Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian journal of transport engineering <http://t-s.today/>

2014, Том 1, №4 / 2014, Vol 1, No 4 <http://t-s.today/issues/vol1-no4.html>

URL статьи: <http://t-s.today/PDF/02TS414.pdf>

DOI: 10.15862/02TS414 (<http://dx.doi.org/10.15862/02TS414>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Юшков Б.С., Третьякова О.В. Рациональное использование материала анкерных свай тонких подпорных стен // Транспортные сооружения, Том 1, №4 (2014) <http://t-s.today/PDF/02TS414.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02TS414

For citation:

Yushkov B.S., Tretyakova O.V. [Rational use of anchor pile material of the thin retaining walls] Russian journal of transport engineering, 2014, Vol. 1, no. 4. Available at: <http://t-s.today/PDF/02TS414.pdf> (In Russ.) DOI: 10.15862/02TS414

Адрес для связи с авторами:

614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29
614031, Пермь, ул. Докучаева, 31

УДК 624.137.5

Юшков Борис Семенович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь
Зав. кафедры САД
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Zzverdvd@mail.ru

Третьякова Ольга Викторовна

ОАО «ПЗСП», Россия, Пермь
E-mail: Olga_wsw@mail.ru

Рациональное использование материала анкерных свай тонких подпорных стен

Аннотация. Показана актуальность применения в конструкциях подпорных сооружений железобетонных анкерных свай, связанная с возможностью устройства жесткого узла сопряжения элементов и большей долговечностью свайных конструкций в грунте. Отмечены особенности работы наклонных анкерных свай в составе подпорных шпунтовых стен. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния наклонных железобетонных анкерных свай тонкой шпунтовой стенки с железобетонными лицевыми элементами таврового профиля, объединенными со сваями продольной балкой. Приведена конструктивная схема подпорной конструкции, перечислены приложенные нагрузки. Определены усилия в анкерных сваях. На эпюрах изгибающих моментов показан характер распределения усилий по длине свай. Предложена форма свай, обеспечивающая рациональное распределение материала свай по ее длине. В качестве критериев конструктивного решения свай приняты распределение усилий по длине и влияние засыпки на ее работу в грунте. Приведено обоснование предложенной конструкции свай в аспекте ее напряженно-деформированного состояния и рационального использования материала. Сделаны выводы по целесообразности принятых конструктивных решений, связанные с повышением изгибной прочности свай, увеличения несущей способности на выдергивание, повышения устойчивости, эффективного использования засыпки, исключения «неработающих» участков свай.

Ключевые слова: шпунтовая стенка; анкерная свая; грунтовый анкер; засыпка; морозное пучение; давление грунта; напряженно-деформированное состояние; выдергивание; устойчивость

Вопрос устойчивости откосов является предметом многолетних исследований российских и зарубежных ученых [1], [2]. При наличии несвязных грунтов тонкие подпорные стены являются наиболее оптимальным решением этого вопроса, обеспечивая устойчивость грунтового массива с наклоном к горизонту, превышающим угол естественного откоса [3].

Для повышения устойчивости шпунтовых стен, восприятия и передачи на грунт выдерживающих усилий, обусловленных технологическими факторами и силами морозного пучения грунта, применяются анкерные крепления в виде наклонных свай. Применение анкерных и свайных конструкций позволяет механизировать процесс устройства подземных частей сооружений, сократить объемы земляных работ, максимально уменьшить размеры траншей и котлованов [4], [5], [6].

В настоящее время накоплен отечественный и зарубежный опыт закрепления элементов шпунтовых стен различными видами стальных анкеров [7]. Строительная компания «ТПК строй» в г. Санкт-Петербурге использует для крепления элементов шпунтовых ограждений стальные грунтовые анкера фирм «Manta Ray» и «Stingray» с «якорем». Конструкция эффективна, но, как и другие стальные анкера, подвержена коррозии. Кроме того, узким местом подпорного сооружения является конструкция узла прикрепления стальных анкерных элементов к лицевой стенке, где по опыту эксплуатации часто наступают аварийные ситуации [8]. Поэтому на сегодняшний день исследование работы в грунте железобетонных анкерных конструкций является одним из оптимальных направлений. Особенно это касается сооружений на слабых и пучинистых грунтах [9], [10].

