

dnia 30. 08. 2021

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

~~Wpłynek~~
Prof. dr hab. inż. Joanna Bzówka
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
Katedra Geotechniki i Dróg
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice

Gliwice, 24 sierpnia 2021 roku

R E C E N Z J A
rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Siemaszki
pt. „Analiza wpływu skrócenia trzonu pala na opór poboczniczy”

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejszą recenzję pracy doktorskiej mgr inż. Pawła Siemaszki pt. „*Analiza wpływu skrócenia trzonu pala na opór poboczniczy*” wykonano na zlecenie Prorektora ds. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie – Pana prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, z dnia 1 lipca 2021 roku, bazujące na uchwale nr 134 z dnia 28 czerwca 2021 roku Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Recenzowana praca doktorska liczy 211 stron tekstu podstawowego wraz z 84 załącznikami, 85 pozycji bibliografii, w tym: 79 publikacji naukowych oraz naukowo-technicznych, 1 opracowanie wyników udostępnione Autorowi rozprawy oraz 4 normy. Ponad 65% materiałów źródłowych pochodzi z ostatnich 20 lat, a 55% bibliografii to literatura opublikowana w języku angielskim. Praca doktorska zawiera objaśnienia symboli stosowanych w rozprawie, spis rysunków, tabel i załączników oraz streszczenia w języku polskim i języku angielskim.

Praca została podzielona na 9 rozdziałów, a te zostały podzielone na podrozdziały.

2.1. Aktualny stan wiedzy w zakresie tematyki rozprawy

Pale fundamentowe stanowią bardzo istotny rodzaj posadowienia pośredniego budowli. Za pośrednictwem pali są przekazywane obciążenia z budowli na nośne warstwy gruntu przez ich pobocznicę i podstawę. Nieodłącznym zagadnieniem dla pali fundamentowych jest określenie ich współpracy z podłożem gruntowym. Istnieje wiele publikacji opisujących metody badań pozwalające oszacować nośność i/lub ciągłość fundamentów palowych. Szybki rozwój budownictwa, a w związku z tym różnych technik fundamentowania, wymaga odpowiednich narzędzi weryfikujących zastosowane rozwiązania, które pomogą wprowadzić ewentualne poprawki w rozwiązaniach projektowych i wykonawczych.

Autor rozprawy, mając na uwadze niewykorzystywane w pełni możliwości nośności pali fundamentowych przez ograniczanie wartości osiadania, a co za tym idzie braku pełnej mobilizacji maksymalnego stanu naprężenia zarówno w podstawie, jak i na pobocznicy pala, za cel swojej pracy naukowej postawił analizę możliwości weryfikacji rozkładu naprężenia na pobocznicy pali oraz analizę zjawisk wpływających na ten rozkład. Wykorzystując wyniki badań przeprowadzonych w terenie dla pali fundamentowych w pełni oprzyrządowanych, Autor rozprawy podjął się opracowania modelu obliczeniowego do wyznaczania przebiegu

stanu naprężenia na pobocznicy pala, jak również zbadanie wpływu zmiany długości pala na mobilizację tego naprężenia.

Graficznym przedstawieniem badania próbnego obciążenia statycznego nośności pala jest krzywa zależności „obciążenie – osiadanie”. Istnieje wiele metod interpretacji krzywych „obciążenie – osiadanie”, które mogą dostarczyć wiele informacji o nośności pala. Nie wszystkie jednak metody umożliwiają jednoznaczne stwierdzenie, jaka jest maksymalna nośność pala, ponieważ badania próbnego obciążenia nie są wykonywane aż do momentu zniszczenia pala.

Istnieje wiele prac bazujących na wynikach badań eksperymentalnych, w których analizuje się różne aspekty współpracy pala z gruntem. Prace obejmują analizy pojedynczych pali, pali pracujących w grupie lub badań prowadzonych w długim okresie czasu. Poniżej przedstawiono wybrane metody interpretacyjne:

