

© Судник В.А.
Sudnik V.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ПРИ ЗАБИВКЕ СВАЙ, НА СОСЕДНИЕ СООРУЖЕНИЯ

ASSESSMENT OF VIBRATION CREATED DURING PILE DRIVING, ON NEIGHBOURING STRUCTURES

Аннотация. В статье приведены аналитические зависимости для расчета влияния вибраций, создаваемых при забивке свай, на прочность конструкций рядом расположенных зданий и приведен пример расчета.

Annotation. In the article presents analytical dependences for calculating the effects of vibration, generated by piling hammers, on durability of adjacent buildings, and in this prodrome is given an example of calculation.

Ключевые слова. Оценка влияния, вибрация, забивка свай, соседнее сооружение.

Key words. Assessing the impact, vibration, pile-driving, a neighboring building.

При новом строительстве сооружений или реконструкции старых для создания прочных фундаментов применяются железобетонные сваи. Для их забивки используются ударные молоты типа СЭМ – 32. При забивке свай агрегатом при ударе по грунту распространяется волна деформаций, которая при достижении фундамента соседнего здания вызывает в нем также деформации. Деформации в фундаменте вызывают напряжения, амплитуда которых определяется импульсом нагрузки (давления) на фундамент.

Проникновение сваи в грунт сопровождается вытеснением определенного объема грунта за короткий промежуток времени. Этот процесс аналогичен процессу взрыва небольшого заряда ВВ в грунте, энергия которого равна энергии передаваемой свае при ударе бабой молота. Энергия, передаваемая свае, равна произведению веса бабы на высоту падения, умноженной на два, так как подъем бабы происходит за счет воспламенения горючей смеси в цилиндре бабы. Энергия подъема, которую горючая смесь передает бабе, а следовательно, и свае, равна энергии падения.

$$K_3 = 2G H g,$$

где K_3 – кинетическая энергия, Дж;

G – масса бабы, кг;

H – высота сброса бабы, м;

g – ускорение силы тяжести, м/с².

Энергия взрыва равна

$$\mathcal{E}_B = G_3 Q,$$

где G_3 – вес заряда, кг;

Q – удельная энергия взрыва, кал/кг.

Кинетическая энергия взрыва равна

$$K_3 = G_3 Q \kappa_q, \text{ Дж},$$

где $\kappa_q = 4,19$ (1 кал=4,19 Дж).

При пересчете веса заряда в тротильный эквивалент получим

$$G_3 = K_3 / Q \kappa_q, \text{ кг}.$$

Для тротила $Q=10^6$, Ккал/кг.

Для оценки влияния взрыве заряда ВВ в грунте используется методика расчета параметров импульса, распространяющегося по грунту и действующего на преграду [3–7].

Давление в волне, распространяющейся по грунту, равно

$$P_o = G_3 / (r_{от})^{mu},$$

где $r_{от} = r_o \sqrt[3]{G_3}$ – относительное расстояние, м;

mu – расчетный коэффициент, зависящий от характеристик грунта [8].

Расстояние от центра взрыва до расчетной точки

r_o (см. рис.1) определяется из соотношения

$$r_o = \sqrt{L^2 + (h_3 - h_f)^2}.$$

.Судник Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник 4ЦНИИ МО РФ, тел. 8-926-280-69-99

Sudnik Victor – doctor of technical sciences, professor, senior researcher 4 Central Scientific Research Institute Ministry of Defence of Russia, tel. 8-926-280-69-99

Объем камеры взрыва

$$r_k = 0,053 G_3^{(1/3)}$$

где $G_3 = m_m K_1 h_3^3$;

$h_3 = h_k / r_k$ – относительная глубина взрыва;

m_m – расчетный коэффициент.

Скорость распространения максимального давления

$$D_{mp} = K_1 r_{ss} (nu + 1 - nu) / K_2,$$

где $r_{ss} = r / G_3^{(1/3)}$;

$$r_s = \sqrt{r_o^2 + 4h_s^2};$$

K_1 и K_2 – расчетные коэффициенты [8].

