ПРОИЗВОДСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ ПРИЧАЛА ПО ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБИННОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

MANAGEMENT OF CONSOLIDATION OF THE FOUNDATION OF ACCESS MARINE STRUCTURES WITH THE USE OF DEEP SOIL MIXING

Е.А. Корчагин

МГСУ ИЭВПС, кафедра ПОГР

Рассматривается метод закрепления слабых грунтов путём перемешивания и нагнетания сухого вяжущего при возведении причальных сооружений в сейсмоопасных районах. В заключение приводятся данные о несущей способности закреплённых грунтов и результаты наблюдений за эксплуатируемыми сооружениями в течение 10 лет.

The method of strengthening of weak soils which are the foundation of access marine structures in seismic regions is considered. In conclusion results of the study of the bearing capacity of these soils are discussed and the observations of the behavior of structures within 10 years are analyzed.

Более 10 лет эксплуатируются причалы и подъездные железнодорожные пути (рис.1,2) , возведённые в порту Темрюк на слабых основаниях.

Этот район характеризуется залеганием 18м толщи илов, иловатых суглинков, иловатых глин (угол внутреннего трения от 3 до 10град. удельное сцепление от 5 до 14 кПа, плотность от 1,68 до 1,73т/м^3, модуль общей деформации от 3 до 4 МПа) сейсмичностью 8баллов, наличием грязевых вулканов, низкими отметками суши, заболоченностью территории, периодическим подъёмом уровня воды при северо-западных ветрах до 3,3м от нуля порта, отсутствием в рациональной близости карьеров местных строительных материалов и свалок заменяемого грунта.

Рисунок 1 – Причал с металлическим оголовком в завершающей стадии строительства

Рисунок 2 – Возведение причального сооружения с ж/б оголовком поточным методом

На начальной стадии реализации проектов была проведена оптимизация организационно-технологических и технических решений. Намечены этапы реализации данных проектов.

При принятии к реализации тех или иных решений был использован многолетний опыт, а так же новейшие достижения в области портового гидротехнического строительства.

Первоначально был осуществлён отвод земли и получены разрешения на проведение подготовительных работ. Приобретено и доставлено на площадку строительства новое высоко производительное зарубежное оборудование. Организована строительная база с посёлком строителей и пунктом питания персонала в три смены. Организовано электроснабжение и водоснабжение. Обеспечена утилизация бытовых отходов. Проложены временные автомобильные дороги. Произведено обучение персонала. Проведены лабораторные испытания грунтов на закрепляемость и натурные качественные испытания на несущую способность закреплённого и незакреплённого естественного грунта. Исследованы и уточнены физико-механические характеристики грунтов основания. Оценена возможность и область применения грунта от дноуглубительных работ. Произведена этапная разработка проекта, рабочего проекта, проекта организации строительства, проекта производства работ, рабочей документации .

Территория причала имела отметки от 0,2 до 1,1 м от нуля акватории порта с густой растительностью из травы и камыша. Действовавшие на тот период нормы проектирования рекомендовали растительный слой снимать и заменять его качественным грунтом. Мощность грунта, пронизанного мощной корневой системой камыша, составляла до 3-5м, которая значительно повышала устойчивость откосов.

Изучив на месте опыт эксплуатации грунтовой дороги, поведение пронизанного мощной корневой системой камыша растительного слоя, проведя штамповые испытания естественного основания нагрузкой, превышающей эксплуатационную, и, учитывая практический опыт возведения и эксплуатации сооружений со сходными условиями, было принято решение растительный слой не снимать. Произвести скашивание зелёной массы и засыпку территории на период строительства песчаным грунтом с углом внутреннего трения 23-26град. слоем 0,5- 1,0м. Дальнейший ход строительства подтвердил правильность принятого решения.

В практике строительства используется целый ряд способов возведения сооружений на территориях с залеганием слабых водонасыщенных грунтов. Все известные способы имеют свои преимущества и недостатки. Предпочтение тому или иному способу может быть отдано только при наиболее полном изучении местных условий строительства.

