



**ЖУСУПБЕКОВ АСКАР
ЖАҒПАРОВИЧ**

Доктор технических наук, профессор, директор Геотехнического института при Евразийском национальном университете, заведующий и профессор кафедры проектирования зданий и сооружений, Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева.

Автор более 280 научных работ.
E-mail: astana-geostroi@mail.ru



**ЛУКПАНОВ РАУАН
ЕРМАҒАМБЕТОВИЧ**

Доцент кафедры «Проектирование зданий и сооружений» Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева. Член технического комитета ТС 103 и ТС305 (ISSMGE), секретарь Казахстанского филиала международного сообщества по геосинтектике (IGS).

Автор более 60 научных трудов.



УТЕПОВ ЕЛБЕК БАХИТОВИЧ

Докторант кафедры «Проектирование зданий и сооружений» Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, научный сотрудник геотехнического института при Евразийском национальном университете им. Л.Н.Гумилева.

Автор 34 научных работ.



**ОМАРОВ АБДУЛЛА
РАХМЕТОВИЧ**

Докторант кафедры «Проектирование зданий и сооружений» Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева. Младший научный сотрудник геотехнического института при Евразийском национальном университете им. Л.Н.Гумилева.

Автор 10 научных работ.

УДК 624.131 : 69.059.4

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕГАПРОЕКТОВ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: свайные фундаменты, несущая способность, осадка, геомониторинг.

В статті описані загальні аспекти концепції пальових фундаментів, технології CFA і DDS, що використовуються в Мега-будівництвах Казахстану. Також представлені порівняння існуючих результатів польових випробувань паль з результатами методів RLT і центрифуги. Описано такі передові технології, як PIT і геомоніторингу.

В статті описані общіе аспекти концепції свайних фундаментов, технології CFA и DDS, используемых в Мега-стройках Казахстана. Также представлены сравнения существующих результатов полевых испытаний свай с результатами методов RLT и центрифуги. Описаны такие передовые технологии, как PIT и геомониторинг.

This paper describes the general aspects of the pile foundation concept, technologies as CFA and DDS used in Mega-projects of Kazakhstan. Also the paper illustrates comparisons between the existing field pile test results with the results of RLT and Centrifuge. Such advanced technologies as PIT and geo-monitoring are also mentioned.

1. ВВЕДЕНИЕ

За последние 15 лет в Казахстане реализовано много уникальных Мега-проектов, немало еще находится на стадии реализации, особенно, в новой столице – Астане (рис. 1). Одним из наиболее привлекательных проектов является жилой массив «Абу-Даби Плаза», строительство которого началось 1 июля 2011 года. Его проект был разработан знаменитым архитектором Норманом Фостером. По предварительной оценке, стоимость проекта превышает 1,5 млрд. долларов США. «Абу-Даби Плаза» - комплекс из нескольких

башен, объединенных вокруг главного здания высотой 382 метров или 88 этажей (рис. 1). Это будет самым высоким зданием в центральной Азии и которое займет 14-ое место в мире по высоте. Высокие темпы строительства и появление высотных зданий привело к широкому использованию свайных фундаментов. Современное строительство ставит новые требования перед инженерами и конструкторами и поэтому вместо традиционных решений используются новые экономически и экологически эффективные передовые технологии, такие как CFA (continuous flight auger), DDS (drilling displacement system).

2. КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Существующие нормативные документации Казахстана по проектированию свайных фундаментов устарели и не отвечают требованиям современных технологий. Стандарты нуждаются в пересмотре. На сегодняшний день концепция проектирования и устройства свайных фундаментов [3] находится в процессе модернизации (рис. 2).

Проектирование свайных фундаментов включает в себя два важных этапа анализа: несущей способности и осадки. Предварительное проектирование выполняется на основе инженерно-геологических исследований строительной площадки. Выбор эффективной конструкции существенно зависит от точности данных, представленных в геологическом отчете. Окончательный проект устройства свайных фундаментов корректируется после проведения полевых испытаний свай.

Классически несущая способность подразделяется на

Смотри рисунок 1 на стор. 1 обложки

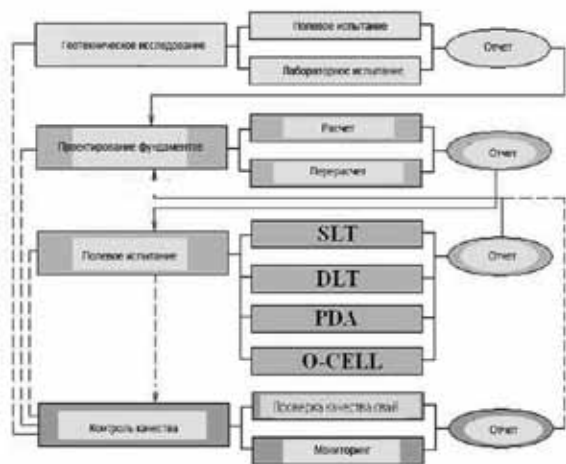


Рис. 2. Концепция проектирования и устройства свайных фундаментов

две составляющие: сопротивление ствола и подошвы свай. В Казахстанских стандартах классическое уравнение было изменено и представлено следующим уравнением [1]:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (1)$$

где γ_c – коэффициент надежности; γ_{cR} и γ_{cf} – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи.

