

мальную область применения в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галузо О.Г., Романов Д.В. Исследование эксплуатационных свойств мембранной гидроизоляции// Материалы Международной научно-технической конференции «Проблемы современного строительства» 28 мая 2020г.. – Минск: БНТУ, 2020 - С. 223-228

2. ГОСТ 25584-2023 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.

3. СТБ 1104-2020 Материалы геосинтетические. Полотна геотекстильные для транспортного строительства. Технические условия.

4. СТБ EN ISO 10319-2012 Материалы геосинтетические. Испытание на растяжение. Метод широкой полосы.

УДК 69.058+693.5

О РЕГИСТРАЦИИ ЭХО-ИМПУЛЬСА СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ

Крисковец А.Г.¹, Снежков Д.Ю.²

¹ магистрант специальности 7-06-0732-01 «Строительство»

² к.т.н., доцент, доцент кафедры «Строительные материалы и технология строительства»
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассматривается механизм потерь энергии зондирующего акустического импульса сейсмоакустического метода испытаний целостности ствола железобетонных свай. Приведены расчетные данные компенсации потерь акустического сигнала методом динамического усиления.

Ключевые слова: сваи буронабивные, сейсмоакустический метод, рефлектограмма, затухание, динамическое усиление.

Изготовление буронабивных свай подвержено рискам образования дефектов целостности ствола, которые скрыты в грунте на значительной глубине. Проверка целостности свай низкоэнергетическим ударным воздействием, составляющим основу сейсмоакустического метода [2], остается самой распространенной практикой контроля; ежегодно миллионы свай тестируются этим методом по всему миру.

Распространение зондирующего волнового импульса вдоль ствола сваи сопровождается потерей его энергии, что выражается в уменьшении амплитуды регистрируемого акустического сигнала [1]. Основной причиной ослабления зондирующего акустического сигнала при его распространении в стволе сваи является переизлучение волны в окружающий сваи грунт за счет сил трения о боковую поверхность (см. рис. 1).

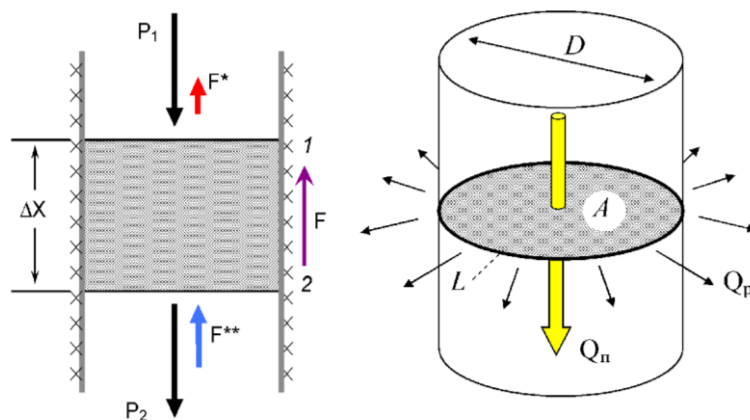


Рис. 1. Влияние трения поверхности сваи на распространение волны

Образуемая в процессе распространения продольной волны сжимающая (растягивающая) сила P_1 вызывает перемещение объемного элемента сечения ствола сваи толщиной ΔX , который находясь в контакте с грунтовой стенкой испытывает силу трения F , действующей в противоположном направлении. Силу трения F можно разложить на две составляющие: F^* - формирующая волновой отклик направленный обратно к оголовку сваи, F^{**} - составляющая, которая уменьшает сжимающее осевое усилие P_2 на F^{**} . Конечным результатом является ослабление или затухание волны по мере ее продвижения к пяте сваи. Такие же рассуждения применимы и в отношении отраженного импульса от пяты сваи, когда фронт волны движется вверх. При большом уровне потерь, отраженный от пяты сваи импульс становится слишком слабым для идентификации, а длину сваи установить становится невозможным. Очевидно, что соотношение энергии акустического импульса проходящего через сечение ствола сваи и распространяющейся вдоль ствола представленной вектором Q_n , и энергии переданной в окружающий грунт за счет сил трения с боковой поверхностью сваи Q_p , будет определяться отношением площади сечения сваи A и длиной окружности сечения L (см. рис. 1). То есть можно записать

$$\frac{Q_n}{Q_p} = k \frac{A}{L} = \frac{k}{4} \cdot D, \quad (1)$$

где k – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств материала сваи и грунта.

