

Inauguracja Roku Akademickiego 2014/2015

Wykład inauguracyjny

Zastosowania materiałów i konstrukcji inteligentnych w inżynierii lądowej

Civil engineering applications of smart materials
and structures

Artur Zbiciak

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Inżynierii Lądowej

Instytut Dróg i Mostów



Zakres wykładu

Materiały i konstrukcje „inteligentne” w zagadnieniach redukcji drgań.

Właściwości materiałów „inteligentnych”

- ciecze magneto- i elektro-reologiczne
- materiały z pamięcią kształtu

Przykłady zastosowań (realizacje) opisane w literaturze

Wybrane wyniki badań prowadzonych w IDiM przy współpracy z innymi jednostkami PW



Wprowadzenie

Projektowanie z uwzględnieniem obciążeń dynamicznych – lekkie i smukłe konstrukcje wrażliwe na drgania

Skutki nadmiernych drgań:

- uciążliwość dla ludzi przebywających w budynkach
- uniemożliwienie właściwej pracy urządzeń znajdujących się w budynku.
- zagrożenie bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji (budynku, mostu, maszty itd.)



Metody projektowania konstrukcji

1. Metoda stanów granicznych (SGN i SGU) – konstrukcje budowlane i inżynierskie
2. Metoda wytrzymałości zmęczeniowej – nawierzchnie drogowe

Efekt: Zaprojektowana konstrukcja charakteryzuje się stałymi parametrami wytrzymałościowymi i dyssypacyjnymi – nie jest możliwe sterowanie jej parametrami w odpowiedzi na zmienne obciążenia dynamiczne.

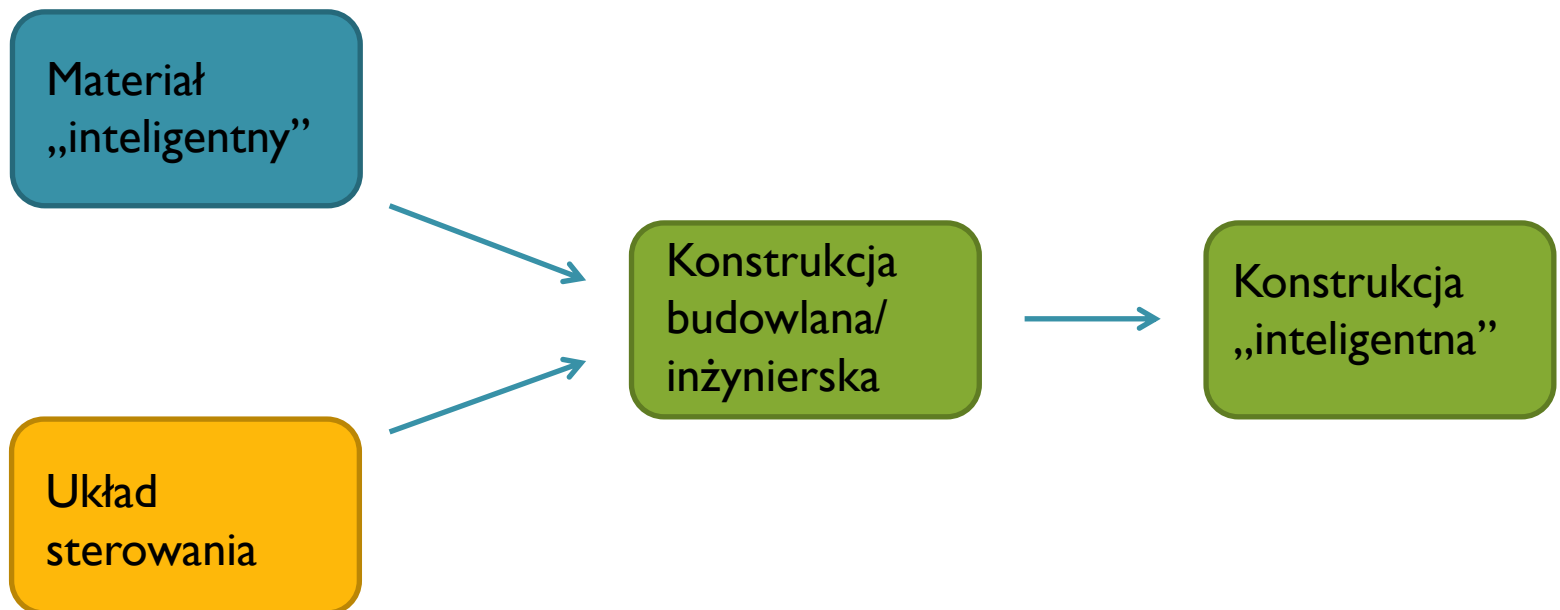
Idea projektowania „konstrukcji inteligentnych”
(o sterowanych właściwościach)



Materiały i konstrukcje „inteligentne”

Materiały o sterowanych właściwościach fizycznych
smart materials, functional materials

Zmieniają właściwości fizyczne pod wpływem określonych czynników zewnętrznych (temperatura, naprężenie, pole elektryczne bądź magnetyczne ...)



Główne obszary zastosowań materiałów i konstrukcji inteligentnych

Obiekty narażone na obciążenia sejsmiczne i parasejsmiczne

Wysokie budynki, mosty i maszty wrażliwe na działanie wiatru

Budynki i obiekty infrastruktury w obszarze gęstej zabudowy miejskiej – drgania od środków komunikacji (wpływ na konstrukcję i ludzi)



Systemy redukcji drgań

- **Systemy pasywne** (bierne) – nie wymagają zasilania z zewnętrznego źródła energii, np. obiekty z tłumikami masowymi, tarciovymi bądź wiskotycznymi (stałe wartości parametrów).
- **Systemy aktywne** (układy automatycznej regulacji) – wymagają zasilania z zewnętrznego źródła energii o dużej mocy. Siła regulacji jest obliczana na podstawie stanu dynamicznego obiektu i dostarczana przy użyciu siłowników hydraulicznych.
- **Systemy półaktywne** – nie wymagają zasilania z zewnętrznego źródła energii o dużej mocy (wystarczy akumulator lub bateria). Parametry można zmieniać w czasie.



