

А.А.Михайлов (ОГАСА, Одесса, Украина)

М.В.Пойзнер (ЧерноморНИИПроект, Одесса, Украина)

Как показал опыт производственного освоения шпунта зетового профиля (ШЗП) в портах Одесса и Южный, его погружают в грунт средней плотности пакетами, сформированными из двух зетовых профилей. Образованная таким образом шпунтовая свая является комбинированной конструкцией, состоящей из отдельных тонкостенных элементов, связанных по длине прерывистыми сварными швами, стыковочными накладками, соединительными пластинами, придающими пакету необходимую жесткость. Описать работу такого сложного конструктивного элемента в составе сооружения теоретически весьма сложно. Цель натурных испытаний являлась экспериментальная проверка несущей способности шпунтовых свай из ШЗП-73 при действии расчетного изгибающего момента и поперечной силы в упругой стадии деформирования (применительно к условиям работы пакетов в конструкции одного из причалов Одесского порта).

Для получения более достоверных результатов испытывались несколько свай серийного производства. Испытания проводились по схеме статически определимой балки на двух опорах.

Для сокращения сроков выполнения экспериментальных работ разработана методика, предусматривающая одновременное испытание двух шпунтовых свай. Таким образом, время испытаний удалось сократить примерно вдвое - в результате сокращения общего времени стабилизации деформации свай. В качестве опор для испытания шпунтовых свай служили бетонные блоки размером 2.0x1.4x1.4 м с размещенными на них опорными частями в виде подвижного и неподвижного стальных катков диаметром 120 мм. Расчетные нагрузки создавались с помощью бетонных огрузочных массивов размером 1.0x1.0x1.0 м, располагаемых по длине испытываемых пакетов. В связи с этим возникла необходимость обеспечения фиксированного зазора (13-15 см) между

массивами. С этой целью использовали Г-образный шаблон, состоящий из жестко скрепленных деревянных брусьев, плотно прилегающих при монтаже к установленному массиву. Для установки и снятия шаблона предусмотрены монтажные петли. Таким образом, в процессе деформации свай исключалась возможность соприкосновения огрузочных массивов.

Для передачи нагрузок от бетонных массивов на испытываемые элементы использовались старогородные деревянные шпалы, которые одновременно создавали первую ступень загрузки, обеспечивали более равномерное распределение нагрузок на сваи и большую безопасность выполнения экспериментальных работ. Так как ширина свай значительно уже ширины огрузочного массива, то при испытании каждой сваи в отдельности возникает опасность опрокидывания массивов. В предложенной схеме этот недостаток устранен - с использованием шпал обеспечивалась устойчивость всей системы.

Длина опытных свай составляла 27 м, высота профиля - 73 см, расчетный изгибающий момент - 2200 кН·м, расчетная поперечная сила - 435 кН (марка стали ВстЗсн, расчетное сопротивление по пределу текучести $R_y = 220$ Мпа, коэффициент условий работы $\gamma_c = 1.0$). Контролируемые в процессе испытаний параметры - нагрузка на сваю и прогибы в характерных по ее длине сечениях.

Нагрузки на сваи составляли, кН: 3.45 от собственного веса; 0.619 от шпал; 20.125 - 20.91 от массивов первого курса; 20.58 - 20.75 от массивов второго курса.

Нагрузки прилагают по нескольким схемам, позволяющим создать максимальные значения: изгибающего момента в сплошном сечении свай, изгибающего момента в сечении со сварной стыковочной накладкой, поперечной силой в опорном сечении.

Испытания проводились с соблюдением необходимых циклов нагрузки и разгрузки - всего 30 ступеней. Деформации свай измерялись прогибомерами Макимова с ценой деления 0.01 мм. Приборы крепили на специальных металлических подставках и соединяли со сваями стальными струнами.

Максимальные значения усилий и прогибов, зафиксированные в процессе испытаний свай (в сплошном сечении и сечении по сварной

-170-

стыковочной накладной), составили: изгибающий момент 2256 кН·м, прогибы 0.1841 - 0.1932 м, поперечная сила в опорном сечении 436.3 кН. Прогибомеры фиксировали деформации каждой шпунтины зетового профиля, входящей в пакет. Отличие в значениях прогибов при действии расчетных нагрузок на сваи незначительно и достигало 5%.

Сравнение фактических и теоретических значений прогибов при действии расчетных нагрузок показало, что расхождения не превышали 10%.

Отличие теоретического значения момента инерции сваи из ШЗП-73 ($EJ=68670 \text{ т}\cdot\text{м}^2$) от фактического, полученного пересчетом по данным испытаний, составляет 2%.