Одним из способов является закрепление слабых оснований посредством смешивания вяжущего с грунтом естественных оснований. В 1932г. этот способ был предложен инженером Т.А. Молчановым, который получил распространение и усовершенствован благодаря усилиям специалистов отечественных и зарубежных организаций Келлер, НИОСП, Союзморниипроект, МГА ВТ, ЗАО «Молморстрой» и др. Этот метод за рубежом получил наименование DSM (Deep Soil Mixing). Вместе с тем для обеспечения требуемого качества метод DSM требует тщательного учёта местных условий и специальной отработки технологии.

В порту Темрюк была использована специально закупленная ЗАО «Молморстрой» самоходная установка Junttan DS-15 (рис.3), предназначенная для нагнетания сухого вяжущего в толщу влажного естественного грунта основания. DS-15 имеет характеристики: диаметр бурения – 0,5м, глубина бурения – 18м, объём резервуаров для вяжущего – 2х2,4=4,8м3, минимальная высота – 15,75м, максимальная высота – 22,0м, ход пяты стрелы по вертикали – 0,9м, минимальный радиус поворота смесителя – 4,195м, максимальный радиус поворота смесителя – 5,195м, дорожный просвет – 0,32м, высота гусеницы – 0,8м, ширина гусеничной ленты – 1,1м, масса установки порожнём - 30т, максимальное давление на грунт – 0,39кг/см^2, угол наклона стрелы (вперёд/назад/в бок) – 5град. Объём подачи вяжущего задаётся и контролируется бортовым компьютером. Число буровых свай определяется исходя из эксплуатационных нагрузок на причал.

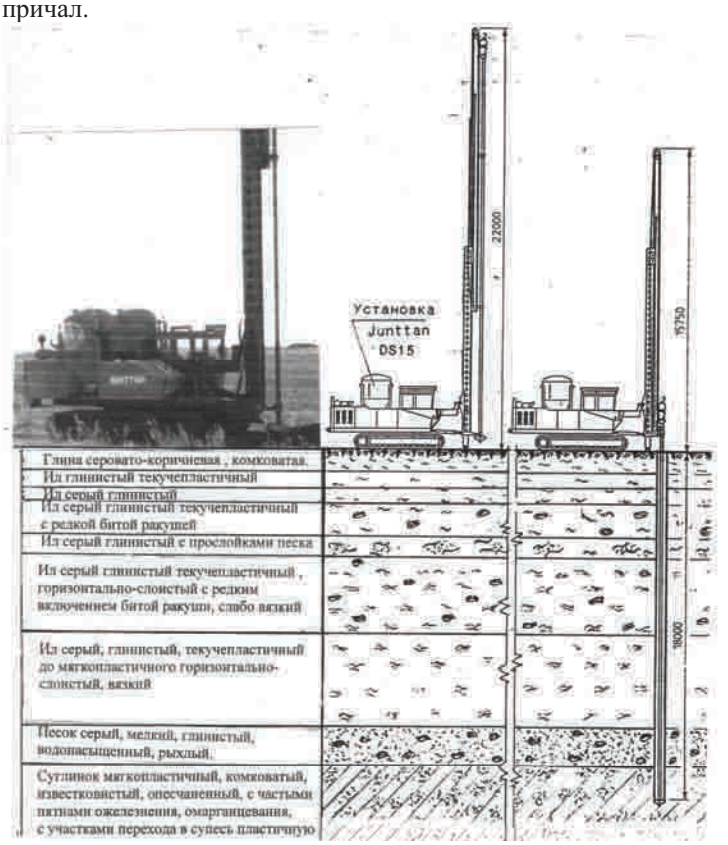

Рисунок 3 – DS-15 в стадии образования грунто-цементного поля

Для работы на установках были подготовлены специалисты из числа местного населения. Установку обслуживают три звена в составе : машинист установки – 1чел., помощник машиниста – 1чел.

В качестве вяжущего для естественных грунтов возводимых причалов использовался сульфатостойкий цемент марки 500 с обычной тонкостью помола (удельная поверхность – 2500-3000см^2/г). Заправка установки цементом осуществлялась *с колёс* и с мобильного склада ёмкостью равной 2-3 дневному расходу.