- metoda opierająca się na funkcjach transformacyjnych – obliczenia opierają się na układzie sił, który powstaje wskutek osiadania obciążonego pala; pal jest analizowany całościowo pod względem równowagi działających sił. Pal jest podzielony na części, z których każda jest analizowana pod względem równowagi działających sił (Coyle i Reese, 1966; Kioussis i Elansary, 1987; Holeyman, 1992; Gwizdała 2010),
- metoda Mazurkiewicza (1966, 1968),
- metoda Chin-Kondnera (1970), w której wyznaczono funkcję określającą stosunek osiadania do przyłożonego obciążenia,
- metoda interpretacji krzywej „obciążenie – osiadanie” (Brinch Hansen, 1970), w której osiadanie pala przy 80% wartości obciążenia maksymalnego jest czterokrotnie mniejsze niż przy obciążeniu maksymalnym, a maksymalny udźwig pala to obciążenie powodujące dwukrotnie większe osiadanie niż przy 90% jego wartości,
- metoda normowa (PN-83/B-02482; PN-EN-1997-1:2008),
- metoda prezentowana przez Hirayame (1990), w której do mobilizacji połowy maksymalnej nośności pobocznicy pala jest potrzebna siła o wartości $N=0,01 \cdot N_{gr}$, tj. całkowitej nośności granicznej pala. Z tego wynika, że większość obciążeń jest przenoszona przez pobocznice, gdyż w projektowaniu dąży się do zminimalizowania wartości osiadania ze względu na negatywny wpływ na budowlę. To nie pozwala na pełne wykorzystanie możliwości nośnych pala i osiągnięcie wartości przemieszczenia, które zapewniłoby w większym stopniu wykorzystanie nośności podstawy pala,
- metoda Decourta (1999), za pomocą której można wyznaczyć $N_{gr(Decourt)}$,
- metoda opierająca się na badaniach doświadczalnych przeprowadzanych w terenie, a następnie estymacja przebiegu krzywej „obciążenie – osiadanie”, która zawiera jednostkowe opory pod podstawą oraz na pobocznicy pala, określane na podstawie tablic zawierających wyniki sondowań, np. sondowań CPTu (Gwizdała i in., 2009; Gwizdała, 2010, 2013; Gwizdała i Stęczniewski, 2015),
- metoda Meyera (2010), Meyera i Kowalowa (2010), Meyera i Szmehela (2010, 2012, 2015), Meyera i Żarkiewicza (2015, 2016), Meyera i Stacheckiego (2018), Meyera i Wasiluka (2018, 2019), Siemaszki i Meyera (2019),
- metoda próbnych obciążeń statycznych.

Autor rozprawy po przeanalizowaniu literatury przedmiotu, uznał, że do analizy podstawowej przyjmie opis formowania się naprężenia na pobocznicy pala według założeń Kirchhoffa, zakładając ugięcie przestrzeni gruntowej, a funkcję transformacyjną wykorzysta przy weryfikacji badań eksperymentalnych.

2.2. Struktura rozprawy doktorskiej

Pan mgr inż. Paweł Siemaszko swoją pracę doktorską przedstawił w dziewięciu rozdziałach.

- Rozdział 1 zawiera wstęp do podjętej przez Autora rozprawy analizy.

- W Rozdziale 2 mgr inż. Paweł Siemaszko przedstawia cel, zakres oraz tezę pracy doktorskiej.

- Przegląd literatury przedmiotu został przedstawiony przez Autora rozprawy doktorskiej w Rozdziale 3. W Rozdziale tym, oprócz przedstawienia różnych metod interpretacji krzywych „obciążenie – osiadanie”, Doktorant uzasadnia wybór odpowiedniej metody opartej na krzywej „obciążenie – osiadanie”, jaką jest krzywa Meyera-Kowalowa, której zaletą jest możliwość otrzymywania rozkładów przedstawionych również przez innych Autorów. Krzywa Meyera-Kowalowa (krzywa M-K) jest uogólnieniem krzywej China-Kondnera, gdy $\kappa=1$. Krzywa M-K pozwala również na otrzymanie ekstremum rozkładu normalnej składowej oporu pala, tj. oporu poboczniczy, gdy występuje taki schemat pracy pala.

Rozdział 3.4 zawiera dane dotyczące normowych metod projektowania pali fundamentowych, zaś Rozdział 3.5 dane dotyczące próbnych obciążeń statycznych, tj. przegląd metod badawczych oraz badania parametrów gruntowych sondą CPT/CPTu.

- W Rozdziale 4 rozprawy Doktorant przedstawił uproszczone rozwiązanie analityczne przyjęte w pracy, w tym m.in.: założenie Kirchhoffa, gładkie powierzchnie stykowe pala z gruntem, zakres liniowej zależności między obciążeniem i osiadaniami pala oraz równomierny rozkład normalnej składowej oporu na poboczniczy pala.

- Rozdział 5 zawiera opis i wyniki badań doświadczalnych, które stanowią weryfikację założeń przyjętych do modelu matematycznego $\tau(z)$. Weryfikacja polegała na pomiarach tensometrycznych mających na celu ustalenie przebiegu $N(z)$ na długości pala dla poszczególnych faz obciążenia w głowicy pala. W Rozdziale 5.2 Doktorant opisał poligon doświadczalny oraz metodykę wykonywania badania, zaś w Rozdziale 5.4 można znaleźć tablice z wynikami pomiarów.

