

Abstract

The thesis concentrates on comprehensive theoretical, numerical and experimental analysis of guided wave propagation in bars embedded in concrete or mortar. The investigations are focused on a particular type of objects representing a laboratory model of a ground anchor. Complex description of wave propagation phenomena in partially embedded bars is given and its application in detection of various types of defects is analysed.

The first part of thesis is focused on dispersive relations describing multimode wave propagation in free and multilayered bars of circular cross-section. Analytical solution in the form of dispersion curves is an important element of the analyses presented in the subsequent parts of the work regarding wave propagation in undamaged specimens, specimens with debonding and specimens with localized and surface damages.

Experimental and numerical analysis of wave propagation in undamaged anchors with variable bonding lengths allowed to derive relations enabling estimation of major geometric parameters on the basis of time-domain signals. Next, the influence of debonding length and its location on the wave propagation phenomena was described. The research carried out in the further part of the work proved the possibility of using guided waves for detection of relatively small-size debonding, as well as corrosion and point damage located in both embedded and free parts. The last stage of non-destructive testing concerned the wave propagation in a real drill-hollow bar commonly used for execution of geotechnical facilities. The influence of couplers connecting individual bars on the wave attenuation was analysed. Additionally, drill-hollow bar was used for real small-scale anchor performed in the ground. The possibility of guided wave application in the monitoring of the hardening process of cement mortar forming anchor body was demonstrated. Comparison of the results for anchor placed in the ground and the anchor after excavation allowed to determine the surrounding ground medium impact on the registered time signals.

Finally, the most important conclusions of the conducted research and future plans were pointed out.

Streszczenie

Praca zawiera analizę teoretyczną, numeryczną oraz eksperymentalną propagacji fal prowadzonych w prętach osadzonych w materiale kompozytowym typu beton lub zaprawa. Głównym obiektem badań był model laboratoryjny kotwy gruntowej. Przedstawiono szczegółowy opis zjawiska propagacji fali w prętach częściowo osadzonych oraz przeanalizowano możliwość jego wykorzystania w detekcji różnych typów uszkodzeń.

W pierwszej części pracy przedstawione zostały rozwiązania dyspersyjne opisujące wielomodową propagację fali w prętach jedno- i wielowarstwowych o kołowym przekroju poprzecznym. Rozwiązanie analityczne w postaci krzywych dyspersji stanowiło ważny element analiz przedstawionych w kolejnych częściach pracy, dotyczących propagacji fali w kotwach nieuszkodzonych, kotwach z uszkodzeniami w postaci rozwarstwienia, a także uszkodzeniami punktowymi i powierzchniowymi.

Badania eksperymentalne oraz obliczenia numeryczne dotyczące propagacji fal prowadzonych w nieuszkodzonych kotwach o zmiennej długości otulenia pozwoliły na opracowanie zależności umożliwiających określenie podstawowych parametrów geometrycznych kotwy na podstawie sygnałów czasowych. Następnie opisano wpływ długości oraz położenia uszkodzenia w postaci rozwarstwienia na zjawisko propagacji fali. Badania przeprowadzone w dalszej części pracy wykazały możliwość wykorzystania fal prowadzonych do wykrywania rozwarstwień o relatywnie niewielkim rozmiarze, a także uszkodzeń korozyjnych oraz punktowych położonych, zarówno w części otulonej jak i swobodnej. Ostatni etap badań nieniszczących dotyczył propagacji fali w rzeczywistej żerdzi powszechnie wykorzystywanej podczas wykonywania obiektów geotechnicznych. Przeanalizowany został wpływ elementów łączących pojedyncze żerdzie na tłumienie fali. Stalowa żerdź posłużyła ponadto do wykonania w gruncie rzeczywistej kotwy w małej skali. Wykazano możliwość wykorzystania fal w monitoringu twardnienia zaprawy cementowej formującej buławę kotwy. Porównanie wyników kotwy umieszczonej w gruncie oraz kotwy po wykopaniu pozwoliło na określenie wpływu obecności ośrodka gruntowego na rejestrowane sygnały czasowe propagującej fali.

W podsumowaniu przedstawiono najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań oraz przyszłe plany dotyczące dalszych prac naukowych.