Свайный фундамент с «Х» – образным монолитным железобетонным ростверком под одностоечную конструкцию опоры ЛЭП

Хорошкеев Евгений Вячеславович
соискатель, АСИ «Самарский Государственный Технический Университет» , khoroshkeev@mail.ru

Одним из актуальных путей развития несущих конструкций в опорах ЛЭП стало широкое применение легких и экономичных тонкостенных конструкций, обладающих значительным превосходством по сравнению с решетчатыми конструкциями. Опоры на многогранных гнутых стойках (МГС) все чаще стали использовать в освещении улиц и стадионов, в линии электропередач. И единственный лишь недостаток, превосходство в весе, по сравнению с решетчатыми опорами, не мешают опорам на МГС набирать обороты в развитии. Колоссальное преимущество опор на многогранной гнутой стойки, а именно: повышенная надежность, устойчивость, долговечность, прочность к вандализму, и самое важное не требуется периодического обслуживания, постепенно вытесняет решетчатые конструкции. При возведении линий электропередач на подобных опорах сталкиваемся с не простой задачей, как закрепление таких конструкций в грунтах. Преимущество в закреплении решетчатых опор по сравнению с опорами на МГС состоим в разносе опорных пяток, что дает значительное снижение изгибающего момента у основания опоры. Данное решение позволяет уменьшить заглубление железобетонных пяток. Соответственно и снизить их вес. Именно в этом направлении по предложению к.т.н Кулика Валерия Васильевича, я стал искать нужное решение. В данной статье представлен свайный фундамент с монолитным «Х» образным ростверком под одностоечные конструкции ЛЭП. Научная новизна заключается в том, что данный фундамент с «Х» образным ростверком, сохраняя при этом все свои несущие способности, позволяет нам снизить объем бетона на 30-33 процентов. Технический результат фундамента с «Х» образным ростверком - повышение устойчивости фундамента к выдергивающим усилиям, которые возникает при рабочих отклонениях высотных металлических опор, при минимальном объеме бетонирования и земляных работ.
Ключевые слова: многогранная гнутая стойка (МГС), фундамент с «Х» образным ростверком, метод конечных элементов (МКЭ), патент, снижение объема бетона, несущая способность, напряженно-деформируемое состояние (НДС), максимальный изгибающий момент.

Более полувека тому назад, при активном развитии линий электропередач появились опоры с значительной повышенной прочностью. Данный эффект достигался за счет многогранного стального ствола. В послевоенные годы, когда наша страна остро нуждалась в тысячах километрах ЛЭП, такие опоры не нашли массового применения, и были сняты с производства. Технология изготовления, требующая специальные гибочные станки, была тому виной. Но сейчас все изменилось. В наше время с каждым годом, применение многогранных опор становится более актуальным решением многих проблем в сфере энергетики. Именно в это время они смогли занять свою нишу, успешно справляясь с функцией силовых опор.

Интенсивно внедряя данное решение, конструкторы столкнулись с серьезной проблемой такой, как удержать одностоечные силовые конструкции? Не нужно быть профессионалом, чтоб понять, как намного труднее удержать одностоечную многогранную опору, нежели решетчатую с разносом пяток на расстояние более 10-15м.

Свайные фундаменты с монолитным железобетонным ростверком нашли хорошее применение под одностоечные стальные конструкции опор ЛЭП. В любых конструкциях есть свои достоинства и недостатки. Одним из существенных недостатков монолитных железобетонных ростверков - это объемный вес монолитного железобетонного ростверка. Для решения данного вопроса мной как одним из авторов запатентованной полезной модели № 129526, было разработано решение по снижению веса фундаментального ростверка, путем изменения в плане геометрии.

Проанализировав результаты расчета фундаментов, под одностоечную конструкцию анкерно-угловой опоры, в зонах с наименьшим напряжением было принято убрать железобетон. Фундамент с Х-образным ростверком показал хорошие результаты. Тем самым мне удалось снизить объем и вес бетона на 30-33%, что значительно сэкономило материал, а при массовом строительстве линии электропередач существенно сократились затраты.