В данной статье рассматриваются наклонные железобетонные анкерные сваи тонкой шпунтовой стены. Шпунтовая стенка состоит из железобетонных лицевых элементов таврового профиля, объединенными с наклонными железобетонными анкерными сваями продольной балкой (рис.1). Наклонные сваи в подпорных стенах выступают в роли анкерных тяг. Железобетонные анкерные тяги обладают большими размерами и большей жесткостью, чем металлические. По этой причине подвижки и деформации грунтовой засыпки, вызванные технологическими факторами и силами морозного пучения грунта, оказывают на железобетонные сваи существенное влияние.

Проведено исследование напряженно-деформированного состояния наклонных железобетонных анкерных свай. Узел сопряжения лицевой стенки и наклонных свай выполняется путем омоноличиванием голов свай с продольной балкой. При этом сваи, лицевая стенка и продольная балка образуют рамную систему. Узел принят в расчетной схеме жестким с учетом наклонной заделки сваи в балку с минимальным размером заделки 150мм.

Рис. 1. Тонкая шпунтовая стенка с наклонными сваями
[Thin sheet-pile wall with inclined piles]

Проектирование жесткого узла сопряжения элементов шпунтовой стены влечет за собой увеличение усилий, однако обеспечивает поперечную жесткость и устойчивость рамной системы. Кроме того, такое конструктивное решение обезопасит от разрушения узел сопряжения как наиболее узкое место подпорной конструкции.

Стенка работает в условиях морозного пучения грунта.

Расчет выполнен на следующие загрузки:

- собственный вес конструкций стенки;
- горизонтальное активное и пассивное давление грунта;
- вертикальное давление грунта над сваями;
- силы морозного пучения грунта;
- усилия, удерживающего сваю от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания.

Усилия в сваях определены в расчетном комплексе LIRA 9.13 методом конечных элементов [10]. В верхней части сваи в жестком узле сопряжения сваи с продольной балкой - возникают значительные изгибающие моменты (рис. 3), которые должны быть восприняты соответствующим сечением сваи. В нижней части сваи для восприятия полученных усилий требуется меньшее сечение.

Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов: а) от давления грунта и собственного веса конструкций; б) от сил морозного пучения грунта

[The bending-moment curves: a) from the pressure of soil and own weight of structures; b) from the forces of frost soil heaving]

Рис. 2. Подпорная стена с анкерными сваями переменного сечения
[Retaining wall with the anchor piles of variable cross-section]

Предложена анкерная свая с переменным сечением по длине (рис.2). Форма сваи определена, исходя из следующих критериев:

- Распределение усилий по длине сваи.
- Учет влияния засыпки на работу сваи.

В верхней части сваи проектируется сечение с наибольшим вертикальным размером. Таким образом, повышается несущая способность сваи как изгибаемого элемента, и достигается снижение действующих усилий за счет уменьшения «зависания» засыпки над свайей.

В нижней части сваи сечение проектируется с наибольшим горизонтальным размером. Таким образом, эффект «зависания» засыпки в нижней менее напряженной части сваи используется для обеспечения удерживающего эффекта. Более низкие по сравнению с верхним участком сваи усилия позволяют выполнить указанное сечение конструкции без повышения изгибных напряжений в элементе.

Размеры сечений, длины участков сваи, а также характер армирования определяется индивидуально для каждой конструкции шпунтовой стены в зависимости от комплекса климатических и гидрогеологических условий, от назначения и технологических особенностей сооружения.