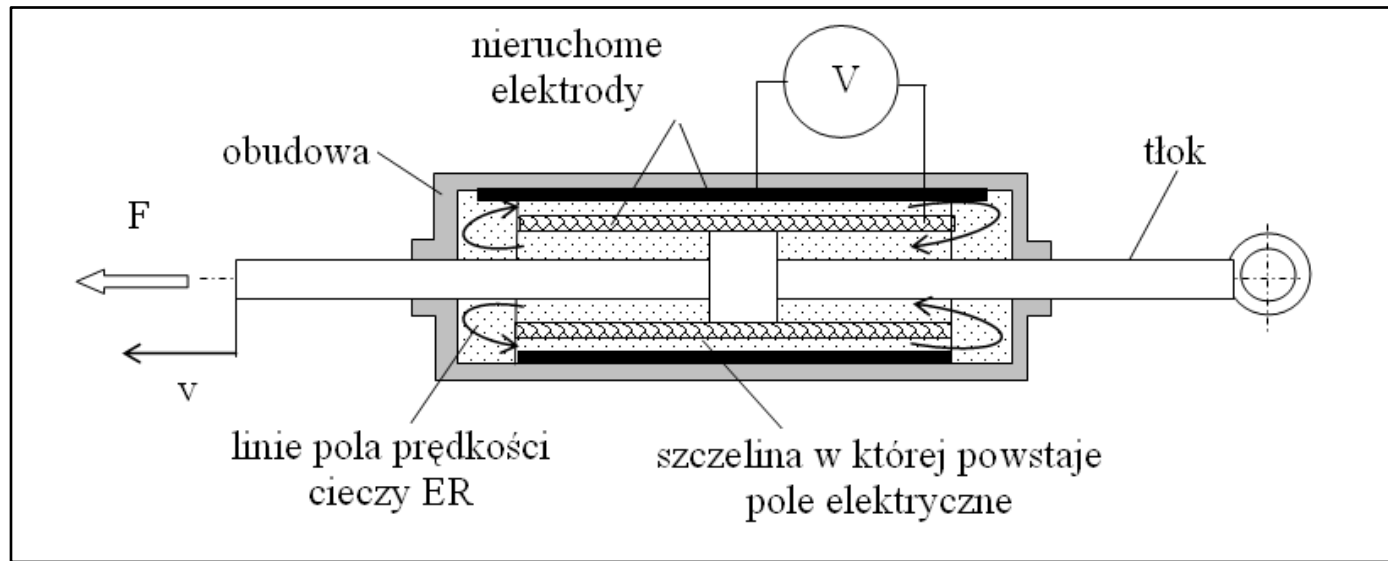
Ciecze magneto- i elektro-reologiczne

Zmieniają gęstość (właściwości reologiczne) pod wpływem pola magnetycznego lub elektrostatycznego.

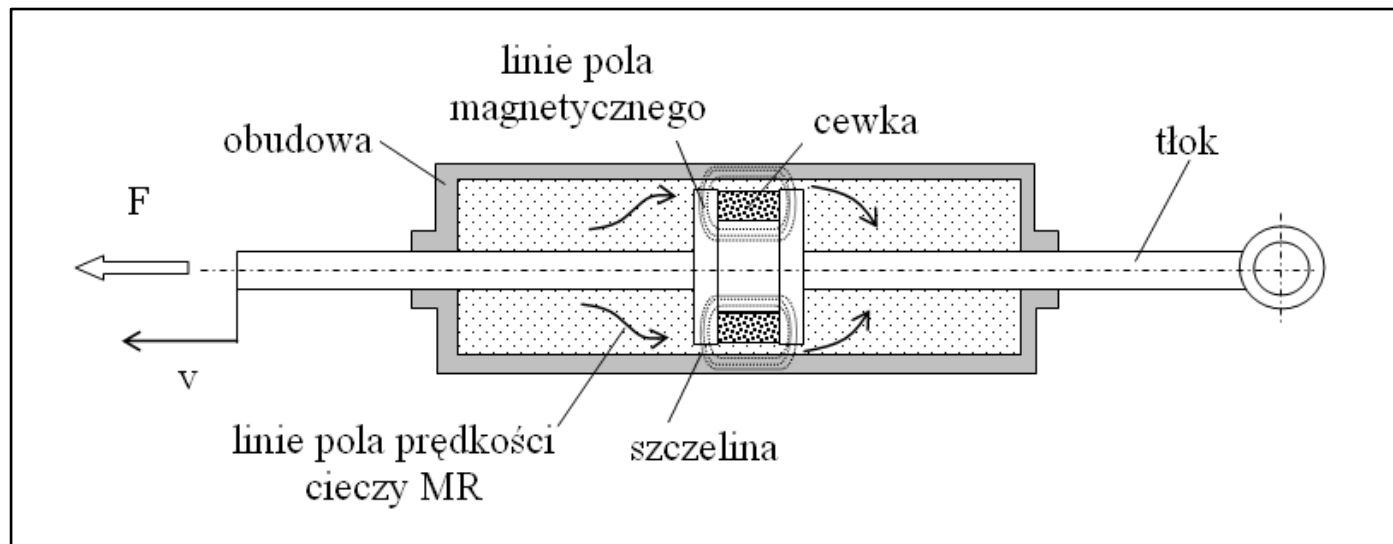
Zmiany te są odwracalne i natychmiastowe (zachodzą w czasie kilku milisekund)

Zastosowania: tłumiki magneto-reologiczne (MR) i elektro-reologiczne (ER)





Schemat tłumika ER (Grzesikiewicz, Zbiciak, 2010)



Schemat tłumika MR (Grzesikiewicz, Zbiciak, 2010)

Zastosowania tłumików MR i ER w systemach półaktywnej redukcji drgań

National Museum of Emerging
Science and Innovation

Tokyo, 2001



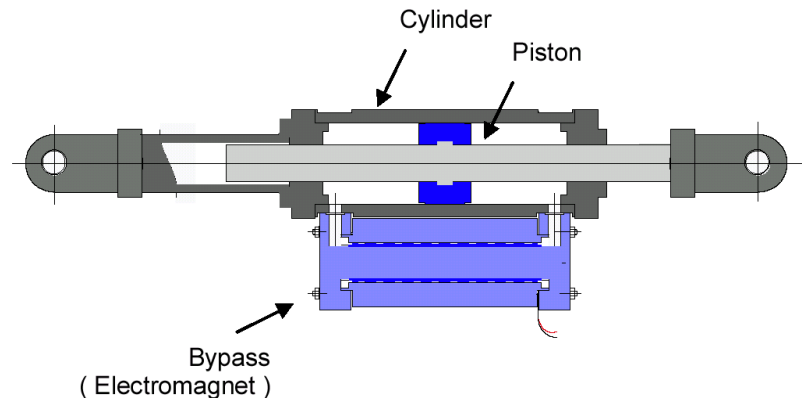
Two 30-ton, MR Fluid dampers
built by Sanwa Tekki are
installed between 3rd and 5th
floors