Доказательством тому были проведены расчеты. В вычислительном комплексе SCAD, мной были смоделированы 2-е расчетные схемы. Одна схема с прямоугольным ростверком высотой 1000мм, другая с Х-образным ростверком высотой 1150мм. При этом разница в объеме бетона (за счет вырезов) составляет 33%. В двух схемах были приложены одинаковые нагрузки схожие с реальными для этих фундаментов.

Расстояние между сваями в продольном и поперечном направлении одинаковы в двух схемах. Толщина ростверка в двух фундаментах отличается на 15%. На рис. 1 представлены 3Д визуализация расчетных схем 4-х свайных фундаментов с прямым и Х-образным ростверком.

Учитывая то, что при расчете свайных фундаментов с монолитным ростверком под одностоечные конструкции площадь ростверка как дополнительная опора в расчете не учитывается и идет в запас расчета по грунтам, то в основу анализа расчета заложен монолитный ростверк как расчетный элемент по материалу.

Основным параметром, на который делали сравнение был перемещения по оси «Z» см. рис.2 (Свайный фундамент с прямоугольным ростверком), рис.3 (Свайный фундамент с Х-образным ростверком). Результат в обоих случаях 0.88мм.

Схема эпюр перемещений оказались практически одинаковыми. Очертания изополей перемещения схожи между собой рис.4 (Перемещение по оси Z свайного фундамента с прямоугольным ростверком), рис.5 (Перемещение по оси Z свайного фундамента с Х-образным ростверком).

Отбросив 30-33 % бетона напряжения в теле ростверка сконцентрируются в лучевых консольных балках ростверка. Ослабленная плита даст смещение линий изополей напряжения к ее центру. И поэтому было принято решение увеличить высоту ростверка на 15%.

Нормальные напряжения концентрируются в пересечении граней лучевых консолей балок Х-образного ростверка. И колеблются в пределах от -1115.7 кН/м2 до

1072.4 кН/м2. Данные напряжения не превышают допустимых напряжений для бетона марки по классу прочности В22.5.

Данное решение «фундамент с Х-образным ростверком» было применено по заказу ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» на объекте «Черепеть-Орбита-Спутник-Калужская». Практическое использования этого фундамента преимущественно позволило уменьшить объем бетона на 30-33%, что является значительным фактором, влияющим на снижение веса. Снижение этого веса влияет на сметную стоимость фундамента, так как «фундамент с Х-образным ростверком» позволяет сократить затраты не только на объеме использования бетона, но и на земельные работы, что является очень экономически выгодным проектом.

Литература

1. Патент №129526 «Четырехсвайный фундамент с монолитным ростверком под одностоечную опору воздушной линии электропередач.»5)

2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*»

3. СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87»

4. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2)»

5. Качановская Л.И Конференция «Умные воздушные линии. Роектирование и реконструкция» Санкт-Питербург 16-20 июня 2014г.

6. Романов П.И. «Нормативное техническое обеспечение строительства инновационных конструкций опор и фундаментов ВЛ и ПС. Индивидуальное проектирование ВЛ на основе базовых серий инновационных конструкций опор и фундаментов.

7. Кальницкий А.А., Пешковский Л.М. «Расчет и конструирование железобетонных фундаментов гражданских и промышленных зданий и сооружений» Москва «Высщая школа» 1974 г. стр. 65-97.

8. Далматов Б.И., Морарескул Н.Н., Иовчук А.Т., Науменко В.Г., Проектирование фундаментов зданий и сооружений. Москва -1969г. стр. 166-220.

9. Костерин Э.В. «Основание и фундаменты» издание третье, переработанное и дополненное. Москва «Высшая школа» стр. 162-261.

