TEMATYKA PRACY BADAWCZEJ

dr hab. inż. Robert Jankowski
Katedra Mechaniki Budowli i Mostów

Koło Naukowe Mechaniki Budowli KoMBo, Gdańsk, 1.04.2008

DYNAMIKA BUDOWLI - INŻYNIERIA SEJSMICZNA

Trzęsienia ziemi - jedne z najbardziej niebezpiecznych i najmniej przewidywalnych obciążeń, jakimi mogą być poddane konstrukcje

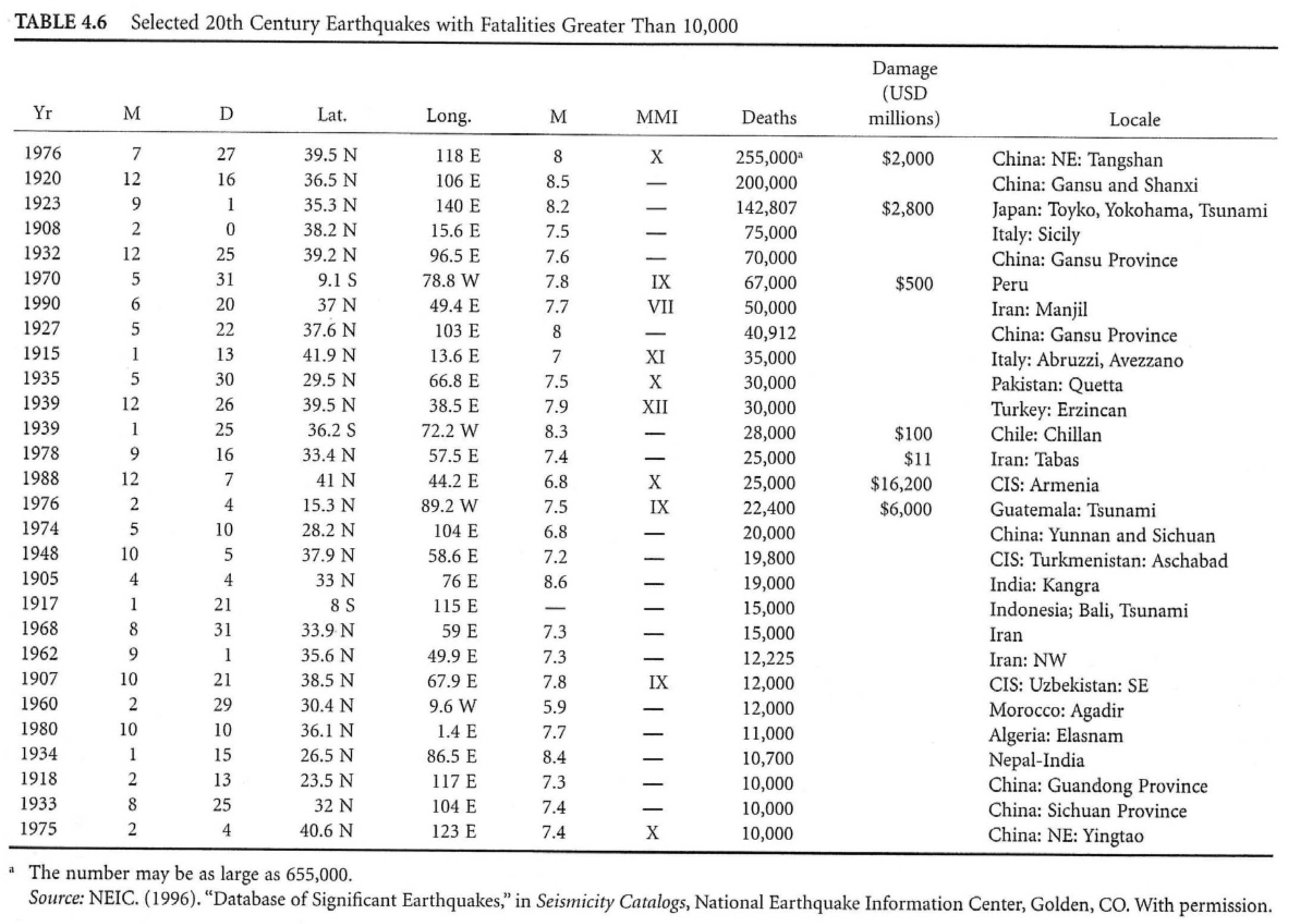


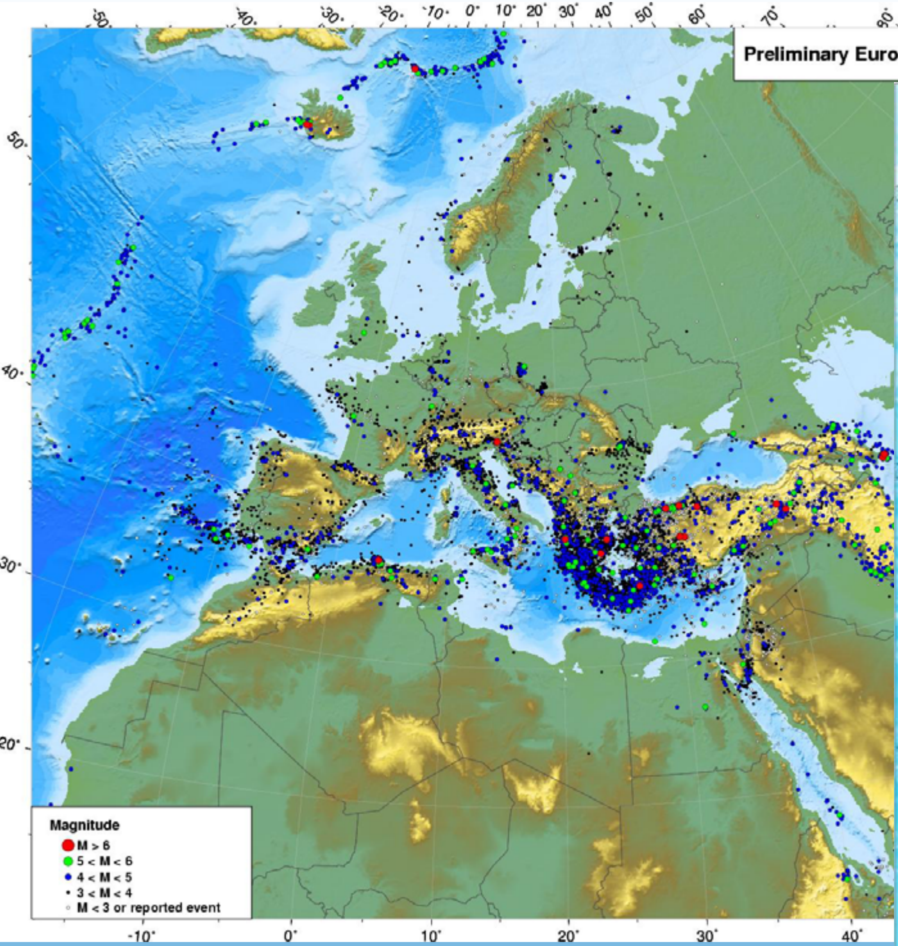
TABLE 4.6 Selected 20th Century Earthquakes with Fatalities Greater Than 10,000

Yr	M	D	Lat.	Long.	M	MMI	Deaths	Damage (USD millions)	Locale
1976	7	27	39.5 N	118 E	8	X	255,000[a]	$2,000	China: NE: Tangshan
1920	12	16	36.5 N	106 E	8.5	—	200,000		China: Gansu and Shanxi
1923	9	1	35.3 N	140 E	8.2	—	142,807	$2,800	Japan: Toyko, Yokohama, Tsunami
1908	2	0	38.2 N	15.6 E	7.5	—	75,000		Italy: Sicily
1932	12	25	39.2 N	96.5 E	7.6	—	70,000		China: Gansu Province
1970	5	31	9.1 S	78.8 W	7.8	IX	67,000	$500	Peru
1990	6	20	37 N	49.4 E	7.7	VII	50,000		Iran: Manjil
1927	5	22	37.6 N	103 E	8	—	40,912		China: Gansu Province
1915	1	13	41.9 N	13.6 E	7	XI	35,000		Italy: Abruzzi, Avezzano