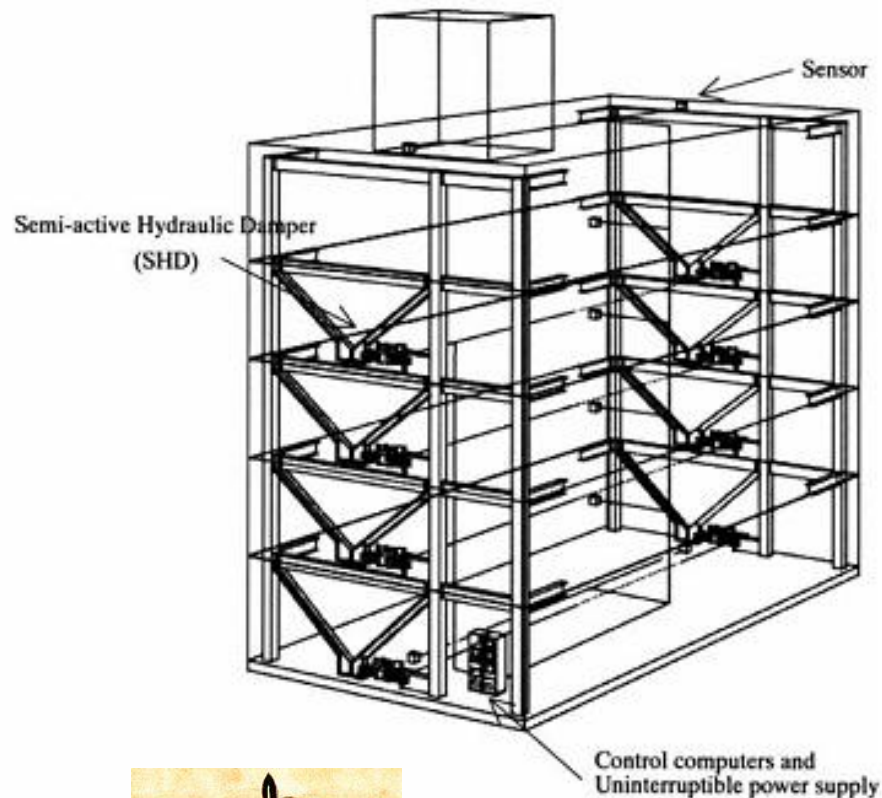
Zastosowania tłumików MR i ER w systemach półaktywnej redukcji drgań (cd.)



- Bypass Design
- 7 liters of MR fluid
- Building Research Institute
- Sanwa Tekki Corporation



Zastosowania tłumików MR i ER w systemach półaktywnej redukcji drgań (cd.)



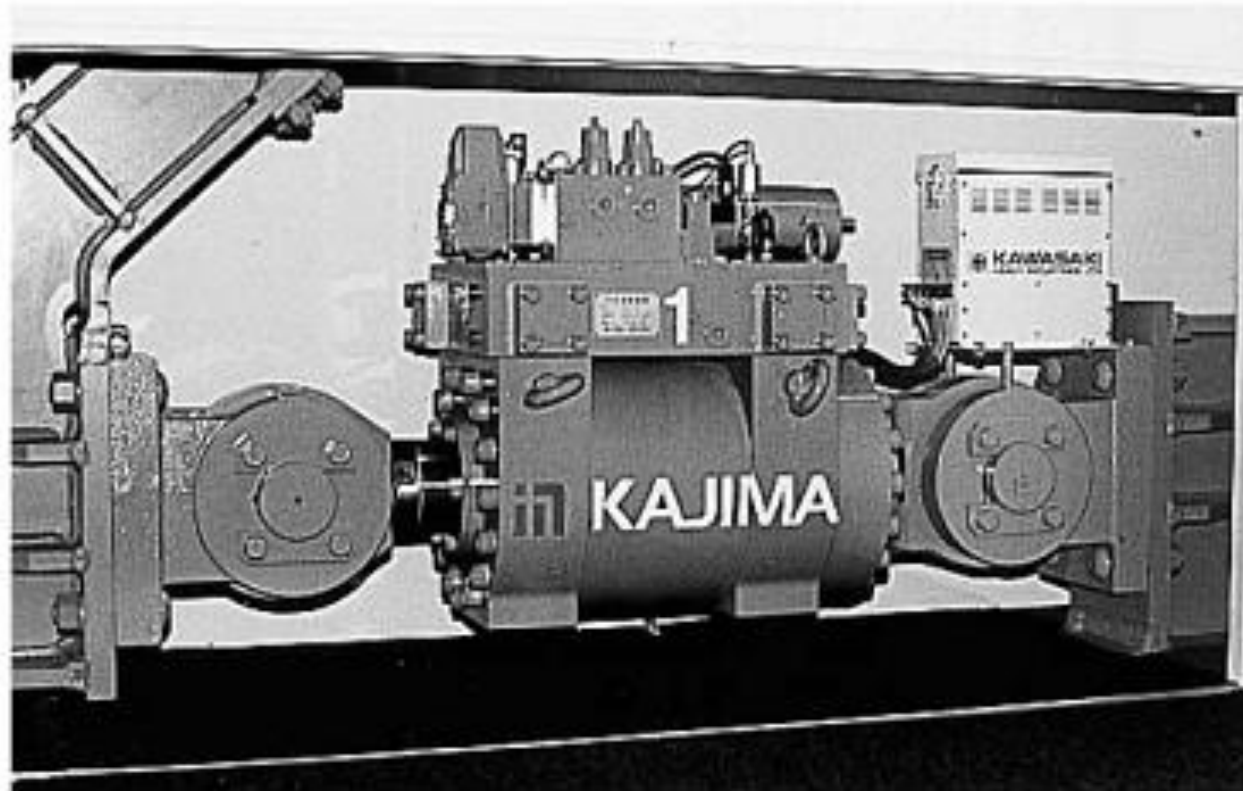
Półaktywny system redukcji drgań budynku, Kajima Shizuoka, Japonia



*Tokugawa Iyeyasu
1543-1616*



Zastosowania tłumików MR i ER w systemach półaktywnej redukcji drgań (cd.)



**Półaktywny system redukcji drgań budynku,
Kajima Shizuoka, Japonia**



Zastosowania tłumików MR i ER w systemach półaktywnej redukcji drgań (cd.)