10. Atlante del Cemento (Проектирование из железобетона) Бетон в архитек-

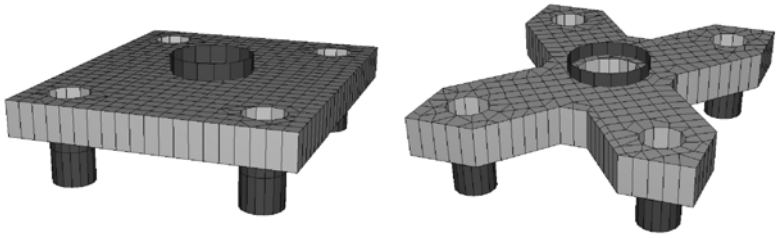


Рис. 1 Общий вид 3Д модели расчетной схемы свайных фундаментов с монолитным ростверком. Слева с прямоугольным ростверком, справа с Х-образным ростверком.

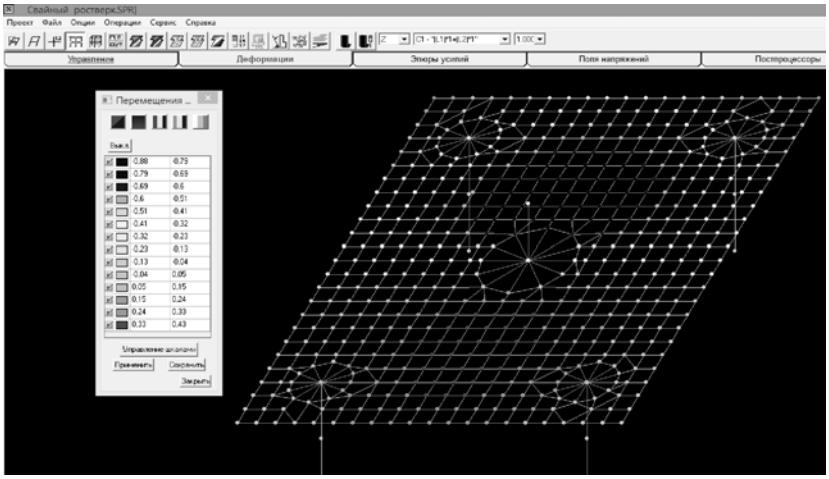


Рис.2 Перемещение по оси Z свайного фундамента с прямоугольным ростверком

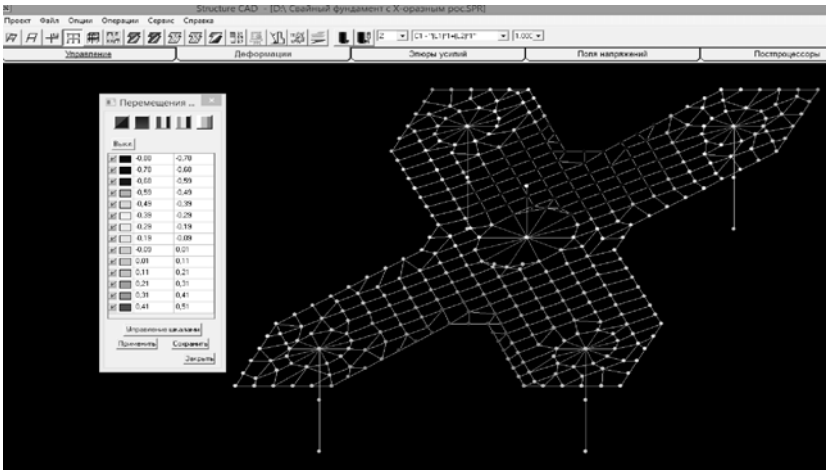


Рис.3 Перемещение по оси Z свайного фундамента с Х-образным ростверком.

