

# Nowe metody badań w ofercie PILETEST

Ryszard Rippel  
PILETEST sp. z o.o.

Dzięki zaufaniu naszych zleceniodawców, wynikającemu z doświadczenia i niezależności PILETEST od firm wykonawczych, możemy uczestniczyć w ważnych i ciekawych projektach. Systematycznie inwestujemy w nowe technologie i staramy się zachęcać inwestorów, projektantów oraz wykonawców do ich stosowania. Niektóre z nich postaramy się przybliżyć w tym artykule. Nie możemy jednak przedstawiać konkretnych rezultatów, ponieważ nie badamy własnych pali, a wyniki są własnością naszych klientów. Skupimy się więc na opisach poszczególnych technik.

## TIP – Thermal Integrity Profiler

Thermal Integrity Profiler (TIP), choć jest stosunkowo nową techniką badań ciągłości pali formowanych w gruncie, zdążył już zdobyć wiele nagród branżowych za innowacyjność. System został opracowany przez Pile Dynamics (PDD) z Ohio. To właśnie naukowcy tej firmy w latach 60. ubiegłego stulecia zainicjowali projekt Case Western Reserve University, którego wynikiem było opracowanie metody badań dynamicznych pali, stworzenie oprogramowania CAPWAP wraz z systemami rejestrującym PDA, później PAX, a dzisiaj 8G. Pile Dynamics dostarcza kompleksowe systemy badań pali, takie jak: PIT – Pile Integrity Testing, CSL – Crosshole Sonic Logging, a także komputery rejestrujące dla wiertnic CFA, PIR – Pile Installation Recorder, oraz dla palownic E-SAXIMETER. Firma prowadzi stałe cykle szkoleniowe kształcące inżynierów i promujące metody badań jakości fundamentów.

Thermal Integrity Profiler wykorzystuje ciepło hydratacji, wytwarzane w procesie wiązania

Wykonując na co dzień standardowe próbné obciążenia statyczne, dynamiczne oraz badania ciągłości pali cieszymy się, kiedy możemy realizować bardziej skomplikowane i nietypowe projekty, których złożoność i procedury odbiegają od naszych powszednich zadań. Takie możliwości daje szeroka współpraca z uczelniami, instytucjami, jednostkami badawczymi, producentami sprzętu i oprogramowania, a także firmami podwykonawczymi

**Fot. 1.** Sonda temperaturowa TIP wyposażona w 4 czujniki na podczerwień

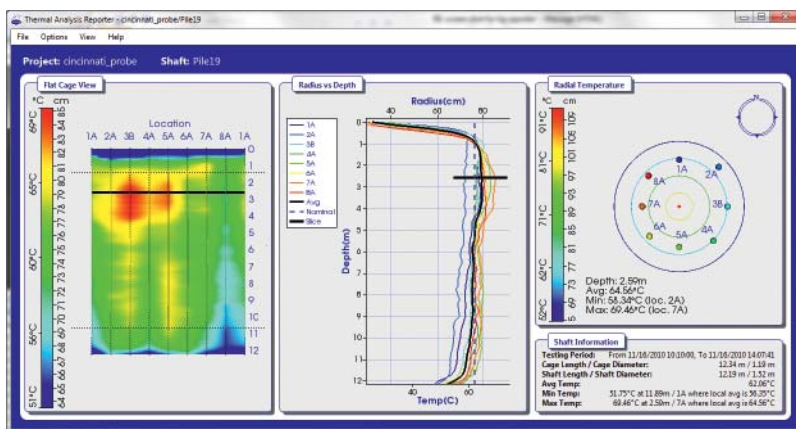
**Rys. 1.** Obraz przykładowych wyników badań Thermal Integrity Profiler

betonu, do oceny jakości pali wierconych i formowanych w gruncie, np. w rurze obsadowej wyciąganej, formowanych śwідrem ciągłym CFA i pali przemieszczeniowych. Może także znaleźć zastosowanie jako badanie odbiorcze ścian szczelinowych, jak również przesłon przeciwfiltracyjnych czy kolumn cementogruntowych typu jet-grouting i DSM.