- Rozdział 6 zawiera analizę wyników badań doświadczalnych. W celu opracowania wyników badań Doktorant dokonał następujących założeń: ośrodek gruntowy jest jednorodny, pal ma stałą średnicę na całej długości, analizy są wykonywane dla zakresu obciążenia dla $N_2 < 0,5 \cdot N_{gr2}$ (N_2 – pionowa siła przyłożona w głowicy pala w metodzie Meyera-Kowalowa, N_{gr2} – nośność graniczna pala, przy której pal zaczyna osiadać w sposób niekontrolowany w metodzie Meyera-Kowalowa), związek pomiędzy oporem poboczniczy $\tau(z)$ a głębokością z jest liniowy.

W Rozdziale 6.4 można znaleźć podsumowanie dotyczące przeprowadzonych badań doświadczalnych.

- Rozdział 7 został poświęcony określeniu wpływu długości pala na mobilizację oporu poboczniczy. Według Autora rozprawy doktorskiej, przy znajomości wyników uzyskanych z badań terenowych jest możliwe przeprowadzenie aproksymacji krzywej „obciążenie – osiadanie” według metody Meyera-Kowalowa oraz uzyskanie wartości potrzebnych współczynników.

- Wnioski końcowe rozprawy zostały przedstawione w Rozdziale 8, natomiast program dalszych badań w Rozdziale 9.

3. Ocena dorobku rozprawy

Celem recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Pawła Siemaszki było opracowanie metody analizy oraz weryfikacji otrzymanych zależności obliczeniowych na podstawie wyników badań terenowych. Zbiór wartości wyników $\{N_i; s_i\}$ pozyskany podczas wykonywania próbnych statycznych obciążeń pali (oprzyrządowanych), pozwala Doktorantowi na weryfikację modelu mobilizacji oporu poboczniczy pala oraz weryfikację wyników otrzymanych na drodze obliczeń analitycznych.

Autor rozprawy postanowił opracować model obliczeniowy do wyznaczania przebiegu stanu naprężenia na poboczniczy oraz zbadać wpływ zmiany długości pala na mobilizację tego naprężenia.

Mgr inż. Paweł Siemaszko, jako tezę pracy podał, że „uwzględnienie w analizie współpracy pala z gruntem skrócenia trzonu pala umożliwi z dostateczną dla celów praktycznych obliczeń dokładnością wyznaczenie pionowych zmian oporu poboczniczy”. Założeniem Autora rozprawy jest, aby dzięki zaproponowanemu modelowi było możliwe wyznaczenie uproszczonego przebiegu naprężenia bez konieczności prowadzenia badań, które wiążą się m.in. z dużymi kosztami ich wykonania.

Aby osiągnąć postawione w rozprawie cele, mgr inż. Paweł Siemaszko:

- przeprowadził analizy zjawiska formowania się naprężenia na poboczniczy pala przy założeniu gładkich powierzchni stykowych pala, równomiernego rozkładu normalnej składowej oporu poboczniczy pala oraz dla obliczeń w zakresie liniowej zależności między obciążeniem a osiadaniami ($N \leq \sim 60\% \cdot N_{gr}$),

- opracował metody analityczne pozwalające na otrzymywanie wykresu naprężenia na poboczniczy dla zadanego obciążenia pala w głowicy,

- przeprowadził weryfikację otrzymanych zależności na podstawie wyników badań doświadczalnych,

- opracował procedury umożliwiające zastosowanie proponowanej metody w sposób uproszczony w obliczeniach inżynierskich,

- przeprowadził analizę szczególnych przypadków uzyskanych w badaniach doświadczalnych.

Uzyskane przez Autora rozprawy wyniki badań i analiz potwierdziły postawioną w pracy tezę, że „skrócenie trzonu pala ma wpływ na mobilizację oporu poboczniczy”.

4. Uwagi szczegółowe i dyskusyjne

Treść rozprawy doktorskiej została zawarta w 9 rozdziałach. Na początku pracy Doktorant podał wykaz symboli stosowanych w rozprawie oraz określił cel podjęcia tematu badawczego, podał zakres i tezy pracy.

Po zapoznaniu się z treścią pracy nasuwają się pewne spostrzeżenia oraz pytania:

- Autor rozprawy przedstawił tezę, że „w analizie współpracy pala z gruntem skrócenia trzonu pala umożliwi z dostateczną dla celów praktycznych obliczeń dokładnością wyznaczenie pionowych zmian oporu poboczniczy”. Co oznacza dla Doktoranta określenie „dostateczna dokładność”?

