

Wpływ zmian temperatury ośrodka gruntowego na nośność pali grzewczych

Streszczenie

Wykorzystanie pali grzewczych, jako elementu fundamentu obiektu budowlanego jest coraz częściej spotykanym sposobem posadawiania budowli. Łączy on w sobie funkcję konstrukcyjną oraz instalacyjną, w zakresie pozyskiwania lub oddawania ciepła. W takich palach zamontowane są instalacje wymiennika ciepła, które stanowią dolne źródło w systemach grzewczych opartych na pompach ciepła. Mimo coraz większego zainteresowania ze strony inwestorów tego typu posadowieniem temat pod względem wzajemnych powiązań pomiędzy odpowiedziami na jednoczesne oddziaływania mechaniczne i termiczne nie został w dostatecznym stopniu rozpoznany. Powoduje to niepewność oraz problemy zarówno na etapie projektowania jak i wykonawstwa takich instalacji.

Wbudowany w palu wymiennik ciepła pozwala na pobieranie ciepła z gruntu lub jego oddawanie w zależności od konkretnych potrzeb użytkownika. Zarówno grunt otaczający pal oraz sam jego materiał konstrukcyjny są z tego powodu narażone na znaczne różnice temperatur w ciągu roku. Oddziaływanie na grunt związane z przepływem ciepła wywołuje powstanie wokół pala szeregu zjawisk, mających wpływ na jego nośność.

W ramach niniejszej pracy wykonano modelowe badania doświadczalne i numeryczne mające na celu wykazanie wpływu zmian parametrów wytrzymałościowych gruntu, wynikających ze zjawisk termicznych, na nośność pali grzewczych.

Badania doświadczalne polegały na wykonaniu serii prób wyciągania modelu pala o średnicy $d = 200$ mm i długości $l = 500$ mm, formowanych w skrzyniach o wymiarach 60×60 cm, wypełnionych zagęszczonym piaskiem średnim. Modele formowane były w technologii pali wierconych w rurze obsadowej. Przygotowano trzy stanowiska badawcze. Jedno stanowiło model próbny, czyli taki, w którym nie była umieszczona instalacja wymiennika ciepła. W pozostałe modele wbudowano instalację wymiennika ciepła, którą wypełniono w zależności od przypadku cieczą o wysokiej lub niskiej temperaturze. Tak przygotowane modele poddano próbie wrywania w odpowiednio skonstruowanym do tego celu stanowisku badawczym. Próby wrywania wykazały, że zarówno przy palu pobierającym ciepło z gruntu, jak i palu oddającym ciepło do gruntu istnieje niekorzystny