1935	5	30	29.5 N	66.8 E	7.5	X	30,000		Pakistan: Quetta
1939	12	26	39.5 N	38.5 E	7.9	XII	30,000		Turkey: Erzincan
1939	1	25	36.2 S	72.2 W	8.3	—	28,000	$100	Chile: Chillan
1978	9	16	33.4 N	57.5 E	7.4	—	25,000	$11	Iran: Tabas
1988	12	7	41 N	44.2 E	6.8	X	25,000	$16,200	CIS: Armenia
1976	2	4	15.3 N	89.2 W	7.5	IX	22,400	$6,000	Guatemala: Tsunami
1974	5	10	28.2 N	104 E	6.8	—	20,000		China: Yunnan and Sichuan
1948	10	5	37.9 N	58.6 E	7.2	—	19,800		CIS: Turkmenistan: Aschabad
1905	4	4	33 N	76 E	8.6	—	19,000		India: Kangra
1917	1	21	8 S	115 E	—	—	15,000		Indonesia; Bali, Tsunami
1968	8	31	33.9 N	59 E	7.3	—	15,000		Iran
1962	9	1	35.6 N	49.9 E	7.3	—	12,225		Iran: NW
1907	10	21	38.5 N	67.9 E	7.8	IX	12,000		CIS: Uzbekistan: SE
1960	2	29	30.4 N	9.6 W	5.9	—	12,000		Morocco: Agadir
1980	10	10	36.1 N	1.4 E	7.7	—	11,000		Algeria: Elasnam
1934	1	15	26.5 N	86.5 E	8.4	—	10,700		Nepal-India
1918	2	13	23.5 N	117 E	7.3	—	10,000		China: Guandong Province
1933	8	25	32 N	104 E	7.4	—	10,000		China: Sichuan Province
1975	2	4	40.6 N	123 E	7.4	X	10,000		China: NE: Yingtao