- Podana przez Autora pracy na str. 17 definicja maksymalnego udźwigu: „maksymalny udźwig pala jest to obciążenie powodujące dwukrotnie większe osiadanie niż przy 90% maksymalnego udźwigu pala” budzi wątpliwości recenzenta. Proszę o komentarz.

- W rozprawie Autor pracy wiele razy używa wyrażenia „zagregowana”, np. na stronie 24: „Współczynniki C_1 , C_2 krzywej M-K przedstawiono jako zagregowana odwrotność współczynników Winklera. Oznacza to, że ich wartości uwzględniają współpracę gruntu dookoła pala zarówno w podstawie jak i poboczniczy” lub na str. 79: „Poprzez wykazanie tych zależności możliwa jest analiza wyników w postaci zagregowanej”.

Zdaniem Recenzenta wyrażenie „zagregowana odwrotność” nie jest poprawne. Poza tym przytoczone zdania są niejasne.

- Na wybranych rysunkach (np. Rys. 2, Rys. 3) brakuje znaczników wartości na osi pionowej i poziomej, które ułatwiłyby odczytywanie wartości z wykresów.

- Stwierdzenie zawarte na stronie 37: „Otrzymanie przebiegu krzywej obciążenie-osiadanie jest w niektórych przypadkach bardzo trudne ze względu na brak możliwości

osiągnięcia maksymalnego obciążenia, który pal może przenieść poprzez dociążenie [30, 55]” jest niezrozumiałe.

- Rozdział 3.5 zatytułowany „*Próbné obciążenia statyczne*” sugeruje, że treść Rozdziału dotyczy obciążeń statycznych, natomiast w Rozdziale 3.5.1. „*Przegląd metod badawczych*” Autor rozprawy scharakteryzował badania dynamiczne, a na rysunku 19 przedstawił stanowisko do badania dynamicznego. Z powyższego wynika, że tytuł Rozdziału 3.5 jest niewłaściwy i powinien brzmieć np. *Badania pali fundamentowych*.

- Rozdział 3.5. nosi tytuł „*Próbné obciążenia statyczne*”, zaś Rozdział 3.5.2. „*Metoda próbných obciążeń statycznych*”, co powoduje, że niepotrzebnie został wyodrębniony Rozdział 3.5.2.

- Rysunki 26 i 27 (str. 41) przedstawiające krzywe „obciążenie – osiadanie” zostały opracowane przez Autora rozprawy. Zdaniem Recenzenta brakuje informacji na jakiej podstawie, zostały te krzywe opracowane i przedstawione.

- Wzór (36) na stronie 46 budzi wątpliwości; we wzorze Autor zawarł referencyjny opór równy 100 kPa, który został oznaczony symbolem P_a .

- Na stronie 51 można znaleźć opis powiązany z oznaczeniami przedstawionymi na rys. 34: „ l - ramię ugięcia gruntu, przyjmowany $l=3\cdot D$ (dla małych obciążeń, $N < 0,5\cdot N_{gr}$)”. Co oznacza symbol N ?

- W Rozdziale 5.2 zatytułowanym „*Opis poligonu terenowego oraz metodyka wykonywania badania*” brakuje charakterystyki badanych pali. Autor rozprawy nie podał rodzaju badanych pali, ich geometrii - średnicy, długości. Nie zostało opisane stanowisko badawcze, nie ma informacji o palach kotwiących, rozstawie pali, konstrukcji oporowej, rodzaju siłownika hydraulicznego, rodzaju czujników, itp. Brakuje również wyników z próbných obciążeń badanych pali, np. krzywych „obciążenie – osiadanie” i/lub „obciążenie – podłużne odkształcenia trzonu pala”.

Ponadto, zdaniem Recenzenta stwierdzenie zamieszczone w Rozdziale 5.2 (str. 59): „*Ze względu na koszty wykonywanych badań, które mogą sięgać do kilkudziesięciu tysięcy złotych w odniesieniu do pojedynczego badania, a w skali inwestycji może to stanowić nawet kilkaset tysięcy złotych, zbudowanie bazy danych składającej się z większej liczby pali, wymaga znacznego czasu*” jest zbędne.

- Na rysunku 38 przedstawiającym „*Trwające badanie pala za pomocą siłownika*” można dostrzec dwa siłowniki hydrauliczne. Zdaniem Recenzenta fotografia przedstawiająca stanowisko do próbnego obciążenia statycznego pala powinna być dokładniej opisana. Ponadto, w rozdziale dotyczącym opisu poligonu doświadczalnego oraz metodyki wykonywania badania powinny znaleźć się wyniki przeprowadzonego badania pala w postaci krzywej zależności „obciążenie – osiadanie”.