К сожалению, существующие стандарты Казахстана не учитывают уплотнение грунта под высоким давлением бетона при технологии CFA и перемещения грунта без выемки в случае технологии DDS, что приведет к снижению осадки и увеличению несущей способности свайных фундаментов. Поэтому было предложено использовать следующие коэффициенты условий работы грунта, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Предлагаемые коэффициенты условий работы грунта для свай технологии DDS и CFA

Тип свай	γ_{cR}	γ_{cf}
Забивная	1,0	1,0
Буронабивная	0,7...1,0	0,7
DDS (FDP)	1,3	1,0
CFA	1,0	1,0

3. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ СВАЙ

В Казахстане широко практикуются такие классические методы испытания свай, как статические и динамические. Как показывает опыт на строительных площадках Астаны, существуют некоторые различия между результатами ста-

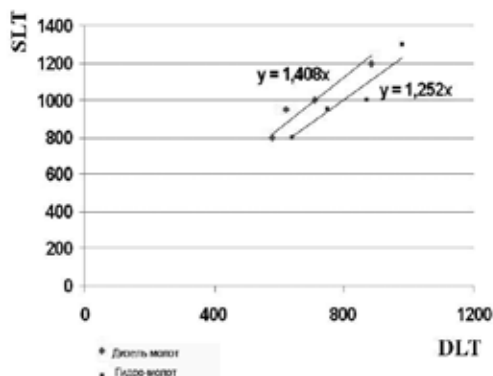


Рис. 3. Сравнения динамических и статических испытаний свай.

тических и динамических испытаний свай. Более того, выяснилось, что результаты несущей способности свай зависят еще и от типа молота при забивке свай. Таким образом, результаты динамических испытаний, полученные при забивке свай гидро-молотом оказались более приближенными к результатам статических испытаний, иными словами – более надежными в сравнении с результатами, полученными при забивке дизель-молотом [2]. Коэффициент надежности, определенный сравнительным анализом данных множества динамических и статических испытаний свай, представлены на рис. 3.

Из вышеупомянутого следует, что и статические и динамические испытания имеют недостатки. Статические испытания свай трудоемки, требуют много времени и финансовых средств. Предписанное стандартами требуемое количество статических испытаний не достаточно, чтобы адекватно понимать состояния грунтов строительной площадки (только 2 испытания на 200 свай). Динамические испытания гораздо более быстротечны, но не так уж надежны и применимы только к забивным сваям.

В данный момент в практике Казахстана в процессе адаптации находится один из альтернативных методов испытания свай, который не допускает недостатков и статических и динамических испытаний – Rapid Load Test (RLT). Метод RLT позволяет проводить до 10 испытаний свай в день. К тому же, он более экономичен, чем статические испытания свай [4]. Сравнительные графики статических и RLT испытаний, полученные Матсумото, подчеркивают надежность метода RLT (рис. 4).

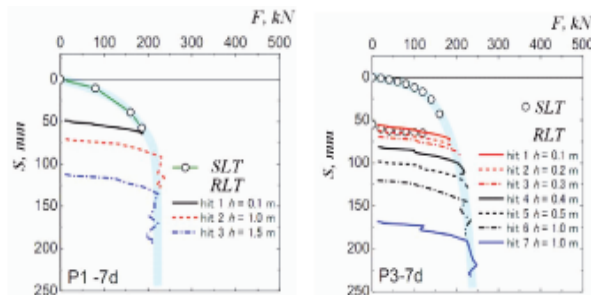


Рис. 4. Сравнения результатов статического и RLT методов испытания свай.

4. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Центробежное моделирование на сегодняшний момент является наиболее надежным мероприятием для проведения испытаний в малых масштабах геотехнических ситуаций, для последующего прогнозирования их поведения в полномасштабных условиях. Было проведено несколько испытаний в центрифуге (рис. 5) Колумбийского университета (Нью-Йорк, США), целью которых являлась имитация натурных испытаний свай статической нагрузкой для прогноза их поведения. Полученные данные были сопоставлены с результатами полевых испытаний свай, проведенных ТОО «KGS» на объекте – жилой дом близ пустыни «Бестас» Алматинской области, Казахстан. Результаты анализа представлены на рис. 6 [5].

5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

Что касается продвижений в контроле качества устройства свайных фундаментов, следует отметить, что метод PIT (Pile Integrity Test) и геомониторинг становятся наиболее широко применяемые в Казахстане.

PIT является одним из неразрушающих методов контроля качества свай. Этот метод позволяет проводить анализ



Рис. 5. Центрифуга в Колумбийском университете (Нью-Йорк, США).