Control of wind/rain induced cable galloping

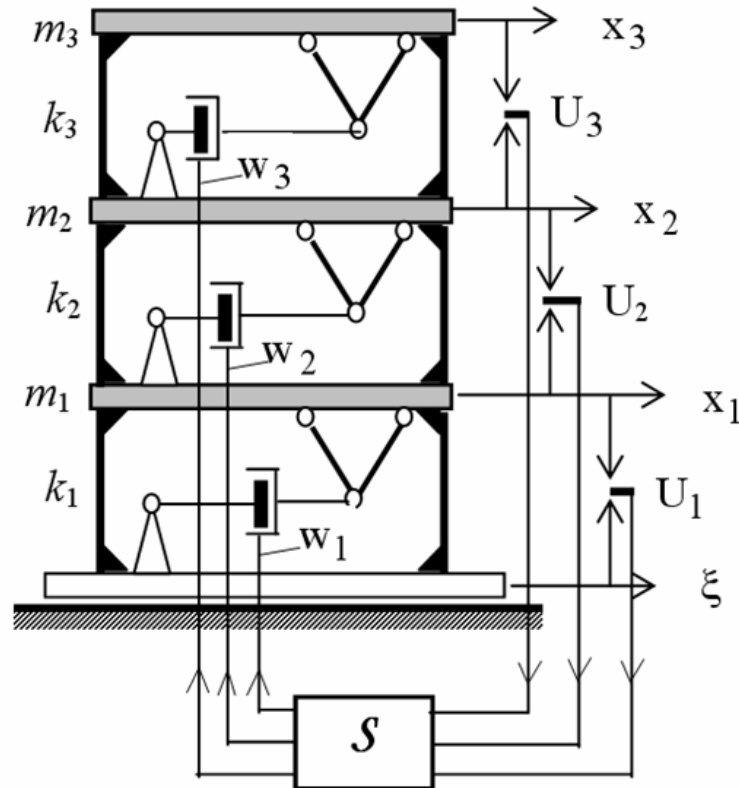


**Dong Ting Lake Bridge
Hunan Province, PRC**



Symulacje komputerowe:

model matematyczny budynku + algorytm optymalnego wyboru sił w tłumikach + równania opisujące przepływ sygnałów sterujących

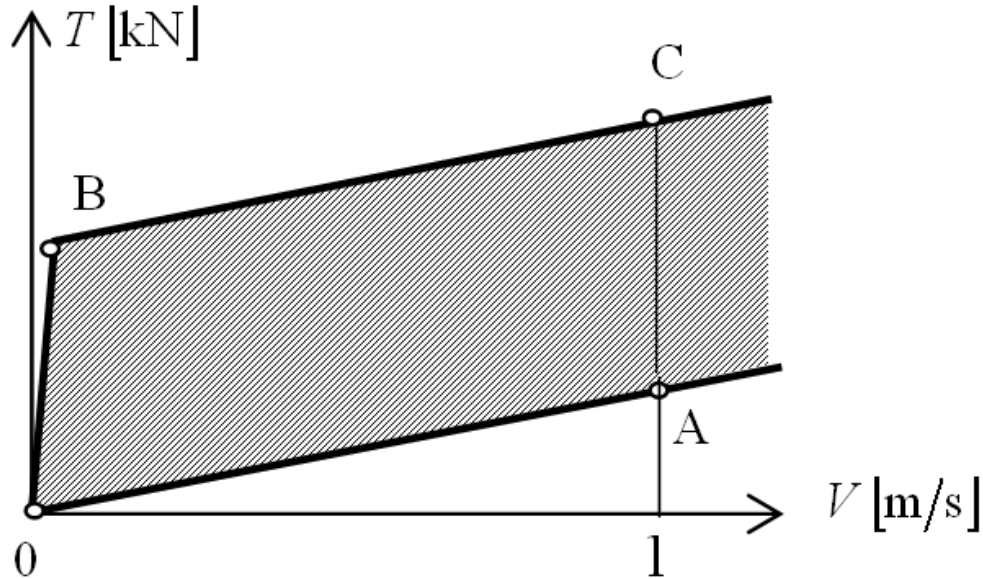


Model budynku ze sterowanymi tłumikami MR.

U_1, U_2, U_3 – czujniki wzajemnych przemieszczeń kondygnacji; S – układ przetwarzający sygnały; w_1, w_2, w_3 – sygnały sterujące tłumikami



Charakterystyka tłumika MR



A [1 m/s, 12.65 kN]

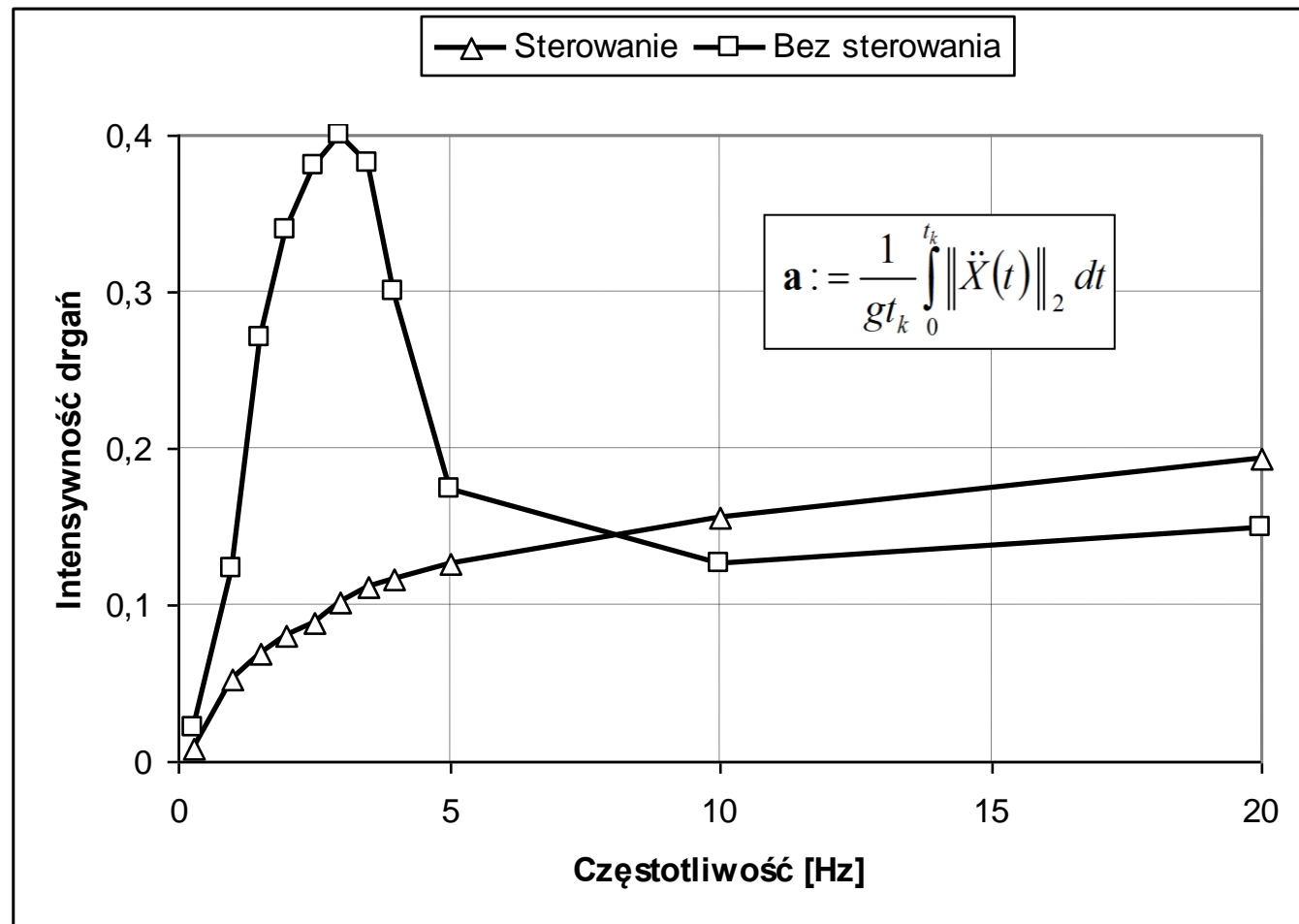
B [0.0025 m/s, 30 kN]