Temperatura w trzonie pala zależy od jego średnicy, receptury mieszanki betonowej, czasu, jaki minął od uformowania do terminu wykonania badania, jak również od kształtu samego trzonu. Pomiar temperatury jest przeprowadzany albo w rurach dostępowych przy użyciu sond wyposażonych w czujniki na podczerwień, bądź z użyciem traconych przewodów z termistorami. Badania można przeprowadzać niedługo po zakończeniu instalacji pali, ścian bądź kolumn, zwykle od 12 do 48 godz. po wykonaniu.

Badania przy użyciu sondy temperaturowej wymagają instalacji stalowych lub plastikowych rur o średnicy 38–50 mm, montowanych zwykle do zbrojenia pala. Sonda wyposażona jest w 4 czujniki temperatury na podczerwień. Podczas badania sonda jest opuszczana wewnątrz rury na rolkach głębokościomierza. Pomiaru dokonuje się z całej długości pala, a liczba rur dostępowych jest zależna od nominalnej powierzchni przekroju badanego elementu.

Badania z użyciem traconych przewodów z termistorami nie wymagają instalacji rur dostępowych, a sam kabel montuje się bezpośrednio do kosza zbrojeniowego pala za pomocą zwykłych opasek zaciskowych.



W porównaniu do badania Crosshole Sonic Logging, polegającego w uproszczeniu na „prześwietlaniu” trzonu ultradźwiękami, zaletą TIP jest poszerzenie obszaru badania o strefę przekroju na zewnątrz od rur dostępowych, niewidoczną w badaniu CSL. Brak otuliny, zwężenia trzonu i inkluzje gruntu są rejestrowane jako obszary o relatywnie niższej temperaturze. Występowanie poszerzeń trzonu, częste w słabszych warstwach geotechnicznych, da się obserwować jako regiony „cieplejsze”. Rejestrowane są wszelkie zmiany przekroju pała – nawet te, które nie graniczą ściśle z miejscem instalacji rur lub przewodów z termistorami. Wynika to z faktu, że anomalie te powodują aberracje temperaturowe nie tylko w miejscu ich występowania, lecz również w dalszych obszarach przekroju i zawsze odbierane są przez czujniki temperatury.

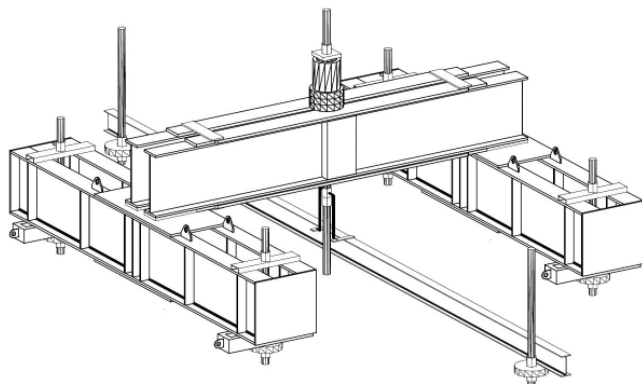
Wyniki badań przedstawiane są w formie graficznej i tabelarycznej. Prezentują wyniki pomiarów z poszczególnych przekrojów, jak również wyników, zmierzony, trójwymiarowy obraz badanego pała.

### Próbne obciążenia statyczne podwodne

Stosowanie siłowników hydraulicznych pod wodą nie przysparza trudności, choć dokładny pomiar siły dynamometrem elektronicznym jest wykluczony i można polegać wyłącznie na odczytach ciśnienia. Natomiast pomiar przemieszczeń może się odbyć wyłącznie z użyciem wodoszczelnych czujników, odczytywanych zdalnie przy pomocy rejestratora. Na budowie Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku generalny wykonawca pierwszego etapu, Soletanche, zlecił nam próbne obciążenia mikropali stanowiących zakotwienie korka. Badania odbyły się na głębokości 15 m pod lustrem wody, przed betonowaniem żelbetowej płyty i odpompowaniem wody pomiędzy ścian szczelinowych. Przemieszczenia monitorowaliśmy za pomocą strunowych czujników tensometrycznych Geokon, w które wyposażyla nas firma SHM System. Czujniki te można stosować na głębokości nawet 170 m. Stanowisko pod wodą zostało zbudowane przez ekipę pletwonurków, przy bardzo ograniczonej widoczności, co już stanowiło duże wyzwanie. Naszym zadaniem było m.in. zaprojektowanie dla nich takiej bazy pomiarowej, która zapewni stabilność odczytów, a przede wszystkim da się zainstalować wraz z czujnikami pod wodą, w pełnym rynsztunku nurka, w grubych rękawicach, w krótkim czasie i z możliwością dokładnej regulacji, niezbędnej dla uzyskania małych offsetów.

