



Pietrucha
Rok założenia 1960



oferta@pietrucha.pl

+48 513 094 015

www.pietrucha.pl

Oferta Monitorowania Naprężeń w Konstrukcjach Budowlanych za pomocą Czujników Światłowodowych

Wprowadzenie

Współczesne budownictwo wymaga innowacyjnych rozwiązań, które zapewniają najwyższą dokładność i szybkość pomiaru naprężeń w konstrukcjach. Dynamiczny rozwój technologii czujników światłowodowych otwiera nowe możliwości w monitorowaniu stanu technicznego różnorodnych struktur budowlanych, szczególnie w zakresie grodzic winylowych i hybrydowych.

Nasza Technologia

Firma oferuje zaawansowaną technologię monitorowania naprężeń, opartą na integracji czujników światłowodowych z grodzicami. Nasze rozwiązanie zapewnia:

| Precyzyjność i Szybkość Pomiaru | Minimalne Ryzyko Uszkodzeń | Bezpieczeństwo Strukturalne |
|---|---|---|
| Czujniki światłowodowe umożliwiają dokładne i szybkie odczyty naprężeń na całej długości grodzicy, co pozwala na bieżące monitorowanie stanu konstrukcji. | Dzięki innowacyjnemu sposobowi montażu, czujniki są powierzchniowo zintegrowane z grodzicą, co minimalizuje ryzyko ich uszkodzenia podczas instalacji i eksploatacji. | Nasza metoda integracji czujników nie ingeruje w strukturę grodzicy, zachowując jej integralność i wytrzymałość mechaniczną. Dzięki temu, grodzice zachowują swoje właściwości konstrukcyjne, jednocześnie zyskując dodatkową funkcjonalność monitorowania. |

Zastosowanie

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
| Technologia monitorowania naprężeń za pomocą czujników światłowodowych może być wykorzystywana w różnych konstrukcjach budowlanych, takich jak: | Wały przeciwpowodziowe | Monitorowanie stanu i stabilności wałów, co pozwala na szybkie reagowanie na potencjalne zagrożenia. |
| | Wodoszczelne tamy (koferdamy) | Kontrola integralności tam, co zapewnia bezpieczeństwo i niezawodność konstrukcji. |
| | Ściany oporowe | Pomiar naprężeń w ścianach oporowych, co pomaga w utrzymaniu ich stabilności. |
| | Skarpy | Monitorowanie skarp pod kątem osuwisk i erozji, co zwiększa bezpieczeństwo terenów budowlanych lub terenów zagrożonych utratą stateczności skarp. |
| | Osuwiska ziemi | Wczesne wykrywanie ruchów ziemi, co pozwala na zapobieganie katastrofom. |
| | Inne konstrukcje | Możliwość adaptacji technologii do różnych innych zastosowań w budownictwie i inżynierii lądowej. |

Podstawy teoretyczne

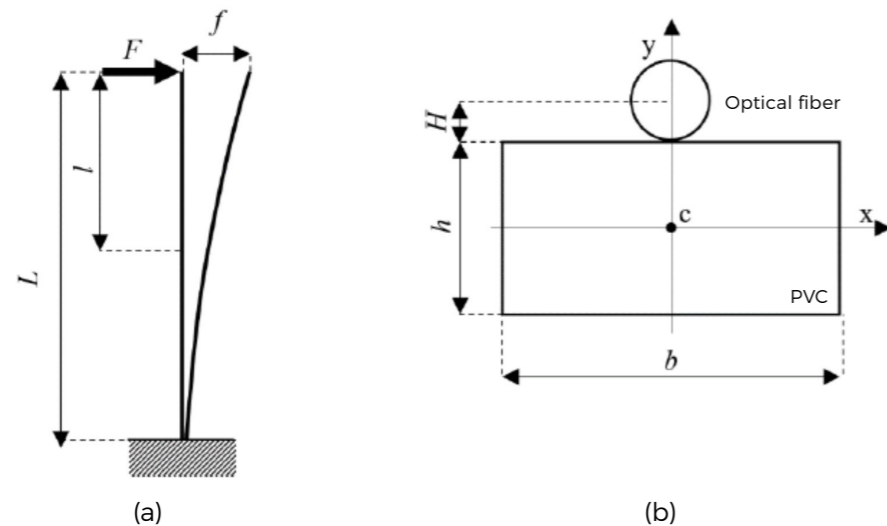
Znajomość zależności konstrukcyjno-mechanicznych ściany oporowej pozwala na wyznaczenie wielkości jej strzałki ugięcia f na podstawie pomiaru wartości naprężenia σ występującego na niej. Z kolei pomiędzy naprężeniem σ , a odkształceniem ε istnieje proporcjonalna zależność zgodnie z którą:

$$\sigma = E\varepsilon$$

gdzie E - moduł Young'a materiału z którego wykonana jest grodzica.