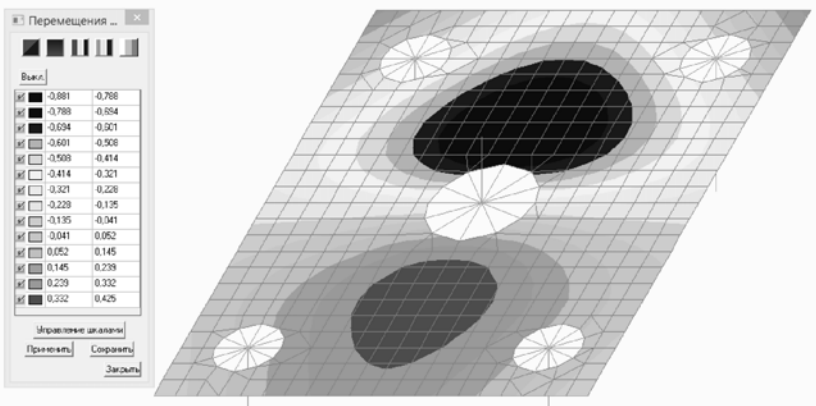


Рис.4 Изополя перемещений по оси Z свайного фундамента с прямоугольным ростверком

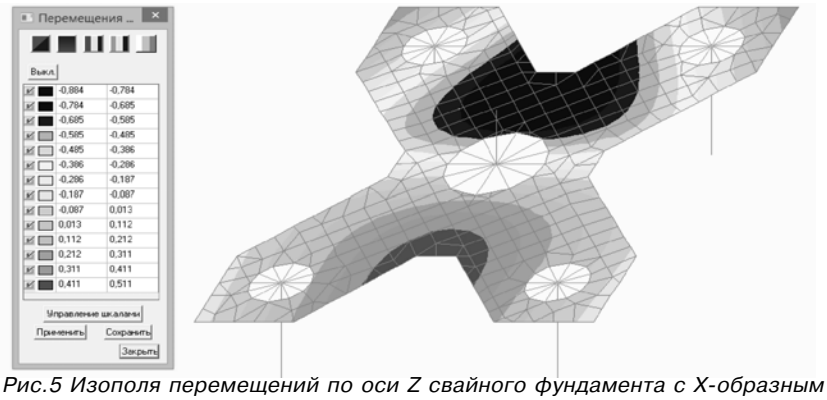


Рис.5 Изополя перемещений по оси Z свайного фундамента с Х-образным ростверком

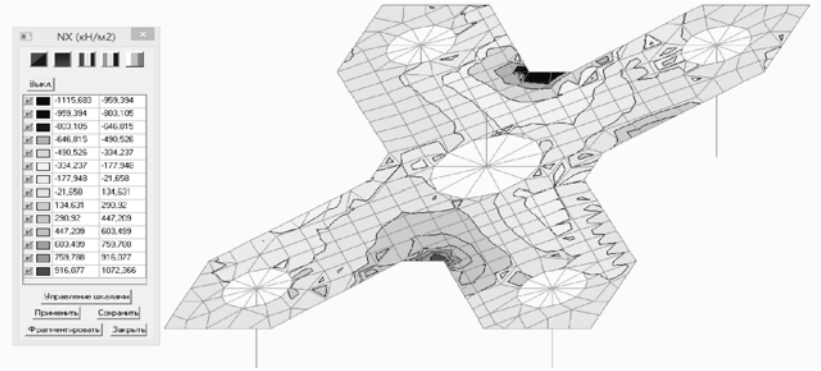


Рис.6 Нормальные напряжения Nx (kH/m2).

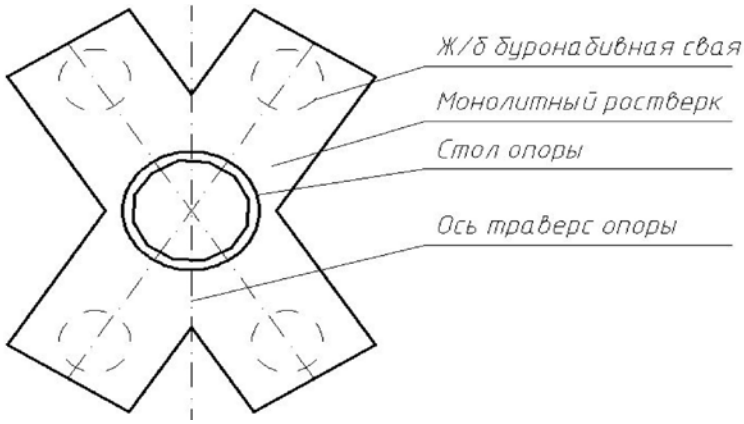


Рис.7 Чертеж-схема свайного фундамента с Х-образным ростверком. Вид сверху.