### Próbne obciążenia zinstrumentalizowane

Pomiar rozkładu oporu wzdłuż pobocznic i pod podstawą pała realizowaliśmy dotychczas z użyciem dość kosztownych traconych tensometrów strunowych, montowanych do kosza zbrojeniowego.

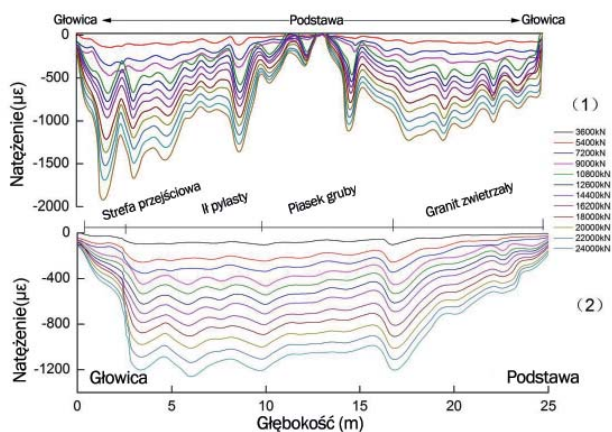
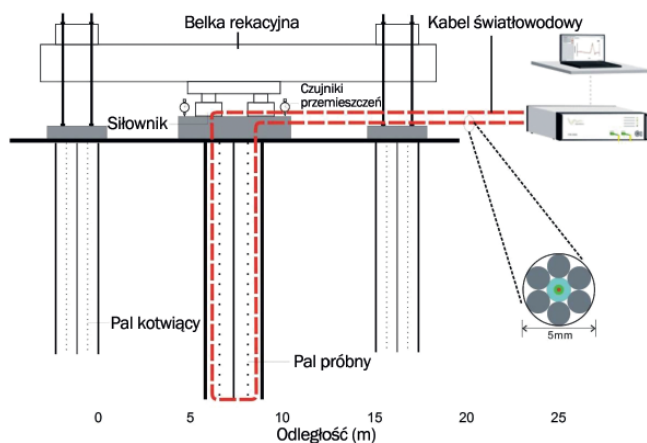


Fot. 2. Przewody z termistorami w koszu zbrojeniowym (na zdjęciu widoczne też rury dostępne dla dodatkowego badania CSL)

Fot. 3. Próby montażu „na sucho” bazy pomiarowej i czujników do obciążeń podwodnych

Rys. 2. Stanowisko montowane przez pletwonurków na głębokości 15 m





Rys. 3. Schemat badania z użyciem światłowodów

Rys. 4. Obraz przykładowych wyników badań z użyciem światłowodów

Współpraca z Politechniką Gdańską oraz firmą SHM System pozwoliła nam rozszerzyć ofertę o możliwość użycia ekstensometrów Geokon, mocowanych przez zakotwienie pneumatycznie. Czujniki są wielokrotnego użytku, co znacznie obniża koszt badań, jednak wymaga instalacji rury dostępowej w osi pala.

Innym nowym rozwiązaniem badania oporu wzdłuż pobocznic i pod podstawą pala jest użycie światłowodów i reflektometru fTB 2505 firmy fibrisTerre GmbH. Badanie wykorzystuje pionierski system oparty na detekcji rozkładu naprężeń i temperatury BOFDA – Brillouin Optical Frequency Domain Analysis. Metoda stosowana do badań kon-

strukcji w lotnictwie i motoryzacji rozwija się wspólnie szczególnie w konstrukcjach liniowych: rurociągach ropy i gazu, a także w monitorowaniu mostów, wiaduktów, tuneli, zapór, nasypów, osuwisk i od niedawna również pali fundamentowych.

Ważnym atutem tej metody jest zapewnienie odczytów naprężeń na całej długości trzonu, a nie wyłącznie w kilku poziomach, jak to ma miejsce przy użyciu innych czujników. Ponadto odczyty można kontynuować cyklicznie w trakcie kolejnych faz wznoszenia budowli, a nawet w okresie eksploatacji np. nasypów drogowych.