Сущность закрепления грунтов методом DSM заключается в том, что нагнетание цемента осуществляется одновременно с вращательным погружением в грунт инъектора и смесителя. Скорость погружения инъектора и смесителя зависит от физико-механических свойств грунта, глубины погружения, объёма подачи цемента (Рис. 4).

В состав работ по закреплению грунтов методом DSM входит: подготовка DS-15 к работе, формирование ствола сваи, запись в журнале ведения работ, загрузка DS-15 цементом, прочистка смесителя, наведение смесителя на центр сваи, передвижка DS-15 на новую позицию, отдых машиниста.

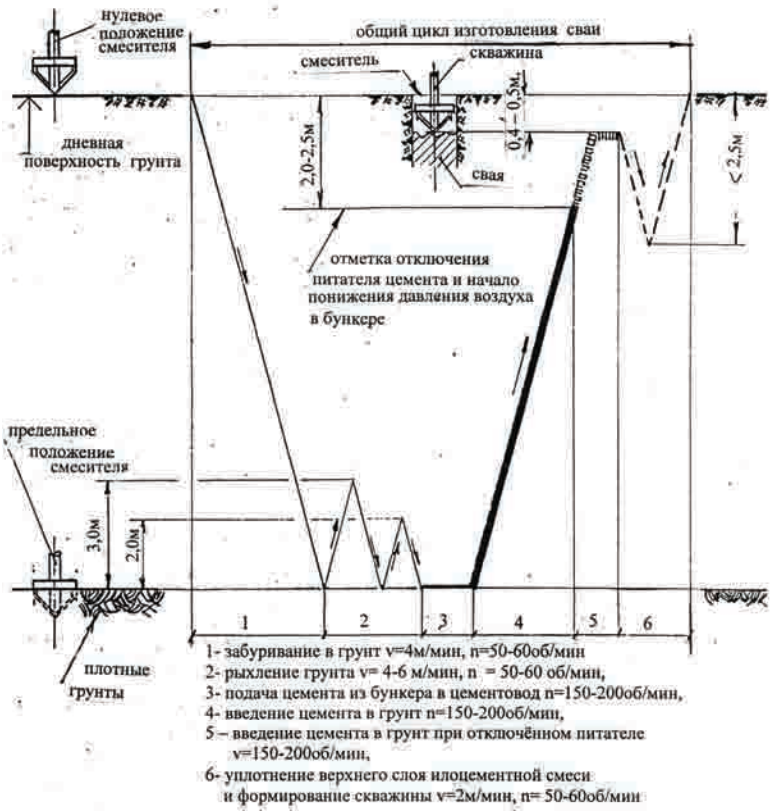

Рисунок 4 – Технологическая схема изготовления сваи

Трудоёмкость на изготовление одной сваи длиной 18м при расходе цемента от 30 до 80кг/пм составит 80 – 130 чел/мин., а время – 35- 60мин. (Рис.5). Производительность одной установки при тех же условиях составит: при работе в одну смену 10 – 6,5шт., в две смены – 20 – 13шт., в три смены – 30 – 19,5шт. (Рис.6).

По результатам натурных испытаний несущая способность сваи достигает 11тс., модуль деформации армированного грунта 50 – 55кгс/см2. Лабораторные испытания материала илоцементных свай показали: пребывание в воде не приводит к потере формы образца, плотность образцов 1,67- 1,89г/см^3, прочность на одноосное сжатие 0,6 – 12кг/см^2, модуль деформации 8,0 – 82,6кг/см^2.

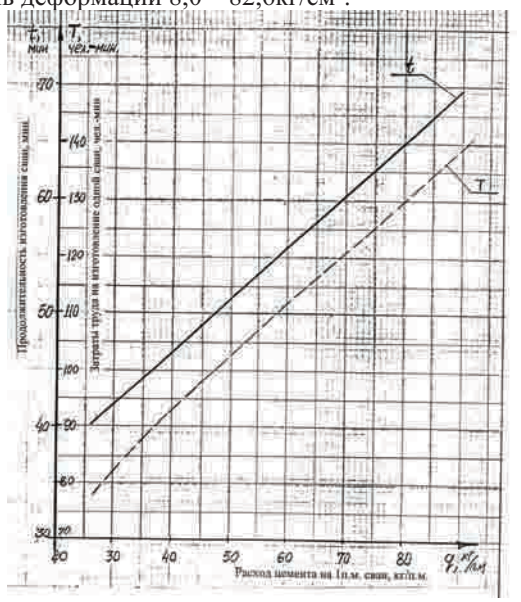

Рисунок 5 – График трудового процесса по изготовлению одной илоцементной сваи длиной 18м