- Rysunek 42 przedstawia rozkład sił wzdłuż trzonu pala nr 4, a nie jak zapisano rozkład sił wzdłuż trzonu pala nr 3.

- Rysunek 43 powinien przedstawiać wyniki badań sondą CPT dla pala nr 5, a nie jak zapisano wyniki badań sondą CPT dla pala nr 4.

- Opisy tabel 5 i 6 są niejasne; nie wynika z nich dla jakich pali Autor podał wartości siły i osiadania. Brakuje również objaśnień symboli stosowanych w tabelach, takich jak np.: $N_{2.7}$, $N_{2.1}$, S_7 , S_8 , $P_{1.1.7}$, $P_{1.2.7}$, $P_{1.3.7}$, itp.

- We wzorach (65) i (66) występuje wielkość „ H ”. Co oznacza symbol „ H ”? Czy zamiast „ H ” nie powinien być użyty symbol „ h ”?

- W Tabelach 7÷12 wartości $N(z)_{obl}$ zostały podane z różną dokładnością, nawet do pięciu miejsc po przecinku. Nie jest to poprawne przedstawienie danych.

- Rysunek 57 przedstawia rozkład normalny dla najmniejszych sum kwadratów odchyłek pala 5, natomiast oś pionowa oznaczona jest symbolem $N [kN]$.

- Na stronie 75 Autor napisał: „Porównane wyniki pozwalały estymować wartość τ_2 w poziomie głowicy pala i następnie używając wzoru (28)...”, a powinno być „Porównane wyniki pozwalały estymować wartość τ_2 w poziomie głowicy pala i następnie używając wzoru (68)...”.

- Rysunek 61 przedstawia liniową zależność między siłą przyłożoną w głowicy pala a naprężeniem w poziomie głowicy pala 3, natomiast z rysunku nie wynika, że jest to zależność liniowa. Proszę o komentarz.

- Na rysunkach 62, 64 i 66 znalazł się następujący opis prostej oznaczonej numerem „2”: „2 – liniowa zależność między naprężeniami i obciążeniem w głowicy”. Pojawia się pytanie, czy opis ten jest prawidłowy, skoro rysunki przedstawiają liniową zależność między siłą przyłożoną w głowicy pala a naprężeniem w poziomie podstawy pala.

- Autor posługuje się terminami „rozkład otrzymany metodą elementarną” (np. na str. 76 i 77) oraz „metoda analitycznej regresji” (np. na str. 79). Co kryje się pod tymi pojęciami?

- Zdaniem Recenzenta trudnym do prześledzenia jest prawidłowość wyprowadzenia wzorów (70)÷(80).

- Na stronie 80 można znaleźć stwierdzenia, które są niezrozumiałe: „Do każdego stanu obciążenia głowicy pala N_2 wykonanego podczas badań terenowych jest wykonywano analizę za pomocą aproksymacji kwadratowej. Dzięki temu możliwe jest przeanalizowanie rozkładu naprężenia w głowicy i podstawie pala oraz porównanie ich do wcześniejszych, dokładniejszych obliczeń. Porównanie wartości przedstawiono na wykresach poniżej analizowanych pali. W praktyce można stosować metodę analityczną regresji. Przykładowe wartości liczbowe przedstawiono w tabeli 13”. Pojawia się pytanie o jakie „wcześniejsze dokładniejsze obliczenia” chodzi i gdzie znajdują się „wykresy poniżej analizowanych pali”? W jaki sposób można „w praktyce stosować metodę analityczną regresji”?

- W Tabeli 13 zostały przedstawione wartości τ_2' – otrzymane z metody analitycznej regresji oraz wartości τ_2 – otrzymane na podstawie pełnej analizy badań terenowych. Naprężenia te przyjmują następujące wartości: $\tau_2'=82,4860281$ kPa; $\tau_2=80,93$ kPa. Zdaniem Recenzenta wartości τ_2' i τ_2 powinny być podawane z tą samą dokładnością. Nie jest wymagane, aby wartości naprężeń podawać z dokładnością do siedmiu miejsc po przecinku.

- Autor posługuje się terminami „metoda z uwzględnieniem schematu formowania się naprężeń” oraz „estymacja metodą elementarną” (np. rys. 70 na str. 84). Co kryje się pod tymi pojęciami?

- W Rozdziale 6.3: „Porównanie wyników badań eksperymentalnych z wynikami obliczonymi metodą analityczną” nie zamieszczono wykresu porównania wartości naprężenia w podstawie pala 2 dla obu metod (zależność $\tau_1 - N_2$).