C [1 m/s, 42.65 kN]

Wykres charakterystyki sterowanego tłumika przyjętego do badań symulacyjnych oraz współrzędne punktów charakterystyki.



Ocena intensywności drgań (obiekt 10-kondygnacyjny)



(Grzesikiewicz, Zbiciak, 2010)

Materiały z pamięcią kształtu (Shape Memory Alloys, SMAs)

Efekt pamięci kształtu (indukowany termicznie)

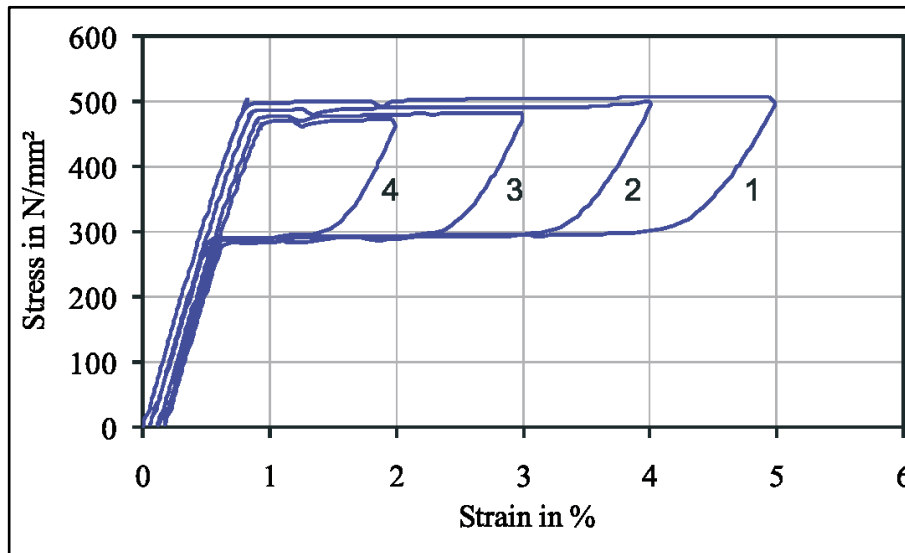
Efekt pseudosprężystości (indukowany mechanicznie)
– zdolność do przenoszenia znacznych odkształceń o charakterze odwracalnym (max do 10%).

Przemiana martenzytyczna – przemiana fazowa zachodząca w ciałach stałych, podczas której atomy sieci krystalicznej przemieszczają się w sposób skoordynowany.



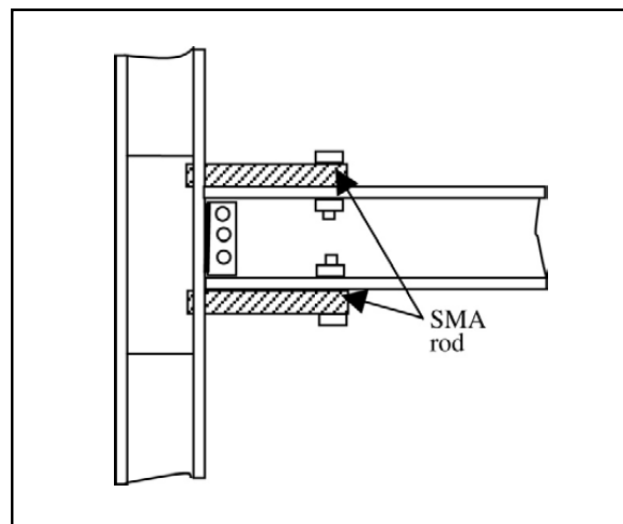
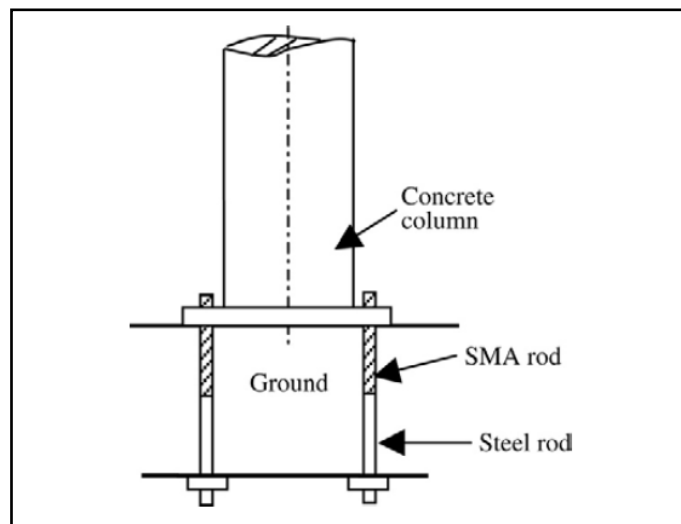
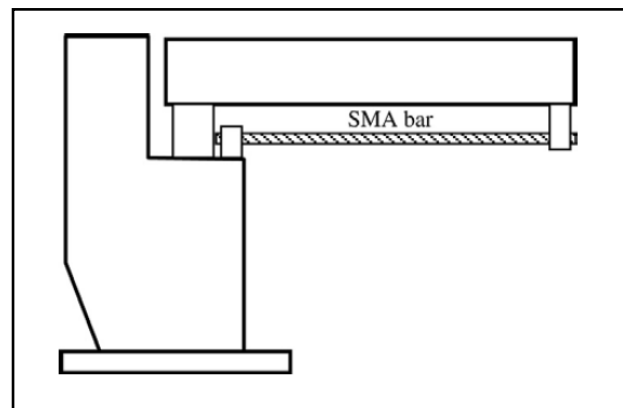
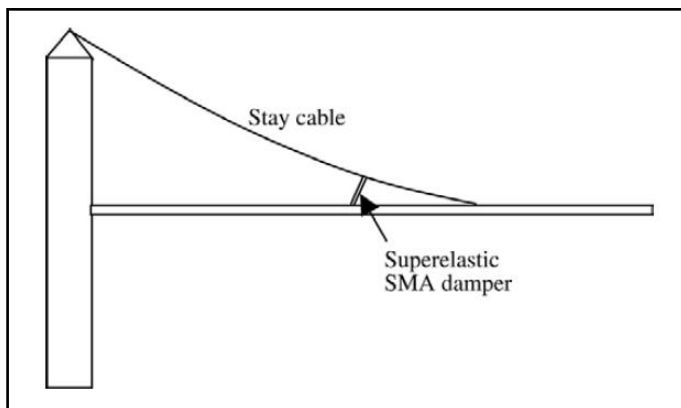
Charakterystyka materiałów SMA