### Próbne obciążenia nasypu drogowego

Przed przejazdem 300-tonowej turbiny gazowej i generatora (łącznie 750 ton) dla Elektrociepłowni Stalowa Wola, który miał się odbyć drogą wojewódzką nr 854 w miejscowości Wrzawy, wykonaliśmy nieskomplikowane i jednocześnie skuteczne badania nasypu stosem płyt drogowych, ze stabilizacją każdego stopnia obciążenia.

Transport podzespołów do elektrowni, która będzie produkować blisko 450 MW energii elektrycznej i 240 MW energii cieplnej, odbywał się drogą rzeczną – Wisłą i Sanem – i trwał prawie rok, zanim dotarł z Gdańska do miejscowości Wrzawy koło Sandomierza. Na miejscu okazało się, że 200-metrowy odcinek nasypu drogowego, stanowiący równocześnie wał przeciwpowodziowy rzeki San, jest zbyt nasiąknięty. Jego stateczność budziła wątpliwości i stwarzała zagrożenie dla przejazdu tak ciężkich elementów. Opinie geotechniczne, poparte badaniami gruntu, wskazywały na znikome rezerwy współczynników bezpieczeństwa.

Ponieważ w takich warunkach trudno byłoby zbudować stabilną bazę pomiarową, nasze rejestratory i indukcyjne czujniki przemieszczeń nie znalazły zastosowania. Szybko opracowaliśmy projekt próbnego obciążenia i zaprosiliśmy do współpracy firmę geodezyjną Geocompany, dysponującą niwelatorami precyzyjnymi o dokładności 0,01 mm. Pierwsze badanie przyniosło satysfakcjonujące wyniki, lecz skutek długotrwałych opadów deszczu na innym odcinku drogi pojawiły się nowe, niewielkie zarysowania konstrukcji jezdni. Konieczne było wykonanie w tym miejscu kolejnych badań, których wyniki

Fot. 4. Transport 300-tonowej turbiny gazowej i generatora Elektrociepłowni Stalowa Wola

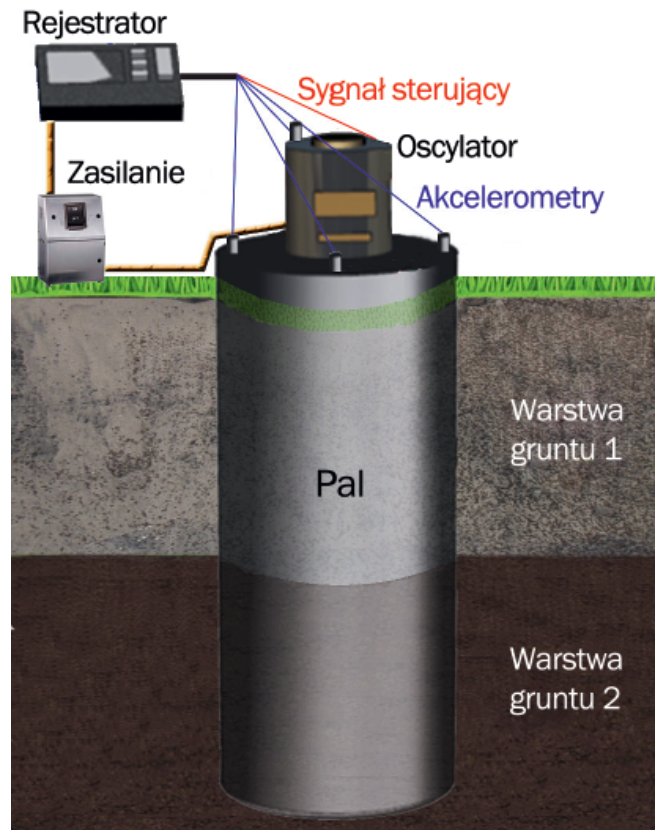
Fot. 5. Próbne obciążenie nasypu drogowego – wału przeciwpowodziowego





Fot. 6. Próbné obciążenie pali ukośnych

Rys. 5. Schemat systemu PileInspect



dały znowu pozytywne rezultaty i zielone światło dla przejazdu całego ładunku. Odbył się on już po 3 godzinach od zakończenia ostatniego badania.