Угол между радиусом воздействия и горизонтом

$$\alpha = \arcsin [(h_h - h_f) / r_o].$$

Импульс, действующий на фундамент колонны

$$J_m = K_2 G_3^{(1/3)} (r_{ot}^{-nu} [\sin(\alpha) + k_b \cos(\alpha)]),$$

где nu – расчетный коэффициент, зависящий от характеристик грунта [8].

Время действия положительной фазы волны, распространяющейся по грунту

$$\tau_+ = K_o G_3^{(1/6)} r_o^{(1/6)} (1 - r_o / r_{ss}).$$

Скорость распространения волны в колонне

$$D_k = \sqrt{\frac{E_k}{\rho_k}}, \text{ м/с,}$$

где E_k – модуль упругости материала колонны;

ρ_k – плотность материала колонны.

Период колебаний колонны

$$T_s = 2h_s / D_k,$$

где h_s – высота колонны.

Круговая частота колебаний колонны

$$\omega = 2\pi / T_s.$$

$$P_k = K_{ot} J_m \omega [k_b \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha] S_{fk} / S_k,$$

где P_k – давление, действующее на колонну;

S_{fk} – площадь фундамента колонны;

S_k – площадь сечения колонны;

$k_b = 0,35$ – коэффициент бокового давления.

Схема воздействия импульса от взрыва на фундамент приведена на рис 1.

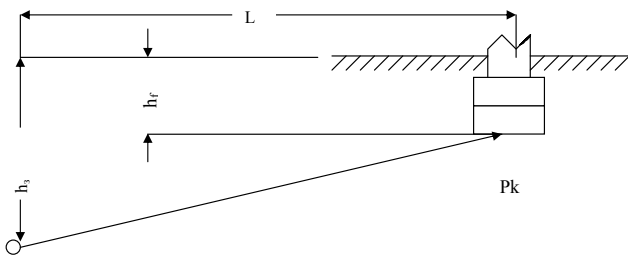


Рис.1 Схема воздействия импульса от взрыва на фундамент колонны

Напряжение в кирпиче колонны от веса колонны

$$P_{sf} = 9,81 h_s \rho_x.$$

Напряжение в кирпиче колонны от веса колонны и нагрузки от крыши

$$P_{kf} = P_{sf} + Q_k / S_k,$$

где Q_k – давление балки перекрытия на колонну;

$Q_b = \rho_b [b(h_2 + h_1) / 2 + h_b b_f] g$ – вес единицы длины балки перекрытия.

Поперечное сечение балки перекрытия приведено на рис.2.

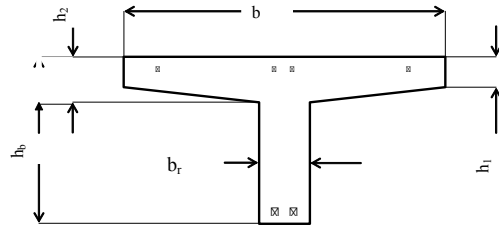


Рис.2. Поперечное сечение балки перекрытия

Нагрузка балки перекрытия на колонну

$$Q_k = l_p / 2 (q_t g h_t + q_r + q_s + q_p) l_p + g Q_b l_b / 2 H.$$

Напряжение в кирпичной колонне у фундамента

$$P_{kf} = r_{ok} h_k g + Q_k / S_k,$$

Период продольных колебаний колонны T_s

$$T_s = 2h_k / C_k,$$

где $C_k = \sqrt{Ek / rok}$.

Круговая частота колебаний колонны

$$\omega = 2\pi / T_s.$$

Время действия импульса более чем в 26 раз меньше периода собственных колебаний колонны, в этом случае удельное давление на подошву фундамента колонны определяется из соотношения [8]

$$P_{кол} = K_{ot} J_m \omega (k_b \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) S_f / S_k,$$

где $K_{ot} = 2,75$ коэффициент отражения от преграды;

$K_b = 0,35$ – коэффициент бокового давления;

$\alpha = \arcsin [(h_h - h_f) / r_o] = 0,0418$ рад;

S_f – площадь фундамента;

S_k – площадь поперечного сечения колонны.

Нагрузка от вибрационного импульса и веса конструкции составляет

$$P_s = P_{kf} + P_{кол}$$

По приведенным формулам проведены расчеты.