- Zdolność do przenoszenia (utrzymywania) stałej wartości naprężeń
- Brak trwałych odkształceń po odciążeniu
- Dyssypacja (rozpraszanie) energii



Pętle histerezy prętów SMA (nitinol) w stałej temperaturze (Lammering, Schmidt, 2001).

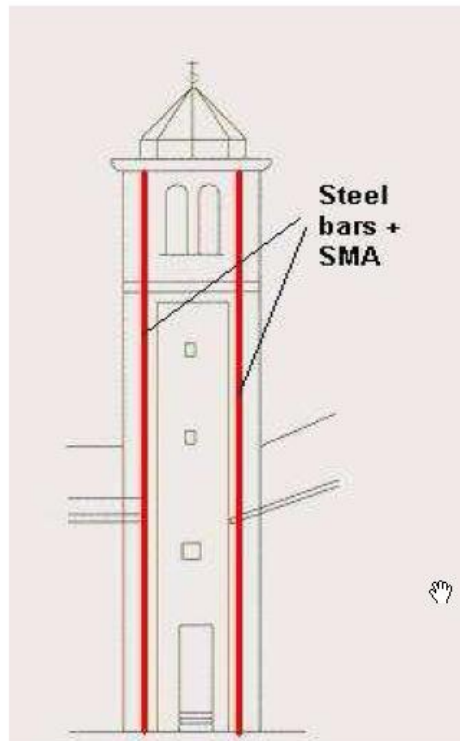
Schematy ideowe zastosowań SMA



G. Song, N. Ma, H.-N. Li (2006)