туре. Фундаменты. Железобетонные конструкции. Детали и узлы. Примеры зданий. Итальянские нормы. Том 1 - Проектирование из железобетона. С. 100-133.

The pile base with «X» - a figurative monolithic reinforced concrete grillage under a one-rack-mount design of a support of the power line

Khoroshkeev E.V.
Samara State Technical University

One of the actual ways of development of load-bearing structures in power line supports has been the widespread use of light and economic thin-walled structures with significant superiority in comparison with lattice structures. Supports on multi-faceted bent pillars (IGU) increasingly began to occur in street and stadium lighting, in power lines. And the only drawback, superiority in weight, in comparison with lattice supports, do not prevent the supports on the IGS gain momentum in development. The enormous advantage of the supports on the multifaceted bent rack, namely: increased strength, stability, durability, resistance to vandalism, and the most important is not required periodic maintenance, gradually replacing the lattice construction. When constructing power transmission lines on such supports, we encounter not an easy task, such as fixing such structures in soils. The advantage in fixing the latticed supports in comparison with the supports on the MGS is the separation of the support heels, which gives a significant reduction in the bending moment at the base of the support. It was in this direction, at the suggestion of Candidate of Technical Sciences Kulik Valery Vasilyevich, that I began to search for the necessary solution. In this article, a pile foundation with a monolithic «X» shaped grillage for single-column construction of a power line is presented. Scientific novelty lies in the fact that this foundation with the «X» shaped grill, while maintaining all its bearing capacity, allows us to reduce the volume of concrete by 30-33 percent. The technical result of the foundation with an «X» shaped grill is to increase the stability of the foundation to the pulling forces that arise when working deviations of high-altitude metal supports, with a minimum volume of concreting and excavation.

Key words: multifaceted bent pillar (MGC), foundation with «X» shaped grillage, finite element method (MCE), patent, reduction of concrete volume, bearing capacity, stress-strain state (VAT), maximum bending moment.

References

1. The patent No. 129526 «the Four-pile base with a monolithic grillage under a one-rack-mount support of an overhead power transmission line.» 5)
2. Joint venture 22.13330.2016 «Foundations of buildings and constructions. The staticized editorial office Construction Norms and Regulations 2.02.01-83 *»
3. Joint venture 45.13330.2012 «Earth constructions, bases and bases. The staticized editorial office Construction Norms and Regulations 3.02.01-87»
4. Joint venture 63.13330.2012 «Concrete and reinforced concrete designs. Basic provisions. The staticized editorial office Construction Norms and Regulations 52-01-2003 (with Changes N 1, 2)»
5. Kachanovskaya L.I Conference «Clever air-lines. Royektirovaniye and reconstruction» Sankt-Petersburg on June 16-20, 2014.
6. Novels by P.I. «Standard technical ensuring construction of innovative designs of support and bases of VL and PS. Individual design of VL on the basis of basic series of innovative designs of support and the bases.
7. Kalnitsky A.A., Peshkovsky L.M. «Calculation and designing of reinforced concrete foundations of civil and industrial buildings and constructions» Moscow «Higher school» of 1974 of p. 65-97.
8. Dalmatov B.I., Morareskul N.N., Iovchuk A.T., Naumenko V.G., Design of the bases of buildings and constructions. Moscow - 1969 of p. 166-220.
9. Kosterin E.V. «The basis and the bases» the edition third processed and added. Moscow «Higher school» of p. 162-261.
10. Atlante del Cemento (Design from reinforced concrete) Concrete in architecture. Bases. Reinforced concrete designs. Details and knots. Examples of buildings. Italian norms. Volume 1 - Design from reinforced concrete. P. 100-133.