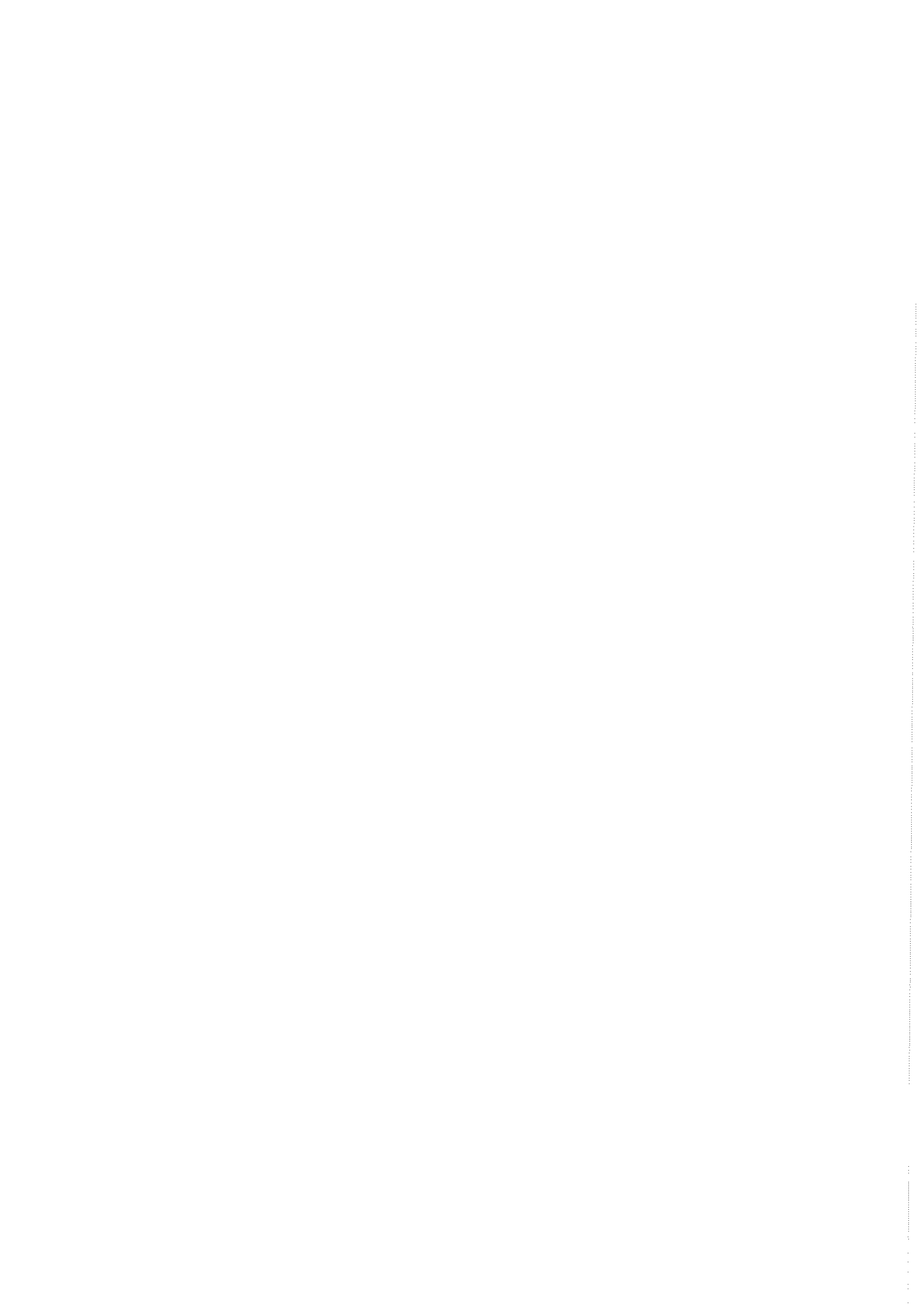
wpływ obecności zjawisk termicznych na nośność pali. Otrzymane różnice nośności wynosiły 10 ÷ 40 %.

W celu potwierdzenia wyników uzyskanych w toku modelowych badań doświadczalnych, przeprowadzono szereg analiz w programie Z_Soil, z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Na potrzeby tego zadania wykonano model numeryczny konstrukcji, w którym odwzorowano warunki panujące podczas badań doświadczalnych. Analizy numeryczne również potwierdziły istnienie niekorzystnych wpływów przepływu ciepła pomiędzy palem a gruntem, na nośność pala. W tym przypadku różnica pomiędzy palem kontrolnym, tj. takim, w którym nie uwzględniono obecności zjawisk termicznych, a palami, w których je uwzględniono, wynosiła ok. 10 %. Na uwagę zasługuje również fakt, że każdorazowo najgorsze wyniki nośności pala uzyskano dla przypadku, w którym pal pozyskuje ciepło z gruntu.

W celu ustalenia, jak zmieniają się parametry statycznie – wytrzymałościowe gruntu w niskich temperaturach przeprowadzono serię badań typu UU (bez konsolidacji i ścinanie bez odpływu wody) w aparacie trójosiowego ściskania. W toku prowadzonych analiz zauważono zależność pomiędzy czasem zamrażania oraz parametrami wytrzymałościowymi gruntu. W badaniach symulowano różne zjawiska, jakim może być poddany grunt w czasie eksploatacji pali grzewczych. Wykonano pięć serii badań. Pierwszą stanowiły badania kontrolne (grupa A) realizowane w temperaturze pokojowej, w komorze wypełnionej wodą. Grupy B – D różniły się między sobą czasem ekspozycji gruntu na mróz przed właściwym ścinaniem oraz temperaturą końcową niezamarzającego płynu znajdującego się w komorze aparatu. Ostatecznie w celu potwierdzenia otrzymanych zależności przeprowadzono serię badań w komorze klimatycznej zapewniającej stałą temperaturę w kloszu aparatu trójosiowego ściskania. Uzyskane w ten sposób parametry gruntu posłużyły do zamodelowania przypadku posadowienia turbiny wiatrowej na monopału w programie Z_Soil.