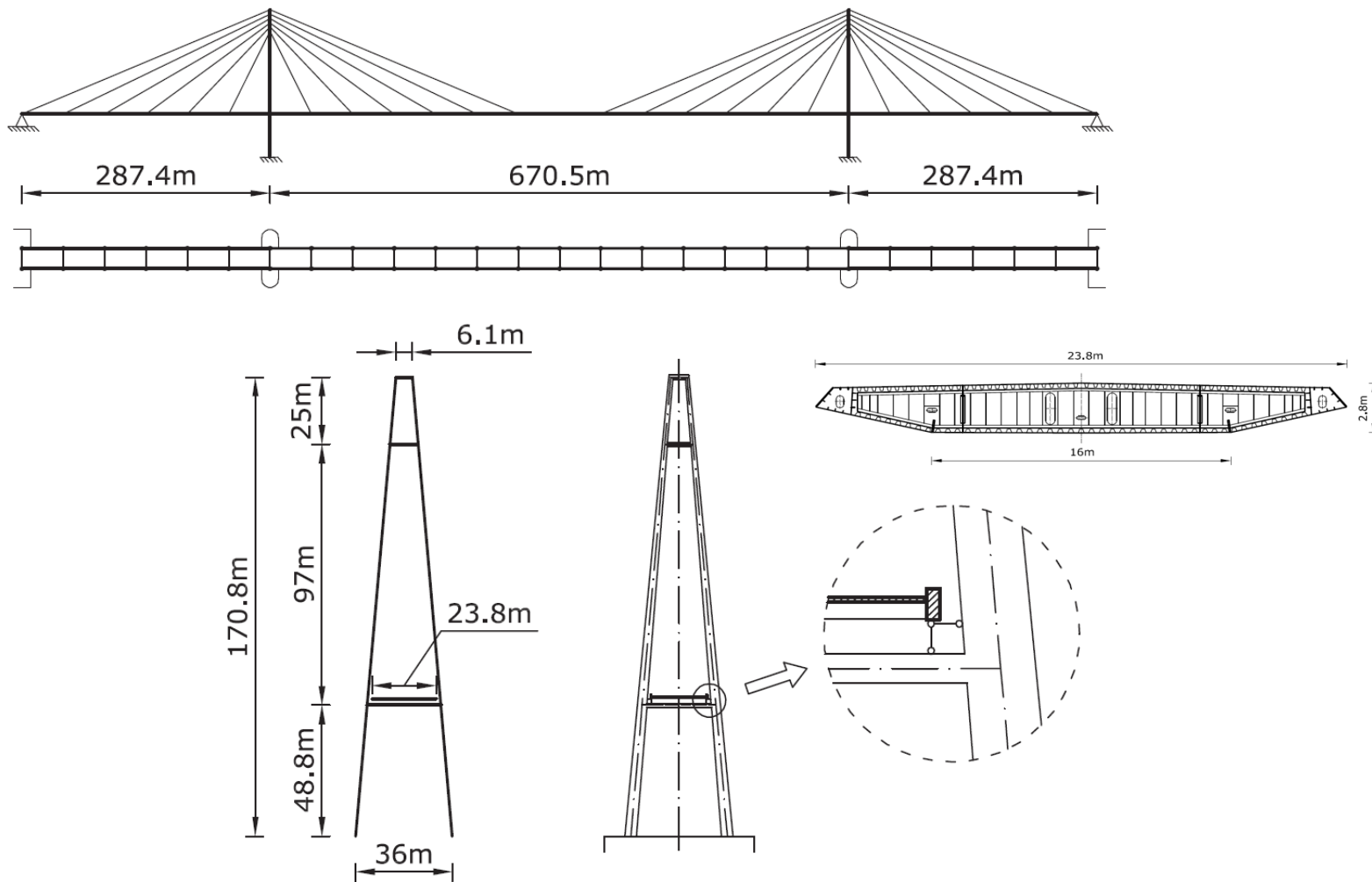
Ochrona obiektów zabytkowych



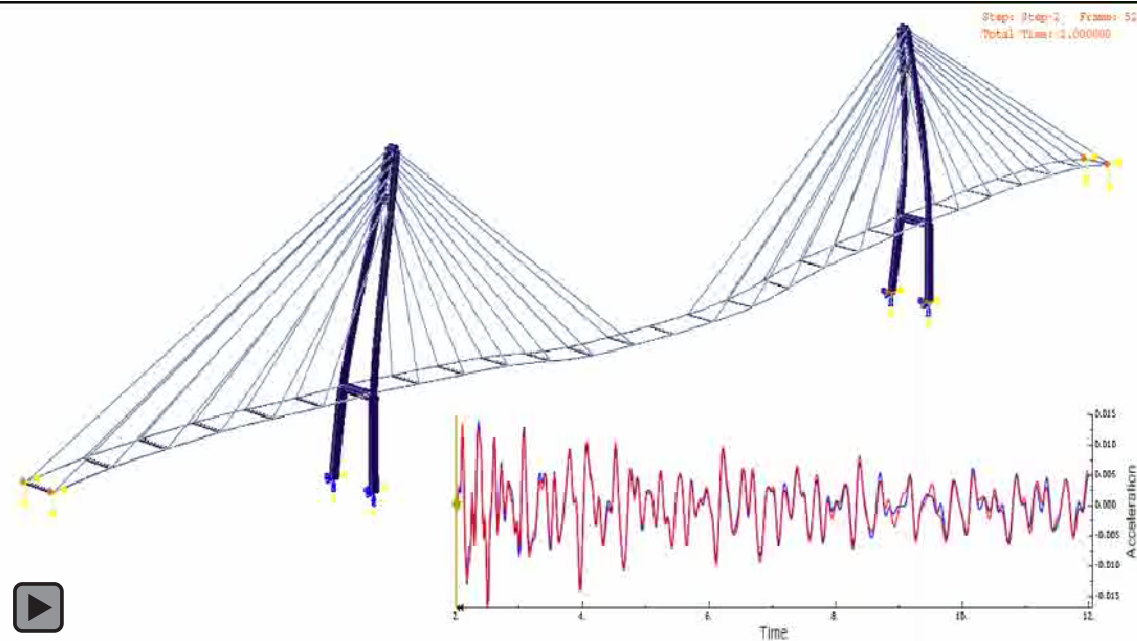
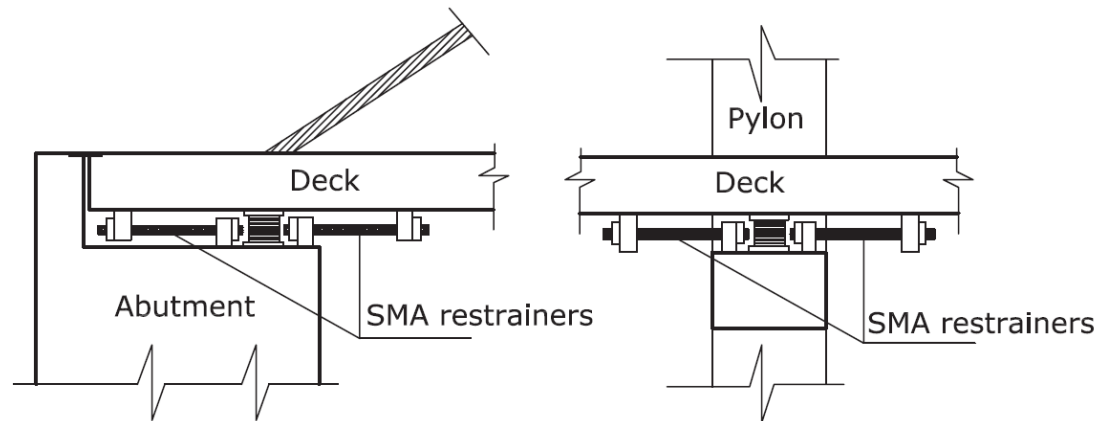
*Seismic retrofit of the bell tower of the church of San Giorgio in Trignano
(DesRoches and Smith, 2002)*



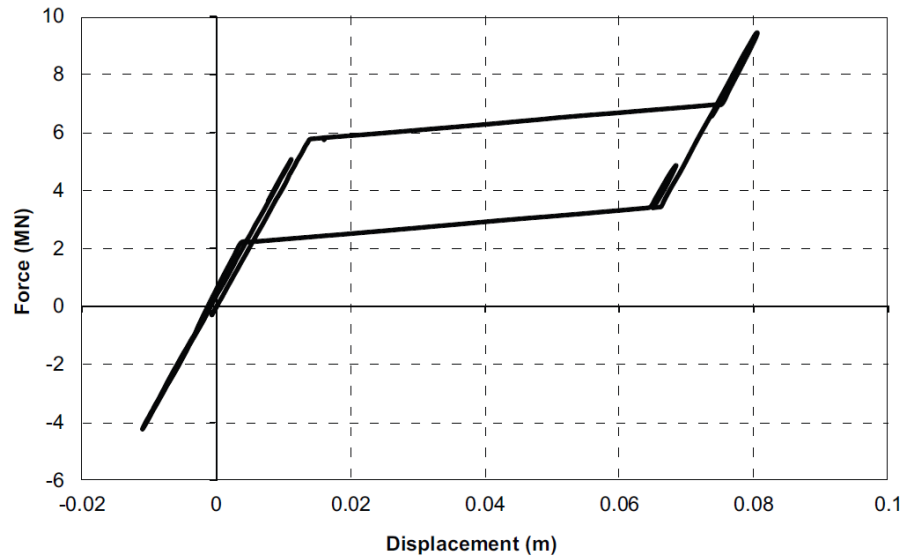
Model komputerowy mostu podwieszzonego z tłumikami SMA