System pomiarowy, dzięki wykorzystaniu włókien światłowodowych pozwala na pomiar wielkości względnego wydłużenia się (odkształcenia) światłowodów. Możliwe jest obliczenie wartości naprężenia badanej konstrukcji, przy znajomości jej modułu Young'a.

W celu odczytów odkształceń ze zintegrowanego światłowodu z powierzchnią PCW a wywołaną wielkością odchylenia f , w ramach testów laboratoryjnych wykorzystano fragment elementu konstrukcyjnego ścian oporowych PCW, co potwierdziło słuszność zakładanej koncepcji monitorowania naprężeń.



Schemat metody ugięcia profilu (a), oraz przekrój poprzeczny profilu (b).

Komponenty Systemu

1. Reflektometr optyczny BOTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometer)

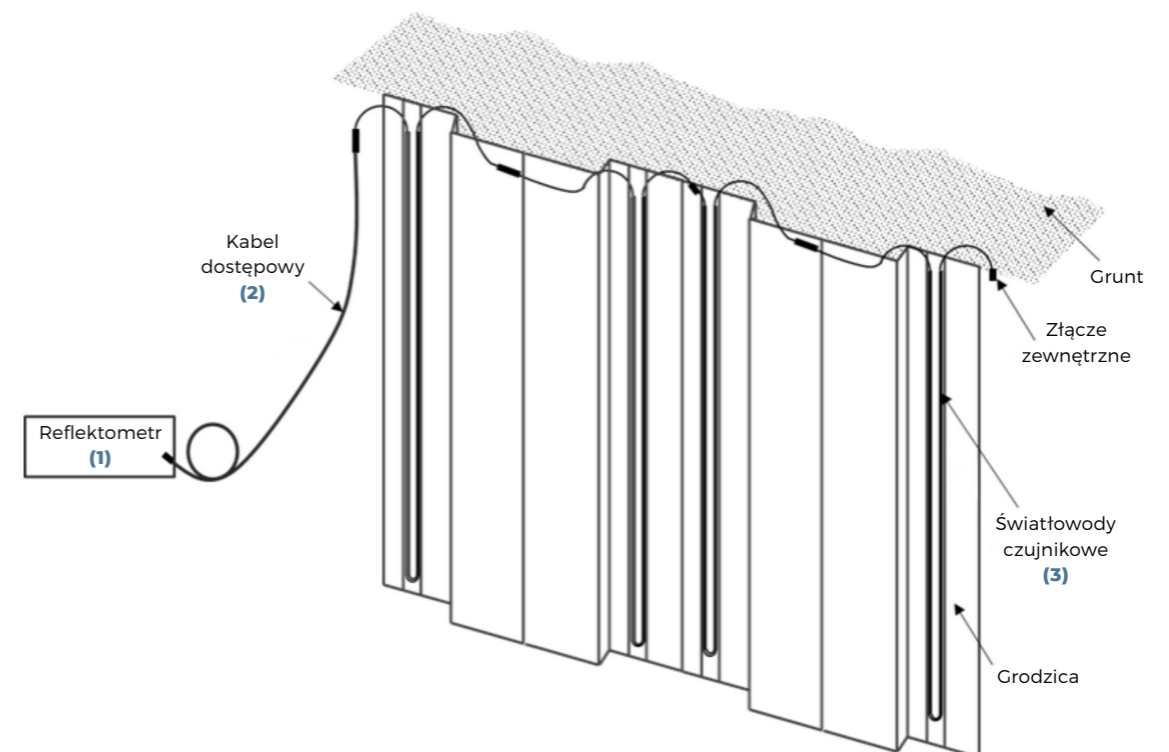
- Urządzenie podłączone jednostronnie do toru światłowodowego.
- Umożliwia monitorowanie zmian odkształcenia i temperatury na całej długości światłowodu.
- Zapewnia określoną rozdzielczość przestrzenną.

2. Światłowodowy kabel dostępowy

- Długość kabla może wynosić do kilkudziesięciu kilometrów ze względu na niewielką tłumienność światłowodów.
- Możliwe typy kabli:
 - **ADSS (All Dielectrical Self Supporting)**: do instalacji nastupowej.
 - **DAC (Direct Access Cable)**: do bezpośredniego układania w ziemi bez dodatkowych instalacji kanałowych.

