженной равномерно распределённой нагрузкой от собственного веса пролётного строения и аванбека. Линии влияния усилий (M и Q) представлены на рис. 2.

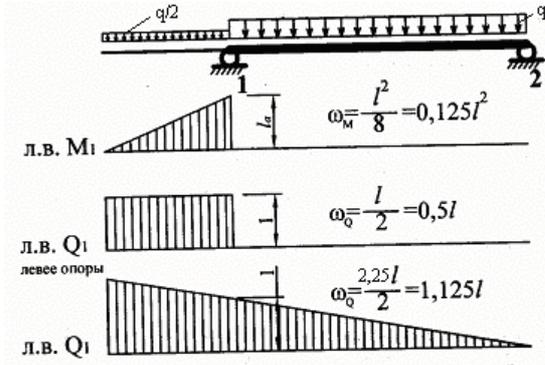


Рис. 2. Линии влияния M и Q вблизи (слева) и на опоре № 1

Изменение величины поперечной силы на опоре № 1 в процессе надвигки пролётного строения представлено на рис. 3.

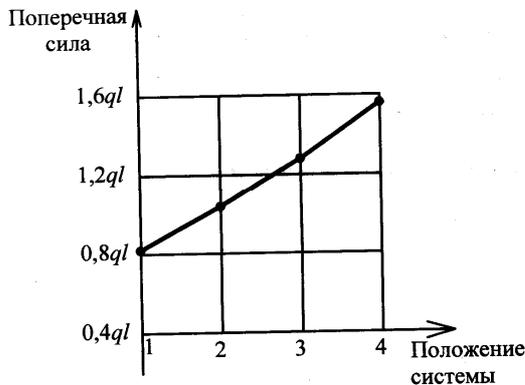


Рис. 3. График изменения поперечной силы на опоре № 1 при надвигке системы

При этом положение 1 соответствует моменту прикрепления аванбека к пролётному строению на опоре № 1, положения 2, 3 и 4 соответствуют надвигке системы соответственно на $1/6 l$, $1/3 l$ и $1/2 l$ (до момента опирания аванбека на переднюю опору № 0). При этом поперечная сила в корне аванбека отрицательная и постоянная $Q_a = -0,25ql$, а в сечении левее опоры № 1 – тоже отрицательная и изменяется от $-0,25ql$ до $-0,75ql$. Положительное значение поперечной силы на опоре № 1 изменяется от $0,8125ql$ до $1,562ql$.

При продольной надвигке системы по этой схеме отрицательный изгибающий момент на опоре № 1 изменяется от $-0,0625ql^2$ до $-0,3125ql^2$ (рис. 4).

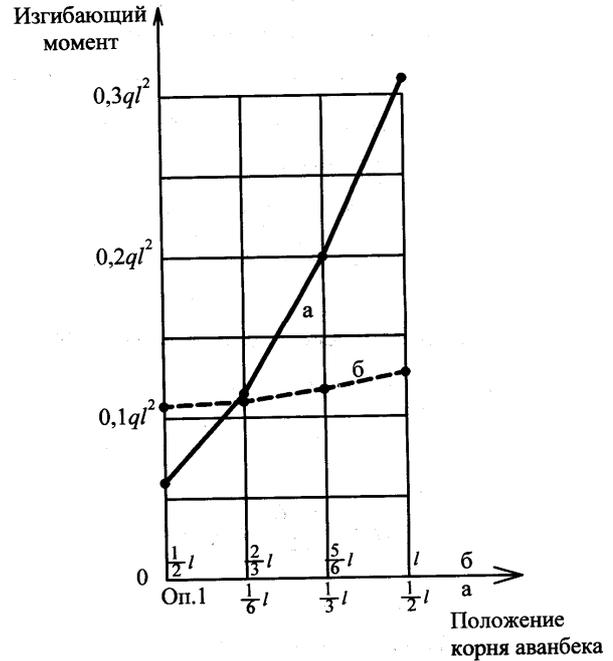


Рис. 4. Изменение изгибающего момента на опоре № 1: а – при надвигке одноконсольной балки; б – при надвигке неразрезной системы

В момент опирания аванбека на авангардную опору № 0 изменяется расчетная схема надвигаемой системы – она из одноконсольной балки превращается в двухпролётную неразрезную (рис. 5).