Analizie numerycznej poddano zachowanie się fundamentu turbiny wiatrowej o mocy 70 kW, stanowiącego monopal o średnicy $d = 2,0$ m. Zamiast zbrojenia prętami przewidziano w nim zastosowanie rur stalowych, które miałyby służyć jako wymiennik ciepła. Oprócz analizy nośności przedmiotowego fundamentu przeprowadzono analizy mające na celu określenie parametrów wytrzymałościowych materiałów stosowanych w tego typu instalacjach.

Całość pracy podsumowują wnioski z przeprowadzonych analiz i obliczeń, prezentacja metody projektowej uwzględniającej wpływ zjawisk termicznych na tarcie na



poboczniczy pała oraz zestawienie parametrów wytrzymałościowych materiałów stosowanych w fundamentach grzewczych.

19.06.2019

Bartosz
Piłtowski

Influence of temperature changes in the soil for the load capacity of heating piles

Abstract

The use of heating piles as part of the foundation of a building is increasingly common way of foundation structures. It combines a construction and installation function in the scope of acquiring or transferring heat. In such piles are mounted in the heat exchanger systems, which are a heat source in heating systems based on a heat pump. Despite the growing interest from investors this type of bolt-on in terms of interrelationships between the answers to the simultaneous mechanical and thermal has not been sufficiently recognized. This causes uncertainty and problems at both the design and execution of such installations.

The built-in heat exchanger stake allows you to retrieve heat from the ground or passing depending on the specific needs of the user. Both the soil surrounding the pile and the construction material itself are therefore exposed to significant temperature differences during the year. The impact on the ground associated with the flow of heat causes the formation of a series of phenomena around the pile, affecting its load bearing capacity.

As part of this work, model experimental and numerical tests were carried out to demonstrate the effect of changes in soil strength parameters resulting from thermal phenomena on the load bearing capacity of heating piles.

The experimental tests consisted of carrying out a series of investigations on the extraction of a pile model with diameter $d = 200$ mm and length $l = 500$ mm. These piles were formed in boxes measuring $60 \times 60 \times 60$ cm, filled with compacted intermediate sand. The models were formed in the technology of bored piles in the pipe restocking. They prepared three research positions. One was a trial model, i.e. one in which the installation of a heat exchanger was not placed. In other models built into the system heat exchanger which is filled in the case a liquid of high or low temperature. The models prepared in this way were subjected to a tear test in a test stand designed for this purpose. Pull-out tests have shown that there is an adverse influence of thermal phenomena on the load carrying capacity of the piles both at the pile collecting heat from the ground and the pile that releases heat to the ground.. The differences in load capacity obtained were $10 \div 40\%$.



To confirm the results obtained in the experimental model, a number of analysis program Z_Soil, using the finite element method. For this job, a model of a numeric structure, wherein mapped conditions during experimental. Numerical analyzes also confirmed the existence of adverse effects of heat transfer between the pile and the ground, a pile bearing capacity. In this case, the difference between the control pile, ie. Such which do not consider the presence of thermal effects, and the piles in which they are included, was approx. 10%. Noteworthy is also the fact that each time the worst load capacity of the pile was obtained for the case in which the pile acquires heat from the ground.

In order to determine how the static and strength parameters of the soil change at low temperatures, a series of UU type tests (without consolidation and shearing of the water outflow) was carried out in the triaxial compression apparatus. In the course of the analysis noted the relationship between the time of freezing and the soil strength parameters. The studies simulated various phenomena that the soil may undergo during the use of heating piles. They made five test series. The first one was control tests (group A) carried out at room temperature in a water-filled glass. Groups B - D differed from each other at the time of exposure of the ground to frost before proper shearing and the final temperature of the anti-freeze liquid in the chamber of the apparatus. Finally, in order to confirm the received dependencies, a series of tests was carried out in a climatic chamber providing a constant temperature in the triad of the triaxial compression apparatus. The soil parameters obtained in this way were used to model the case of the wind turbine foundation on the monopole in the Z_Soil program.

Numerical analysis of the foundation of a 70 kW wind turbine was performed, which is a monopole with a diameter of $d = 2.0$ m. Instead of reinforcing with bars, it provided for the use of steel pipes that would serve as a heat Exchange. In addition to the analysis of the load-bearing capacity of the foundation analysis was performed to determine the mechanical properties of materials used in this type of installation.

The whole work is summarized by the conclusions of the analyzes and calculations carried out, the presentation of the design method taking into account the influence of thermal phenomena on friction on the pile surface and the combination of strength parameters of the materials used in the foundation of heating.

19.06.2019

Bartosz

P. Stramię