3. Zintegrowane z grodzicami czujniki światłowodowe

- Montaż czujników na powierzchni grodzicy PCW.
- Luźny zapas światłowodu dla realizacji połączeń stałych lub rozłącznych z kolejnymi sekcjami czujnikowymi.
- Możliwość szeregowego łączenia kolejnych sekcji dzięki U-kształtnym zawinięciom światłowodu w dolnej części grodzicy.



Połączenia i Instalacja

- **Połączenia kabli:**
 - Spawy światłowodowe.
 - Złącza umożliwiające rekonfigurację połączenia.
- **Instalacja czujników:**
 - Weryfikacja ciągłości światłowodów czujnikowych możliwa na każdym etapie realizacji, dzięki pomiarom z użyciem reflektometru światłowodowego.
 - Przeprowadzenie pomiaru referencyjnego po montażu grodzic w docelowej lokalizacji.

Know-How

Opracowany przez nas czujnik światłowodowy do pomiaru odkształceń jest przeznaczony do monitoringu strukturalnego grodzic poliwinylowych (PCW).

Zalety Systemu

| Długość pomiarowa | Elastyczność montażu | Wszechstronność instalacji |
|--|---|---|
| System umożliwia monitorowanie na odcinkach do kilkudziesięciu kilometrów, co pozwala na kompleksowe badanie dużych konstrukcji. | Dzięki zastosowaniu połączeń rozłącznych oraz pozostawieniu luźnego zapasu światłowodów, montaż czujników jest prosty i szybki. | Urządzenie pomiarowe może być oddalone od docelowej lokalizacji grodzic dzięki możliwości wykorzystania światłowodu dostępowego, który to może być prowadzony następowo lub bezpośrednio w ziemi. |

Przeprowadzone Testy

Laboratoryjne Testy Systemu Monitorowania Naprężeń:

- **Test zginania na maszynie wytrzymałościowej:** Sprawdzenie koncepcji integracji czujników światłowodowych z grodzicami PCW. Test ten potwierdził, że czujniki mogą być skutecznie zintegrowane z grodzicami bez wpływu na ich wytrzymałość.
- **Badania elastyczności podczas zginania czteropunktowego:** Testowanie par grodzic o długości 4 metrów w celu oceny ich zachowania pod wpływem obciążenia. Badania wykazały, że grodzice zachowują swoje właściwości mechaniczne, jednocześnie dostarczając precyzyjnych danych z czujników światłowodowych.
- **Pomiar przemieszczenia i odkształcenia maksymalnego:** Wykorzystanie trakera laserowego oraz enkodera liniowego do porównawczego pomiaru przemieszczeń i odkształceń maksymalnych. Wyniki potwierdziły wysoką dokładność i niezawodność naszego systemu monitorowania.

Terenowe Testy Systemu Monitorowania Naprężeń

Badania terenowe:

Pełna integracja: Czujniki światłowodowe zostały zintegrowane z 6 grodzicami PCW w ścianie oporowej o wysokości 3 metrów. Naprężenia w konstrukcji zostały wprowadzone poprzez odkopanie ściany oraz dodatkowe obciążenie od strony naziomu za pomocą płyt betonowych o masie 25 ton.

Walidacja pomiarów: W celu walidacji wyników, przy ścianie oporowej zamontowano inklinometry umieszczone w gruncie, które pozwalały na porównanie wyników z pomiarami z czujników światłowodowych.



Zdjęcia z testów terenowych ściany oporowej utworzonej z grodzic ze zintegrowanymi czujnikami światłowodowymi.



Wyniki Testów

- **Detekcja odkształceń:** Czujniki światłowodowe wykryły odkształcenia od pierwszego punktu pomiarowego, związane z wykopem na głębokość 1 m.
- **Największe odkształcenia:** Obserwowane zgodnie z założeniami w środkowej części ściany oporowej.
- **Analiza naprężeń:** Obserwacja naprężeń ściskających (poniżej poziomu wykopu) i rozciągających (w odstąpiętej części ściany).

Wnioski z Pomiarów

- **Dokładność lokalizacji naprężeń:** Dzięki metodzie rozpraszania Brillouina można określić miejsce maksymalnych naprężeń z dokładnością do 0,5 m.

Zalety Czujników Światłowodowych

- **Dokładność odwzorowania naprężeń:** Możliwość dokładnego odwzorowania zachowania się ściany oporowej pod kątem obecności naprężeń.
- **Komplementarność metod:** Pomiar inklinometryczny lepiej odzwierciedla rzeczywiste odchylenie, podczas gdy czujniki światłowodowe lepiej odwzorowują naprężenia jakie występują na samej konstrukcji.