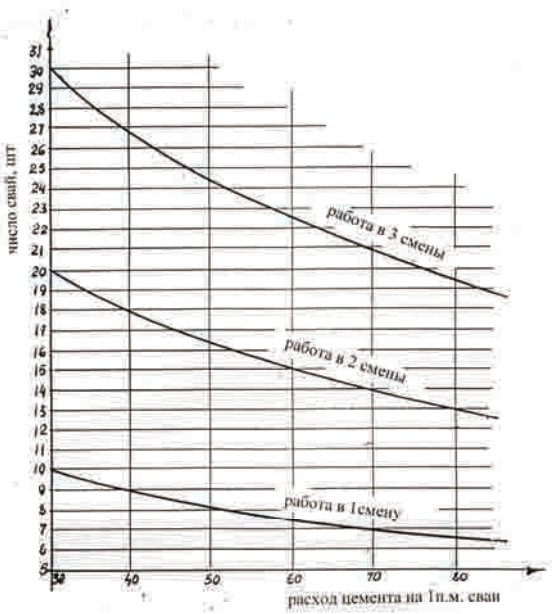

Рисунок 6 – Суточная производительность установки DS-15 при формировании свай длиной 18м

В результате образования грунто- цементных композиций ствол имеет ребристую поверхность. За счёт подачи вяжущего в грунт под давлением до 6 атм., некоторая доля его проникает в околостволовое пространство, изменяя физико-механические характеристики грунта. Испытания буровых образцов показали, что угол внутреннего трения может увеличиться на 400%, модуль деформации – на 300%, плотность скелета грунта – 7%, удельное сцепление - 214%, плотность грунта естественной влажности либо увеличится на 2%, либо уменьшится на 1%.

Конструкции причалов выполнены в виде экранированного металлического заанкерованного больверка с разгрузочной панелью и анкерной стенкой. Глубина у причала составляет -4,5м от нуля порта. Отметка территории – +2,5м от нуля порта. Территория имеет наклон в сторону тыла. Оперативная зона территории причала, закреплённая грунто-цементными композициями с шагом 1,5 – 2,0м – 40м. Общая длина причалов около 400м. Длина металлических круглых анкеров до 35м. Шаг анкеров – 1,68м. Распределительные пояса из двух швеллеров с длиной звена по 12,0м., укреплённых на шпильках. Оголовок причалов металлический и железобетонный. Тумбовые массивы металлические и железобетонные с шагом 25м. Отбойные приспособления трубчатые резиновые. Причалы оборудованы железнодорожными и подкрановыми путями. Имеют мачтовое освещение (Рис.1,2).

Общий цикл изготовления сваи скважина смеситель свая отметка отключения питателя цемента и начало понижения давления воздуха в бункере нулевое положение смесителя дневная поверхность грунта предельное положение смесителя плотные грунты 2,0-2,5м 2,0-2,5м 0,4 – 0,5м, 3,0м 2,0м

Литература

1. Корчагин Е.А. Оптимизация конструкций подпорных и причальных стенок – М. Альтаир – 2008 – 117с
2. Чураков А.И. Производство специальных работ в гидротехническом строительстве. Учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1976
3. Камбефор А. Инъекция грунтов. Перевод с французского. – М.: Энергия, 1971.

Ключевые слова: морские причальные сооружения, укрепление грунтов, сейсмика, способ глубинного перемешивания грунтов, механика грунтов, организация строительства, гидротехническое строительство, оборудование для укрепления грунтов.

Key wards: access marine structures, soil strengthening, seismic, deep soil mixing, soil mechanics, construction logistics, hydraulic construction, deep soil mixing equipment.