### Próbné obciążenia pali ukośnych

Nietypowe i dość trudne technicznie obciążenia statyczne wielkośrednicowych pali  $\phi 1200$  mm o nachyleniu 15 stopni wykonaliśmy na zlecenie firmy Remost, generalnego wykonawcy kładki dla pieszych nad DK7 w Jaworniku. Kolejny raz udowodniliśmy, że nie boimy się wyzwiań, a trudne realizacje to nasza specjalność. Maksymalna siła w badaniu wynosiła prawie 4,1 MN, a jej przeniesienie zapewniły cztery ukośne pale kotwiące w układzie H. Badanie możliwe było dzięki temu, że zarówno pal próbny, jak i pale kotwiące, były nachylone w tym samym kierunku, podobnie jak pozostałe pale na podporze. Często zdarza się, że projekt pali ukośnych przewiduje wykonanie badań statycznych, ale nie daje możliwości użycia sąsiadujących pali jako kotwiących (o tym samym ukosie). Z uwagi na duże zginania, nie można używać pali kotwiących o innym kierunku nachylenia niż pal próbny. Mogłoby to doprowadzić do ich zniszczenia lub spękania otuliny zbrojenia. W tym przypadku projektant obiektu wziął pod uwagę nie tylko układ statyczny całej konstrukcji, ale umożliwił wykonanie badań najbardziej ekonomicznie uzasadnionych, bez konieczności użycia balastu.

### Projekt PileInspect



Piletest bierze udział w 3-letnim programie badawczym PileInspect, dotowanym z Komisji Europejskiej w ramach „7th Framework Programme”. Zadaniem programu ma być budowa nowego, wibroakustycznego urządzenia do badań pali wraz z oprzyrządowaniem i oprogramowaniem. W skład konsorcjum powołanego do przeprowadzenia programu wchodzi uczelnie, instytucje i firmy z kilku krajów Unii Europejskiej, w tym z Wielkiej Brytanii, Holandii, Hiszpanii, Węgier, Niemiec i Polski. Oprócz naszej firmy, są to: Deep Foundations Institute Europe, Asociacion Española de En-

sayos no Destructivos, GSP Gesellschaft für Schwingungsuntersuchungen und Dynamische Prüfmethode mbH, BMNED Bouwservice Management Nederland BV, Per Aarsleff UK LTD, Cranfield University, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -Prüfung, Brunel University, a koordynatorem jest Węgierskie Stowarzyszenie dla Badań Nieniszczących MAROVISZ.

Celem projektu jest stworzenie nowego, nieniszczącego systemu badań pali. W ramach przedsięwzięcia powstanie oscylator o regulowanej, zmiennej częstotliwości, który będzie miał za zadanie wzbudzenie rezonansu i wywołanie drgań swobodnych pala w kierunku jego osi. Reakcję pala będą rejestrowały 4 akcelerometry zamocowane w jego głowicy.

Dzięki badaniom będzie można stwierdzić, czy istnieją istotne defekty w palu. W odróżnieniu od standardowego badania ciągłości metodą Sonic Echo, ta metoda będzie wykorzystywała znacznie więcej energii. Badanie będzie trwało kilka bądź kilkanaście sekund. Oscylator ma zapewnić równomierne, powtarzalne i odpowiednio dostosowane spektra wzbudzeń trzonu pala, co powinno znacznie poprawić dokładność oceny i cechy diagnostyczne. Opracowana zostanie innowacyjna metoda obróbki sygnału, bazująca na analizie częstotliwościowej, sformułowanej dla sygnałów niestacjonarnych. Nowy system nie zastąpi sprawdzonych do tej pory metod, lecz rozszerzy możliwości badań pali.

Oprócz wykonywania standardowych badań, nasza firma czynnie angażuje się w propagowanie nowych technik badawczych. Doświadczenie, ścisła specjalizacja, niezależność od firm wykonawczych, doświadczony personel i nowoczesny sprzęt, jak również szeroka współpraca z jednostkami naukowo-badawczymi oraz dostawcami sprzętu, oprogramowania a także specjalistycznych usług, pozwala nam sprostać najbardziej nieszablonowym i niespodziewanym zamówieniom, których realizacja nie rzutuje na nasze bieżące zadania. ■