- W zakończeniu Rozdziału 6.4: „Podsumowanie badań eksperymentalnych”, Autor stwierdza, że „Różnorodność mechanizmów pracy pala pokazanych w pracy wskazały na potrzebę indywidualnego podejścia do każdego przypadku pala. Jednocześnie żaden pal nie umożliwił przeprowadzenia analiz zaprezentowaną metodą. Prawidłowa interpretacja otrzymanych wyników pozwala dopasować metodę do analizowanego przykładu bez potrzeby rozbudowywania aparatu obliczeniowego na tyle, aby uniemożliwił on inżynierom skuteczną i szybką analizę”.

Budzą wątpliwości stwierdzenia, że „żaden pal nie umożliwił przeprowadzenia analiz zaprezentowaną metodą”, bo jeśli nie umożliwił, to jak można „prawidłowo zinterpretować wyniki” i „dopasować metodę do analizowanego przykładu”? Jak działa „aparat obliczeniowy”, który „uniemożliwia inżynierom skuteczną i szybką analizę”?

- Trudna do prześledzenia jest prawidłowość wzorów od numeru (114). Następujący przeskoki w wyprowadzeniu wzorów, brakuje objaśnień niektórych symboli, występują błędy we wzorach, np. wzór (113): $D_p = D + (1 + \kappa_2)$ jest sprzeczny ze wzorem (105):

$D_p = D \cdot (1 + \kappa_2)$, nie wiadomo jak wyznaczyć wartość q_b , na jakiej podstawie powstał wzór (130), itp.

- We wnioskach końcowych można znaleźć stwierdzenie, że „(...) w podstawie pala następuje formowanie się naprężenia na pobocznicy poprzez tarcie dynamiczne (poślizg) gruntu po powierzchni pala”. Zdanie to wymaga wyjaśnienia, aby zrozumieć co Doktorant miał na myśli.

- Autor rozprawy do „Wniosków szczegółowych” zalicza „wnioski, w których podano, iż w trakcie obciążania pala mobilizacja oporu pobocznicy nie zawsze obejmuje całą długość pala. W ten sposób rodzi się pytanie czy można zastąpić pal długi, palem krótkim”. Czy stosowanie pali krótkich jest tylko i wyłącznie związane z mobilizacją oporu pobocznicy pala? Czy nie należałoby zwrócić uwagi na warunki gruntowo-wodne podłoża?

- Wyjaśnienia/ komentarza wymaga ostatni wniosek szczegółowy podany przez Autora rozprawy, który brzmi: „zwykle przy małych obciążeniach, osiadania pala są niewielkie, zależne od obciążenia w głowicy, ale prowadzą do dużej mobilizacji oporu pobocznicy. Po przekroczeniu pewnego poziomu osiadania rośnie znacząco opór podstawy. W wielu przypadkach wartość osiadania, która wywołuje wystarczający opór podstawy jest trudne do osiągnięcia, ponieważ przekracza osiadania dopuszczalne. Wówczas stan graniczny osiadania przesądza o tym, że nośność pala nie jest wykorzystana”.

Czy jest możliwe potwierdzenie słuszności powyższego stwierdzenia konkretnymi przykładami z praktyki inżynierskiej?

- W Rozdziale 9: „Program dalszych badań” Autor rozprawy „widzi potrzebę wykonania badań nie tylko do pali, ale również do kolumn, które mają gorsze własności mechaniczne, lecz są często stosowane”. Nasuwa się pytanie jaki rodzaj kolumn Autor chciałby objąć badaniami i czy założenia przyjęte przez Autora dla badanych pali można bezpośrednio przenieść na kolumny fundamentowe.

- W spisie bibliograficznym można znaleźć publikację Felleniusa z 1975 roku, która jednak nie jest cytowana w tekście rozprawy.

Mgr inż. Paweł Siemaszko nie ustrzegł się popełnienia błędów językowych i użycia niefortunnych stwierdzeń:

- str. 10: „Rozwój konstrukcji nadziemnych...”,

- str. 10: „Manipulacja gabarytami pali ...”,

- str. 11: „Fundamentowanie i geotechnika to specyficzne dziedziny budownictwa, ponieważ wykonane elementy pozostają w ziemi...”,

- str. 17: „Rys. 1. Schemat do obliczeń pala oraz postaci funkcji transferowych”,

- str. 17: „Podano również definicję mówiącą, że maksymalny udźwieg pala jest to obciążenie powodujące dwukrotnie większe osiadanie niż przy 90% maksymalnego udźwigu pala”,

- str. 23: „Na rys. 6 pokazano schemat krzywej M-K z zaznaczonymi asymptotami ukośną oraz pionową, zaznaczonym liniowym odcinkiem zależności tzn. dla którego związek obciążenie osiadanie gruntu ma charakter liniowy (liniowa teoria sprężystości) oraz dalszym przebiegiem ekstrapolowanym za pomocą metodologii metody M-K”,