Результаты расчета, проведенного по приведенной методике, представлены в таблице.

Из результатов расчетов следует, что напряжения в колонне гаража от веса крыши, снеговой нагрузки, собственного веса и импульсной нагрузки составляют 2,256 кгс/см². Обследования подобных кирпичных зданий показывают, что прочность кирпича, в зависимости от характера природных воздействий, находится в пределах 2,5...7 кгс/см².

Многотысячные импульсные нагрузки даже с напряжениями 0,074 кгс/см² приведут к накоплению усталостных явлений и возможному разрушению конструкции.

Исходные данные и результаты расчетов

Наименование характеристики	Значение
<i>Исходные данные</i>	
Длина балки перекрытия, l_b	12 м
Размеры поперечного сечения балки: b , h_1 , h_2 , h_b , b_c	0,6 м 0,05 м 0,054 м 0,65 м 0,05 м
Плотность материала балки, ρ_b	2400 кг/м ³
Вес балки, Q_b	1499,75 Н
Масса единицы площади теплозащитного слоя, q_t	300 кг/м ²
Толщина теплозащитного слоя, h_t	0,3 м
Вес единицы площади гидроизоляционного покрытия, q_f	40 Н/м ²
Вес единицы площади снежного покрова, q_s	1000 Н/м ²
Вес единицы площади ребристых плит перекрытия, q_p	1650 Н/м ²
Длина ребристой плиты, l_p	12 м
Плотность кирпичной кладки колонны, $\gamma_{ок}$	2000 кг/м ³
Высота колонны, h_k	6,2 м
Площадь поперечного сечения колонны, S_k	0,325 м ²
<i>Результаты расчетов</i>	
Общая нагрузка перекрытия на колонну, Q_k	30435,9 Н
Давление фундамента на грунт, P_{kf}	2,19 кгс/см ²
Удельный импульс, действующий на фундамент гаража, J_m	1,232 Нс
Время действия импульса, τ	$2 \cdot 10^{-1}$ с
Скорость звука в кирпиче колонны, C_k	2323,8 м/с
Плотность кирпича колонны, $\gamma_{ок}$	2300 кг/м ³
Период продольных колебаний колонны, T_s	0,0053 с
Круговая частота колебаний колонны, ω	1185,5 рад/с
Площадь поперечного сечения колонны, S_k	0,325 м ²
Площадь фундамента, S_f	1,5 м ²
Нагрузка от импульса на колонну, $P_{кол}$	0,0664 кгс/см ²
Нагрузка от вибрационного импульса и веса конструкции составляет, P_s	2,256 кгс/см ²

Кроме того, снеговая нагрузка на крышу для центральных районов страны принята 1000 Па. При зиме с большими снегопадами редко, но нагрузка может возрасти до полутора раз, что приведет к разрушению колонн. Подобные разрушения конструкций в Москве и Москов-

ской области были.

Кроме этого, при собственных колебаниях балки перекрытия, близких к частоте 0,83 Гц (50 импульсов в минуту), возникают резонансные явления и повышаются нагрузки на колонну от крыши.

Литература

1. Инструкция по расчету фортификационных сооружений на действие обычных средств поражения. ВСН-55-79, Минобороны, 1980г.
2. Дополнение к инструкции по расчету фортификационных сооружений на действие обычных средств поражения. ВСН-55-79, изд. Минобороны, 1988 г.
3. Судник В.А., Пугачев Е.В. Определение параметров воздействия взрыва в грунте на сооружение. М. СИП РИА, 2004г.
4. Лемпсон К. Подземные взрывы. Сб. 4. Действие атомного оружия. НИИ, 1954г.
5. Ляхов Г.М., Нарожная З.В. Экспериментальные исследования взрывных волн в глинистых грунтах. ПМТФ, № 2, 1961г.
6. Ляхов Г.М. Ударные волны в многокомпонентных средах. Изд. АН СССР, Механика и машиностроение, № 1, 1959г.
7. Судник В.А. Методы расчета конструкций на действие статических и динамических сил. М. СИП РИА, 1999г.
8. Руководство по подрывным работам. М. изд.МО РФ, 1969г.

Материал поступил в редакцию 24. 03. 2011 г.