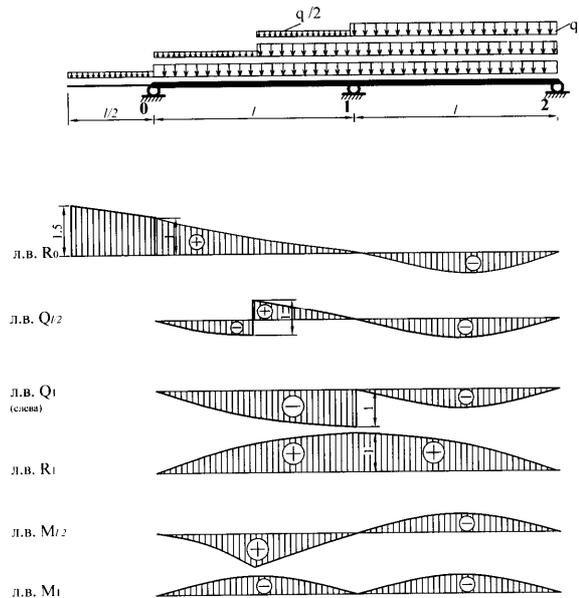


Рис. 5. Расчетная схема и линии влияния усилий (M и Q) в сечениях неразрезного двухпролётного пролётного строения

При дальнейшем движении надвигаемой системы после опирания аванбека на опору № 0 поперечная сила в корне аванбека возрастает, меняя при этом знак, от $-0,036ql$ (корень аванбека в середине пролёта 0-1) до $+0,38ql$, когда на опору № 0 опирается передний конец пролётного строения 0-1 (рис. 6).

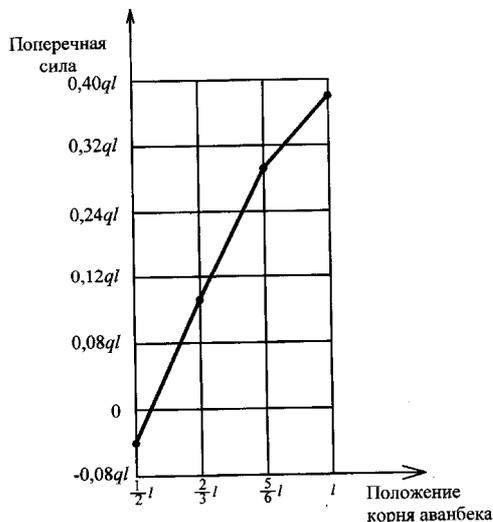


Рис. 6. График изменения поперечной силы в корне аванбека при его движении от середины пролёта 0-1 до опоры № 0

Изгибающий (отрицательный) момент на предыдущей опоре № 1 изменяется незначительно от $0,108ql^2$ до $0,125ql^2$ (рис. 4), минимальное значение которого в 2,5 раза меньше изгибающего момента, возникающего при надвижке консоли.

В момент опирания аванбека на опору № 0 максимальный положительный изгибающий момент в корне аванбека составляет $0,039ql^2$.

Таким образом, наглядно видно, как изменяются усилия, действующие на надвигаемую систему «пролётное строение + аванбек», в процессе её надвижки.

Собственно конструкция аванбека, узел прикрепления его к надвигаемому пролётному строению должны быть запроектированы таким образом, чтобы была обеспечена как их прочность, жесткость и устойчивость, так и всей

системы в целом во всем диапазоне изменения действующих в процессе надвижки усилий.

При этом следует помнить об изменении усилий, действующих в процессе продольной надвижки на сечения надвигаемого пролётного строения. Например, перед опиранием аванбека на опору № 0, на опору № 1 опирается середина пролётного строения 0-1, которая в эксплуатационном положении рассчитана и сконструирована на восприятие максимального положительного изгибающего момента и минимальной поперечной силы.

А до момента опирания аванбека на опору № 0 это сечение пролётного строения должно обеспечивать восприятие максимального отрицательного изгибающего момента ($-0,3125ql^2$) и максимальной положительной поперечной силы $1,5625ql$.

При необходимости предусматривается усиление этих сечений с целью обеспечения их прочности, устойчивости и необходимой жесткости.

Учет ветрового воздействия способен существенно повлиять на величины усилий, действующих на надвигаемую систему. Для снижения этого влияния иногда целесообразно использовать устройства, снижающие эффект ветрового воздействия, напр. [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оливер, Э. Отсутствие опыта и ошибки привели к человеческим жертвам при обрушении моста Иньяна [Текст] / Э. Оливер // Мостостроение мира. – 2004. – № 1-2. – С. 66-67.
2. Кручинкин, А. В. Сборно-разборные временные мосты [Текст] / А. В. Кручинкин. – М.: Транспорт, 1987. – 191 с.
3. Загора, А. Л. Способ монтажа пролётных строений. Авторское свидетельство № 1296660 [Текст] / А. Л. Загора, Г. А. Коваленко. – Б.Н. № 31, 1986.

Поступила в редколлегию 26.08.2008.