- str. 30: „Ze względu na zjawiska zachodzące na w samym palu i dookoła niego w gruncie, wnioski z obserwacji mogą być nietrafione”,

- str. 30: „W związku z brakiem wymogów zastosowania konkretnych metod obliczeniowych projektanci przejmują na siebie całą odpowiedzialność za powodzenie prac. To czynnik, który wymusza bardziej skrupulatne podejście to analizy warunków, w których wykonywane są fundamenty oraz konieczność ciągłej aktualizacji wiedzy na temat najnowszych rozwiązań. Zadanie, które aktualnie stoi przed projektantami, należy do bardzo trudnych”,

- str. 31: „W normie PN-83/B-02482 [82] ogólny warunek, który musiały spełniać pale jest następujący: ...”

- str. 35: wzór (32) – zamiast symbolu q_{silk} powinien być użyty symbol q_{silk} ,

- str. 39: „Stanowisko do tego rodzaju badań może być przygotowane na kilka sposobów (rys. 22, rys. 23, rys. 24). Mogą być wykorzystane pale kotwiące, do których zamocowano konstrukcję i całość stanowi opór do obciążenia za pomocą siłownika”

- str. 45: „Sposób wykonania badania oraz jego wyniki dobrze obrazują sposób pracy pala w gruncie. Otrzymywane wartości oporu pod stożkiem oraz tarcia stożka można wykorzystać do estymacji nośności składowych pali fundamentowych”

- str. 48: „Metoda stworzona przez Meyera-Kowalowa umożliwia uniwersalne zastosowanie narzędzi opracowanych w dziedzinie geotechniki na ZUT. Niekoniecznie będzie ona jednak służyć jako teoretyczne potwierdzenie zastosowania danego rozwiązania, ale pozwoli zweryfikować poprawność zaprojektowania zagadnienia oraz sprawdzić możliwości redukcji kosztów”

- str. 49: „Funkcja ta została wykorzystana przy weryfikacji badań eksperymentalnych. Natomiast do analizy podstawowej Autor przyjął opis formowania się naprężenia na poboczniczy pala wg Kirchhoffa zakładające ugięcie przestrzeni gruntowej”

- str. 51: „ s_2, s_1 – osiadanie odpowiednio głowicy oraz przy podstawie pala, wartości są różne ze względu na efekt skrócenia pala i bez jego wyboczenia [mm]”

- str. 51: „ l – ramię ugięcia gruntu, przyjmowany $l \approx 3 \cdot D$ (dla małych obciążeń, $N < 0,5 \cdot N_{gr}$)”

- str. 54: jest „Po uwzględnieniu wzoru (15)...”; powinno być „Po uwzględnieniu wzoru (51)...”

- str. 55: „Na podstawie przedstawionych metod obliczeniowych oraz wyników badań eksperymentalnych, Autor chciał zweryfikować następujące założenia:

• uwzględnienie w analizie skrócenia trzonu pala (39) ma wpływ na pionowy rozkład oporu poboczniczy pala oraz czy uzyskane w rozwiązaniu zależności analityczne (46)-(48) mogą być wykorzystane do określenia pionowych zmian oporu poboczniczy pala. Wykorzystując uzyskane przez Autora rozwiązanie problemu, Autor przeanalizował wpływ parametrów na przebieg analizowanego rozkładu i stwierdził, że w praktycznych przypadkach pali CFA rozwiązanie prowadzi do wniosku, iż możliwe jest zastosowanie formuły (50) oraz wynikających dalszych zależności zmiany osiowej siły w trzonie pala”

- str. 80: „Do każdego stanu obciążenia głowicy pala N_2 wykonanego podczas badań terenowych jest wykonywano analizę za pomocą aproksymacji kwadratowej. Dzięki temu możliwe jest przeanalizowanie rozkładu naprężenia w głowicy i podstawie pala oraz porównanie ich do wcześniejszych, dokładniejszych obliczeń. Porównanie wartości przedstawiono na wykresach poniżej analizowanych pali. W praktyce można stosować metodę analityczną regresji. Przykładowe wartości liczbowe przedstawiono w tabeli 13”

- str. 83: „Tabela 14. Wartości naprężenia w τ_1 oraz schematu formowania się h_1 w zależności od siły N_2 [opracowanie Autora]”

- str. 90: „Przyjęcie pionowej zmiany siły osiowej w trzonie pala pozwala na opis przypadków szczególnych, kiedy mobilizacja oporu poboczniczy obejmuje jedynie część długości pala”

- str. 91: „Została podjęta próba uproszczenia metody elementarnej, która w swej klasycznej postaci nie mogłaby być szybko przeprowadzona przy użyciu prostych instrumentów w warunkach budowlanych”. Na czym polega „uproszczenie metody elementarnej”? Co zaliczamy do „prostych instrumentów w warunkach budowlanych”?