Szczegóły połączeń i widok modelu MES

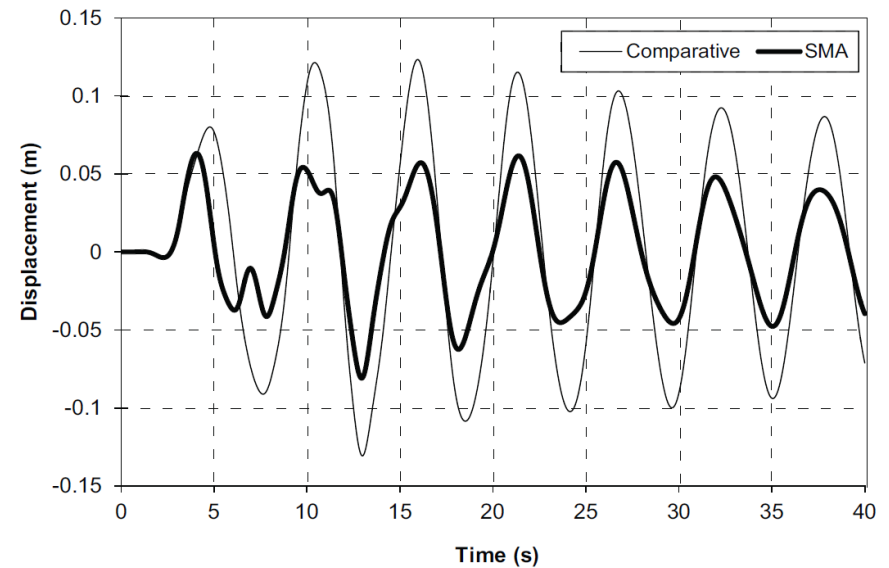


Wyniki obliczeń komputerowych

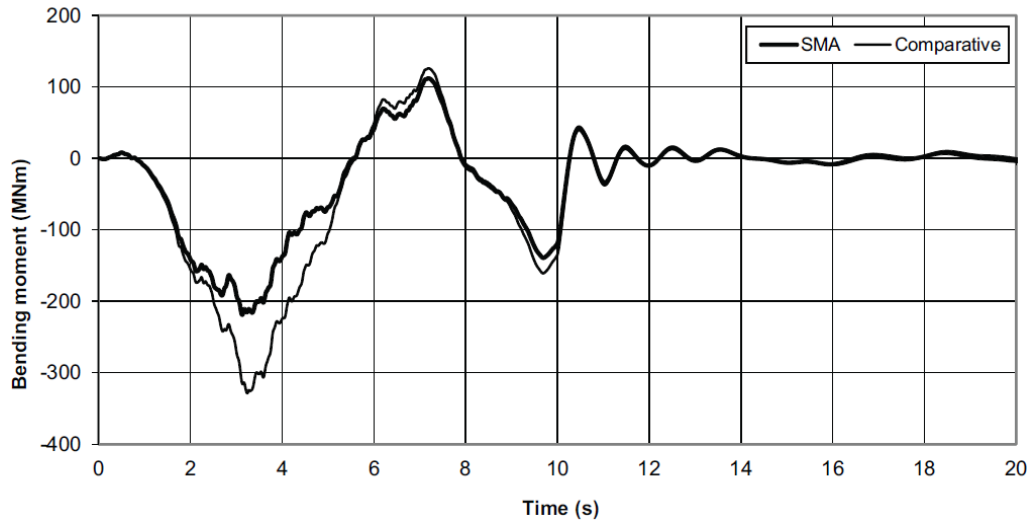


*Pętla histerezy w cięgnach SMA
(Zbiciak, Michalczyk, Oleszek, 2014)*

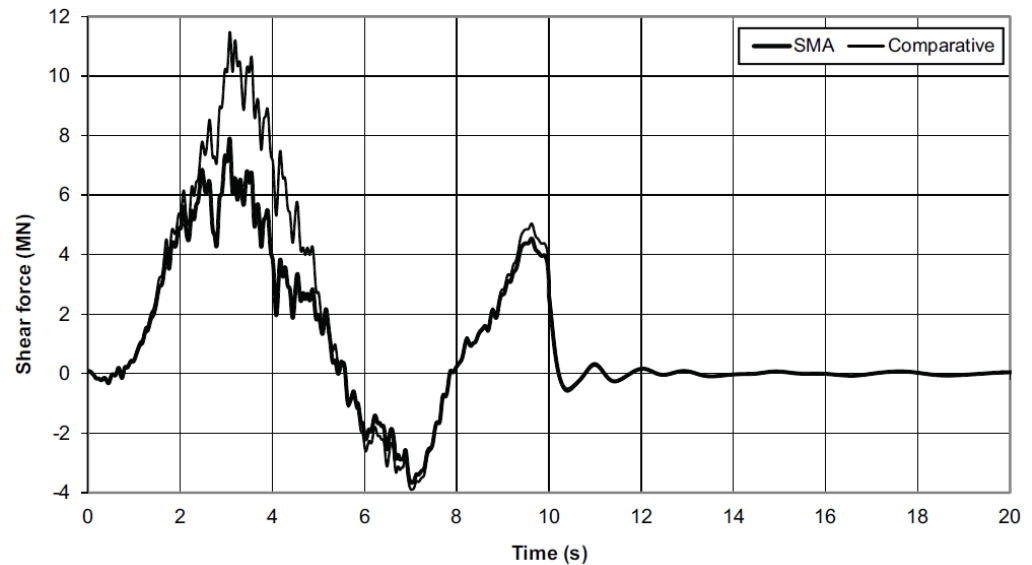
*Wykresy przemieszczeń pionowych
przęsła (Zbiciak, Michalczyk,
Oleszek, 2014)*



Redukcja sił wewnętrznych w podstawie pylonu



Momenty zginające (Zbiciak, Michalczyk, Oleszek, 2014)



Siły poprzeczne (Zbiciak, Michalczyk, Oleszek, 2014)



Zakończenie

Projektowanie konstrukcji

*polega na świadomym kształtowaniu wielkości
sił wewnętrznych i naprężeń.*