Таким образом, натурные испытания пакета из ШЗП-73 показали, что шпунт обладает несущей способностью, обеспечивающей восприятие расчетных нагрузок применительно к условиям работы исследуемого причального сооружения, надежность принятого проектного решения позволяет рекомендовать погружение шпунта ШЗП пакетами на других объектах.

С целью устранения отмеченных выше недостатков ШЗП разработана конструкция сварного шпунта корытного профиля, обладающего повышенной несущей способностью. Вместо соединения шпунтин в пакеты на строительной площадке новый профиль предлагается изготавливать в заводских условиях практически из тех же стандартных элементов.

Для оценки фактического характера нового профиля, представляющего собой тонкостенную прокатно-сварную конструкцию, выполнены натурные экспериментальные исследования.

Опытные сваи готовят в следующем порядке. Предварительно собирают пакет из двух ШЗП-73, профиль пакета фиксируют постановкой в торцовых и нескольких промежуточных сечениях временных вертикальных металлических накладок, устанавливают соединительные горизонтальные накладки, в верхней части профиля прерывистым швом срезают фасонные заготовки с замковыми элементами, приваривают полосу, удаляют временные фиксирующие накладки.

Сварные швы выполняют прерывистыми с шагом 500 мм, соблюдая условия перекрытия швов, высотой не менее 12 мм.

Характеристики опытной сваи: длина 24 м; высота сечения 65,7 см; расстояние между замками 100 см; площадь сечения 342,9 см²; момент инерции 233334 см⁴; момент сопротивления 6171 см³; расчетный изгибающий момент 1358 кН·м, расчетное сопротивление по пределу текучести $R_y = 220$ Мпа; коэффициент условий работы $\gamma_c = 1,0$.

Свая также испытана по схеме статически определимой балки на двух опорах по методике, описанной выше.

Максимальные значения изгибающего момента и прогиба, зафиксированные в процессе испытаний сваи, составили соответственно 1324 кН·м и 0,1247 м. Сравнение фактического и теоретического значений прогиба в середине пролета сваи показывает на удовлетворительную сходимость результатов. Расхождения не превышали 5% ($U_{max} = 0,1213$ м).

По зависимости прогиба в середине пролета от циклов нагружения видно, что в результате повторной нагрузки размер прогиба стабилизируется и асимптотически приближается к теоретическому значению. Таким образом, натурные экспериментальные исследования новой конструкции сварной шпунтовой сваи корытного профиля показали, что она обладает несущей способностью, обеспечивающей восприятие расчетных нагрузок в упругой стадии работы сооружения.

Положительные результаты статических испытаний позволили осуществить опытное погружение отдельных шпунтовых свай корытного профиля (ШКП) в лицевую стенку причала 3 Одесского порта. Погружение выполняли универсальным плавучим копром, оборудованным молотом с массой ударной части 10 т, высотой подъема 1000 - 1200 мм.

Параметры, характеризующие забивку свай ШКП, погружаемых в одинаковых грунтовых условиях, и пакетов из ШЗП-73, удовлетворительно согласуются между собой.

Таким образом, анализ теоретических и экспериментальных исследований, а также опытное применение позволяют рекомендовать новый экономический профиль для использования в портовом гидротехническом строительстве, а именно при возведении глубоководных при-

чалных сооружений, в том числе в сложных геологических условиях, в процессе реконструкции и капитального ремонта.

По сравнению с применяемым ШЗП конструкция сварного шпунта корытного профиля, обладающего повышенной несущей способностью (момент сопротивления профиля в зависимости от высоты сечения может составлять 4 - 14 тыс. см³, масса 1 м длины 0.2 - 0.4 т), исключает наиболее трудоемкие операции при изготовлении шпунтовых пакетов; в 2 раза уменьшает расход фасонных заготовок с замками; позволяет сократить количество и повысить качество сварных соединений, так как они будут изготавливаться в заводских условиях, с использованием специальных кондукторов, автоматической сварки и др.; позволяют более рационально использовать материал в конструкции; повышает грунто непроницаемость сооружений; обладает меньшим (по сравнению с ШЗП) лобовым сопротивлением, что может способствовать ее эффективному применению в сложных грунтовых условиях; благодаря жесткости профиля обеспечивает более податливый проход замка в замок при погружении и т.п.

Важной особенностью нового профиля является возможность его изготовления в соответствии с расчетным усилием, действующим на сооружение, строго по заказу.

На Азовском судоремонтном заводе (г. Мариуполь) разработана технология и возведен опытный участок причала из сварного шпунта корытного профиля.