Оптимизация работы анкерных свай – один из эффективных направлений улучшения работы тонких шпунтовых стен. Именно грунтовый анкер служит той «поперечной» арматурой в грунте, которая воспринимает горизонтальные нагрузки и выдергивающие усилия, преимущественно действующие на подпорную стену, являясь наиболее рационально используемым элементом стены. Поэтому совершенствование работы анкерных свай несомненно ведет к созданию оптимальных подпорных сооружений.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что улучшение работы анкерных свай непосредственно связано с проектированием конструкций свай, максимально отвечающих распределению действующих усилий. Предложенная авторами статьи конструкция позволяет увеличить изгибную жесткость сваи; повысить ее устойчивость и несущую способность на выдергивание; эффективно использовать засыпку; исключить «неработающие» участки сваи. Рассмотренный метод рационального использования материала анкерных свай создает условия для получения экономического эффекта при проектировании протяженных подпорных стен различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цветкова Е.В. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата технических наук. Разработка метода расчета и прогноза устойчивости нагруженных откосов и склонов как оснований сооружений на основе анализа напряженного состояния грунтов. Волгоград. 2007г.
2. Isaac Andres Jeldes Halty. Stability, Erosion, and Morphology Considerations for Sustainable Slope Design. PhD diss., University of Tennessee, 2014.
3. Будин А.Я. Тонкие подпорные стенки. Ленинград. Стройиздат. Ленинградское отделение. 1974г.
4. Мангушев Р.А., Карлов В.Д., Сахаров И.И., Механика грунтов. АСВ., 2009г.
5. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И., Современные свайные технологии. АСВ., 2010г.
6. Gilbert Gedeon, Design of sheet pile walls, Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers Washington, DS 20314-1000, EM 1110-2-2504, 1994.
7. Левачев С.Н., Халецкий В.С., Анкерные и якорные устройства в гидротехническом строительстве. Вестник МГУ. №5. 2011г.
8. Цимбельман Н.Я. Разрушения подпорных стен. Труды ДВГТУ; вып. 130.- Владивосток: ДВГТУ-2001.
9. Soil-structure interaction. ZACE Services Ltd. 2011.
10. Dawkins, William P. "Soil Structure Interaction Analysis of Sheet Pile Retaining Walls (CSHTSSI)," U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1982.

Yushkov Boris Semenovich

Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm
E-mail: Zzverdvd@mail.ru

Tretyakova Olga Viktorovna

«PZSP», Russia, Perm
E-mail: Olga_wsw@mail.ru

Rational use of anchor pile material of the thin retaining walls

Abstract. The article considers the urgency of application of the reinforced concrete anchor piles in the constructions of retaining structures associated with the possibility of establishing rigid joint of element interface and more durable pile constructions in the soil. The features of the inclined anchor piles work as a part of sheet-pile retaining walls are noted. There was performed a study of the stress-strain state of the inclined reinforced concrete anchor piles of the thin sheet-pile wall with the reinforced concrete face members of T-section, combined with piles by a longitudinal beam. The authors consider a constructive scheme of retaining structure and list the applied loads. The efforts in the anchor piles were determined. The bending-moment curves show the character of the force distribution along the pile. A form of the pile ensuring the rational distribution of material along the pile is presented. The distribution of efforts along the length and effect of filling on its operation in the soil were accepted as the criteria of construction solution for a pile. The substantiation of the proposed design of pile is presented in terms of its stress-strain state and the rational use of material. The authors made conclusions on the reasonability of adopted design solutions associated with an increase in the flexural strength of pile, increment of the ultimate pullout capacity, stability improvement, effective use of backfill and exception of the "out of operation" areas of the pile.

Keywords: sheet-pile wall; anchor pile; soil anchor; filling; frost heaving; soil pressure; stress-strain state; pulling-out; stability

REFERENCES

1. Tsvetkova E.V. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Development of the method of calculation and prediction of the stability of slopes and slopes loaded as the bases structures by analyzing the stress state of the soil. Volgograd. 2007.
2. Isaac Andres Jeldes Halty. Stability, Erosion, and Morphology Considerations for Sustainable Slope Design. PhD diss., University of Tennessee - Knoxville , 2014.
3. Budin A.J. Thin retaining walls. Leningrad. Construction publishing. Leningrad branch. 1974.
4. Mangushev R.A., Charles V.D. Sakharov I.I, Soil Mechanics. A.B.H., 2009.
5. Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I., Modern pile technology. A.B.H., 2010.
6. Gilbert Gedeon, Design of sheet pile walls, Department of the Army US Army Corps of Engineers Washington, DS 20314-1000, EM 1110-2-2504, 1994.
7. Levachev S.N., Khaletskiy V.S, Anchor and anchor device in hydraulic engineering. Vestnik MGU. № 5. 2011.
8. Tsimbelman N.Y. Destruction of retaining walls. Proceedings DHSTU; Vol. 130 p. - Vladivostok - 2001.
9. Soil-structure interaction. ZACE Services Ltd. 2011.
10. Dawkins, William P. "Soil Structure Interaction Analysis of Sheet Pile Retaining Walls (CSHTSSI)," U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1982.