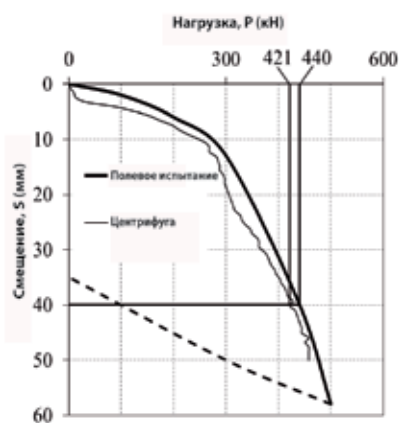


Рис. 6. Сравнение результатов полевых испытаний свай и моделей свай на центрифуге.

сплошности всех видов существующих свай (буронабивных, забивных, инъекционных и т.д.). РИТ основан на теории распространения волн в твердом теле и является одним из современных методов контроля качества используемым во всем мире. РИТ позволяет обнаруживать дефекты свай: приблизительную длину свай, расширение и сужение сечения свай, модификацию слоев грунта, неоднородность материала свай, трещины в поперечном сечении свай, внешний контур свай. Преимущество РИТ состоит в том, что портативное устройство можно легко носить с собой. Один оператор имеет возможность протестировать более 100 свай в день, в зависимости от условий площадки, подготовки оголовков свай. Использование РИТ оказывает минимальное влияние на строительные работы на площадке, а дефекты могут быть обнаружены уже в начале строительства. РИТ имеет некоторые ограничения: отражение нижней части иногда содержит ошибки в зависимости от состояния грунтов, маленькие отклонения (менее 5%) сечения свай не могут быть идентифицированы. Согласно требованиям Казахстанских стандартов необходимо протестировать 60% буронабивных свай и 50% от забивных свай.

Геомониторинг осадки фундаментов является одним из

методов контроля качества, который может быть осуществлен во время и после строительства в период эксплуатации. Геомониторинг это косвенный контроль оценки качества устройства свай. Его принцип заключается в том, чтобы вести отчет осадки именно выделенных участков конструкции, наиболее интересных для изучения. Гео-мониторинг начинается с начала строительства и позволяет выявлять дефекты устройства фундаментов.

ВЫВОДЫ:

1. Существующие стандарты свайных фундаментов, используемые в Казахстане, устарели и нуждаются в срочной модернизации. В настоящей статье представлены очень краткое описание о грядущих изменениях в концепции проектирования свайных фундаментов.

2. Представленные аспекты современных технологий проектирования свай позволяют сделать более надежный прогноз несущей способности и осадки свай, который является очень важным элементом для предварительного проектирования свайных фундаментов.

3. При конструировании СФА свай для зданий и сооружений необходимо учитывать объем расширения скважин по результатам дополнительного давления, а также перерасход бетона, который зависит от состояния грунтов и длины свай. Значительные различия между несущими способностями DDS и буронабивных свай обусловлено недостаточным использованием возможностей DDS.

4. Технология RLT позволяет тестировать до 10 свай в день и при этом она гораздо экономичней, чем статические испытания, но не может быть использована в полном объеме на стройках Казахстана в связи с отсутствием национальных стандартов.

5. Модельными испытаниями центрифугой можно прогнозировать реальное поведение грунтов или сооружений из грунта и определять их несущие способности. Кроме того данный метод может оказать значительный экономический эффект по сравнению с натурными испытаниями.

6. Технологии РИТ, это неразрушающий метод, находящийся в процессе получения официального статуса в Республике Казахстан, и позволяющий проводить контроль качества тела свай как непосредственно после выполнения свай, так и после многих лет эксплуатации здания.

7. Геомониторинг, это косвенный метод контроля устройства свай, который становится все более востребованным, в частности для высотных зданий.

8. Применение передовых технологий устройства свайных фундаментов привели к значительному экономическому эффекту при возведении Мега-проектов в Казахстане. В ходе реализации проектов на практике впервые был применен комплексный подход к проектированию, тестированию и контролю качества свайных фундаментов. Комплексный подход является гарантией качественного и эффективного строительства, нуждается в дальнейшем развитии и более широком применении на практике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свайные фундаменты: СНиП РК 5.01-03-2002.
2. Yenkebayev S.B. Comparison results of static and dynamic load test at the construction site of Astana / S.B. Yenkebayev, R.E. Lukpanov, A.Zh. Zhussupbekov // Proc. of Korea-Kazakhstan Joint Geotechnical Seminar. – Incheon, Ko-rea, 2012. – P. 115-121.
3. Zhussupbekov A.Zh. Geotechnical issues of megaprojects on problematical soil in Kazakhstan / A.Zh. Zhussupbekov, R.E. Lukpanov // Volume of Abstracts of ACEM'12. – Seoul, Korea, 2012. – P. 127.
4. A.Zh. Zhussupbekov. Geotechnical issues of megaprojects on problematical soil ground / A.Zh. Zhussupbekov, R.E. Lukpanov // Proc. of 3rd ICNDSMGE-ZM 2012. – Nicosia, TRNC, 2012. – P. 67-75.
5. Модельные испытания свай в центрифуге для прогноза их поведения в натуральных условиях / [Жусупбеков А.Ж., Утепов Е.Б., Шахмов Ж.А., Линг И.Х.] // Журнал ОФМГ №3, 2013. – М. – С. 7-9.