- str. 94: „Jest to równanie podstawowe obliczono τ_1 , oraz na uzyskanie pionowego rozkładu oporu na poboczniczy pala”

- str. 103: „W porównaniu do innych metod przedstawionych w literaturze, metoda przedstawiona w niniejszej rozprawie zasadza się na założeniu, że naprężenia na pobocznicy, które stanowią opór pobocznicy formowane są zgodnie z prawem Kirchhoffa i prowadzi to do wprowadzenia zagregowanego współczynnika Winklera. W wyniku tych badań Autor wyprowadził wniosek, że dla celów praktycznych obliczeń inżynierskich rozkład oporu pobocznicy pala można przyjąć jako liniowy i na tej podstawie rozwiązywać przypadki ogólne i przypadki szczególne, dla przyjętego warunku, że $N_2 < 0,5 \cdot N_{gr2}$ ”.

Recenzent ma nadzieję, że wymienione powyżej błędy i uchybienia, które znalazły się w recenzowanej rozprawie doktorskiej nie pojawią się już więcej w kolejnych pracach i artykułach Doktoranta oraz że Autor rozprawy z większą dbałością i starannością o szczegóły będzie przygotowywał wyniki swoich badań i analiz do przyszłych publikacji.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Autor rozprawy za cel prowadzonych przez siebie badań przyjął analizę wpływu skrócenia trzonu pala na opór pobocznicy, jak również weryfikację otrzymanych zależności obliczeniowych na podstawie wyników badań terenowych. Uzyskane zależności „obciążenie – osiadanie” z próbnych obciążeń statycznych pali oprzyrządowanych, pozwoliły zweryfikować zaproponowany przez Doktoranta model mobilizacji oporu pobocznicy pala oraz wyniki z obliczeń analitycznych.

Przeprowadzone przez mgr inż. Pawła Siemaszkę badania terenowe potwierdziły przyjęte w pracy założenie, że opór pobocznicy pala generowany w trakcie obciążenia, z dostateczną do celów praktycznych dokładnością, spełnia prawo Kirchhoffa, tzn. rozkład naprężenia jest uzależniony od parametrów mechanicznych gruntu oraz ugięcia przestrzeni gruntowej wokół pala. Doktorant potwierdził również tezę, która dotyczy liniowego charakteru naprężenia na pobocznicy w zależności od obciążenia w głowicy pala.

Na podstawie badań terenowych i analiz, Autor rozprawy sformułował ogólny mechanizm formowania się oporu na pobocznicy pala wraz ze zmianą jego długości. Według Doktoranta, najistotniejszym jest wniosek, iż „właściwą zgodność składowych naprężenia pomierzonych i obliczonych w podstawie pala otrzymujemy zakładając powstanie strefy uplastycznionej pod podstawą pala, która posiada średnicę znacznie większą niż średnica pala”.

Autor rozprawy wykazał również na podstawie badań terenowych w skali naturalnej, że niektóre parametry krzywej M-K, którymi opisuje się mobilizację oporu pobocznicy, można określić na podstawie badań sondą CPTu. W pracy zostały przedstawione stosowne do tego wzory.

Na zakończenie rozprawy, Doktorant przedstawił program dalszych badań, który m.in. obejmuje przeprowadzenie badań terenowych dla pali wykonanych w różnych technologiach, po to, aby dokonać analizy formowania się oporu pobocznicy pala.

Za oryginalne i twórcze elementy rozprawy doktorskiej należy uznać:

- przeprowadzenie badań terenowych dla czterech oprzyrządowanych pali CFA,
- wykonanie analiz dla badanych pali oraz dla pali, dla których wyniki badań pozyskano z literatury przedmiotu,
- uwzględnienie w analizie dotyczącej współpracy pala z podłożem skrócenia trzonu pala, który ma wpływ na rozkład oporu pobocznicy pala.

Reasumując, stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr inż. Pawła Siemaszki pt. „Analiza wpływu skrócenia trzonu pala na opór pobocznicy” spełnia warunki i wymagania

Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U. z 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Recenzowana rozprawa doktorska spełnia również zapisy art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r., poz. 1668 z późn. zm.).

Biorąc powyższe pod uwagę oraz moją ogólną pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej, wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie Pana mgr inż. Pawła Siemaszkę do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Joanna Bełone