Istota Innowacyjności Proponowanego Rozwiązania

Innowacyjne Funkcjonalności

1. **Światłowodowy Monitoring Strukturalny:** Integracja czujnika światłowodowego z grodzicami PCW umożliwia precyzyjne monitorowanie odkształceń strukturalnych ścian oporowych.
2. **Powierzchniowa Integracja:** Umożliwia bezpośredni odczyt odkształceń oraz obliczenie naprężeń i strzałki ugięcia (odchylenia ściany od pionu).

Zalety Systemu Monitorowania Naprężeń

- 1. Wykrywalność odkształceń:**
Czujniki światłowodowe wykrywają odkształcenia już od pierwszego punktu pomiarowego.
- 2. Dokładność lokalizacji naprężeń:**
Dzięki metodzie rozpraszania Brillouina możliwe jest precyzyjne określenie miejsca występowania maksymalnych naprężeń z dokładnością do 0,5 metra.
- 3. Elastyczność montażu:**
Zastosowanie czujników zakończonych złączami oraz kilkumetrowego luźnego zapasu światłowodów ułatwia instalację i prostą konfigurację pomiędzy kolejnymi grodzicami.
- 4. Długość pomiarowa:**
Możliwość monitorowania na odcinkach do kilkudziesięciu kilometrów dzięki niewielkiej tłumienności światłowodów.
- 5. Wszechstronność instalacji:**
Urządzenie pomiarowe może być oddalone od docelowej lokalizacji grodzic z czujnikami dzięki kablom dostępowym prowadzonym następowo (kabel ADSS) bądź bezpośrednio w gruncie (kabel DAC).
- 6. Zbieżność wyników:**
Uzyskane wyniki metodami światłowodowymi są zbieżne i porównywalne z wynikami pomiarów inklinometrycznych.
- 7. Komplementarność metod:**
Możliwość komplementarnego wykorzystania czujników światłowodowych i inklinometru dla pełniejszego obrazu naprężeń i odchylenia.
- 8. Rozłożone odczyty:**
Czujniki światłowodowe pozwalają na ciągłe odczyty wartości odkształceń na całej długości światłowodu, w przeciwieństwie do punktowych odczytów oferowanych przez czujniki elektryczne.
- 9. Bez ingerencji w strukturę grodzicy:**
Integracja czujników nie wymaga modyfikacji wewnętrznej struktury grodzicy, co ułatwia wdrożenie.
- 10. Skalowalność Systemu:**
System monitorowania może być skalowany w zależności od potrzeb projektu, co pozwala na jego zastosowanie zarówno w małych, jak i dużych inwestycjach budowlanych.
- 11. Zdalne Monitorowanie:**
Możliwość zdalnego monitorowania stanu technicznego konstrukcji przez Internet, co ułatwia zarządzanie i szybkie reagowanie na ewentualne problemy.
- 12. Długa Żywotność Czujników:**
Czujniki światłowodowe cechują się długą żywotnością i niskimi wymaganiami konserwacyjnymi, co obniża koszty eksploatacyjne.
- 13. Środowiskowa Odporność:**
Czujniki są odporne na trudne warunki środowiskowe, w tym wysoką wilgotność, skrajne temperatury i działanie substancji chemicznych, co sprawia, że są idealne do zastosowań w różnych klimatach i warunkach przemysłowych.

Koszty i Efektywność

- 1. Korzyści finansowe:** Systemy z czujnikami światłowodowymi są bardziej opłacalne w porównaniu do kosztów usuwania skutków katastrof.
- 2. Standardowe Komponenty:** Wykorzystanie dostępnych na rynku standardowych, jednomodowych włókien światłowodowych.

Obszary Aplikacji

- 1. Wały przeciwpowodziowe:** Monitoring i utrzymanie stabilności wałów.
- 2. Wodoszczelne tamy (koferdamy):** Zabezpieczenia przed przenikaniem wody.
- 3. Zabezpieczenia dla osuwającej się ziemi:** Stabilizacja terenów zagrożonych osuwiskami.
- 4. Ściany oporowe:** Precyzyjne monitorowanie i ocena stanu technicznego.
- 5. Inne konstrukcje budowlane:** Wszelkie inne konstrukcje wymagające monitorowania naprężeń i odkształceń.

Dostosowanie Oferty

Jesteśmy w stanie dostosować naszą ofertę do indywidualnych potrzeb klienta. Dzięki opracowaniu metody instalacji grodzic z czujnikami i szerokiemu zakresowi zastosowań, nasze rozwiązania mogą być optymalnie dopasowane do specyficznych wymagań każdego projektu. Zapraszamy do kontaktu, aby omówić szczegóły i opracować najbardziej efektywne podejście do Państwa potrzeb.



Zapraszamy do kontaktu!

www.pietrucha.pl
oferta@pietrucha.pl
+48 513 094 015