Из выражения (1) следует - максимальная глубина отражения волнового импульса от пяты сваи в одинаковых грунтах и технологии изготовления сваи определяется в первом приближении отношением диаметра сваи D к её длине L . В однородном грунте логарифмический показатель полного затухания A отражения от пяты сваи определяется уравнением [2]:

$$A_e = \ln\left(\frac{A_0}{A_L}\right) = \frac{4 \cdot L}{D} \frac{\rho_s \cdot v_s}{\rho_c \cdot c}, \text{ Нп} \quad (2)$$

где L – длина сваи; D – диаметр сваи; A_0, A_L – соответственно амплитуда зондирующего импульса (первого импульса на рефлектограмме) и амплитуда отраженного импульса от пяты; ρ_s, ρ_c – соответственно плотность грунта и сваи; v_s – скорость сдвиговой (поперечной) волны в грунте; c – скорость продольной волны в свае.

Для сваи с типичным отношением $L/D = 25$ в грунте со скоростью сдвиговой волны 250 м/с общее затухание $A_e = 4,7$ Нп; а отношение A_0/A_L составит

$$\frac{A_0}{A_L} = \exp(4,7) = 110.$$

При обработке акустического сигнала необходимо отраженный от пяты сигнал усилить в 110 раз. Для остальных сигналов, отраженных с иной глубины ствола и поступившие в иные моменты времени, необходимо использовать дополнительное усиление K с учетом формулы (2), то есть

$$K(T) = \frac{A_0}{A(T)} = \exp\left(4,7 \cdot \frac{L(T)}{L}\right), \quad (3)$$

где T – момент времени регистрации акустического сигнала (текущее время); L – длина сваи; $L(T)$ – отметка, соответствующая появлению отраженного сигнала в момент времени T ; $A(T)$ – амплитуда сигнала с отметки $L(T)$.

Рассмотренный метод компенсации затухания акустического сигнала получил название динамического усиления, то есть, усиление, изменяющееся с течением времени. Следует иметь в виду, что формула (3) не учитывает ряд важных обстоятельств процесса затухания энергии волны, рассматривая грунтовое окружение сваи как упругую однородную среду без потерь.

В современных приборах контроля, например, приборах серии «Спектр» производства РФ данная операция может выполняться автоматически путем выравнивания на рефлектограмме амплитуд зондирующего импульса и отраженного от пяты, ориентируясь на их визуальные образы. Рассмотренная методика компенсации потерь не требует учета причин потерь энергии волны. Проведенные натурные испытания показали, что для распространенных конструкционных бетонов классов по прочности $C^{20}/_{25} \dots C^{35}/_{45}$ потери в самом бетоне ствола сваи на 1...2 порядка меньше потерь через контакт сваи с грунтом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонович С. Н., Снежков Д. Ю., Будревич Н. А. Исследование эхо-импульсного метода контроля буронабивных свай. Вестник инженерной школы ДВФУ, 2021. № 3(48) – С. 74–82.

2. ASTM D5882-16: Standard test method for low strain integrity testing of deep foundations, Philadelphia PA , P.6.

3. Paquet, J. 1968. Etude Vibratoire des Pieus en Beton, Reponse Harmonique et Impulsionnelle. Application au Controle, Annales ITBTP, Vol. 245, pp. 788-803.

УДК 666.972.69; 691.32

ВОЗМОЖНОСТЬ ЭКОНОМИИ ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Осипюк Т.А.¹, Федорович П.Л.²

¹Инженер, Научно-исследовательская и испытательная лаборатория бетонов и строительных материалов, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

²Научный сотрудник, Научно-исследовательская и испытательная лаборатория бетонов и строительных материалов, Белорусский национальный технический университет г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация Использование низкокачественного мелкого заполнителя (природного песка) вынужденная мера, которая приводит к перерасходу цемента в составе бетонной смеси удорожанию готовой продукции. В материале данной статьи приведен подход решения данной проблемы путем обогащения природного песка крупными фракциями гранитного отсева, массово образующихся при производстве щебня

Ключевые слова: бетон, мелкий заполнитель, гранулометрический состав, отсев, песок, обогащенный песок.

Заполнители в бетоне занимают значительное количество объема и влияют на его физико-механические свойства, долговечность и стоимость. Важнейшую роль в структуре бетона играет мелкий заполнитель. К нему относятся природные пески, искусственные пески и песков из отсева дробления крупных горных пород с размером фракции до 5 мм. Для получения качественного бетона большой вклад вносят такие показатели заполнителя как: максимальная упаковка заполнителя, удельная поверхность и качество (шероховатость) поверхности зерен, а также наличие примесей.

Расход цемента в бетонной смеси может изменяться в зависимости от гранулометрии заполнителя. Так, снижение пустот между зернами заполнителя и образования «оболочек» вокруг этих зерен, уменьшает расход цемента. Поэтому уместно говорить о подборе оптимального зернового состава заполнителей, для снижения расхода цемента на заполнения пустот в бетонной смеси, т.к. известно, что площадь поверхности зерен