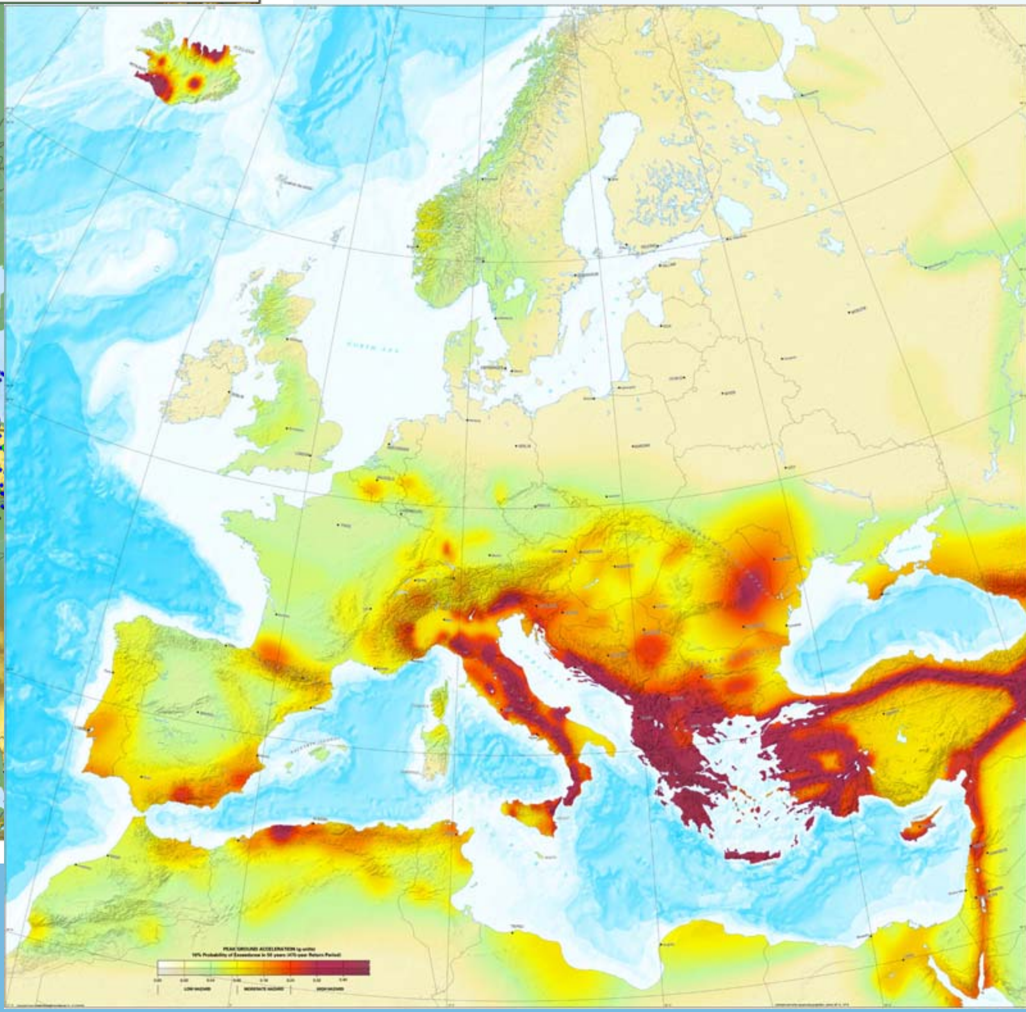
[a] The number may be as large as 655,000.

Source: NEIC. (1996). "Database of Significant Earthquakes," in *Seismicity Catalogs*, National Earthquake Information Center, Golden, CO. With permission.

Trzęsienia ziemi XX wieku z liczbą zabitych co najmniej 10000



Mapa epicentrów trzęsień ziemi
i wstrząsów górniczych
w latach 1998-2003



Mapa zagrożenia sejsmicznego Europy

Historyczne trzęsienia ziemi na terenie Polski

od roku 1000 - około 80 wstrząsów sejsmicznych (Pagaczewski, 1972)

Największe trzęsienia ziemi:

31 I 1259 KRAKÓW (Brama Krakowska) M ~ 6
5 VI 1443 WROCŁAW (Kotlina Żmigrodzka) M ~ 6

> „Wieże i gmachy waliły się na ziemię, rzeki występowały z łożysk, a ludzie nagłym strachem zdjęci od zmysłów i rozumu odchodzili” (Długosz, 1443)

9 VIII 1662 KARPATY (Tatry) M ~ 6

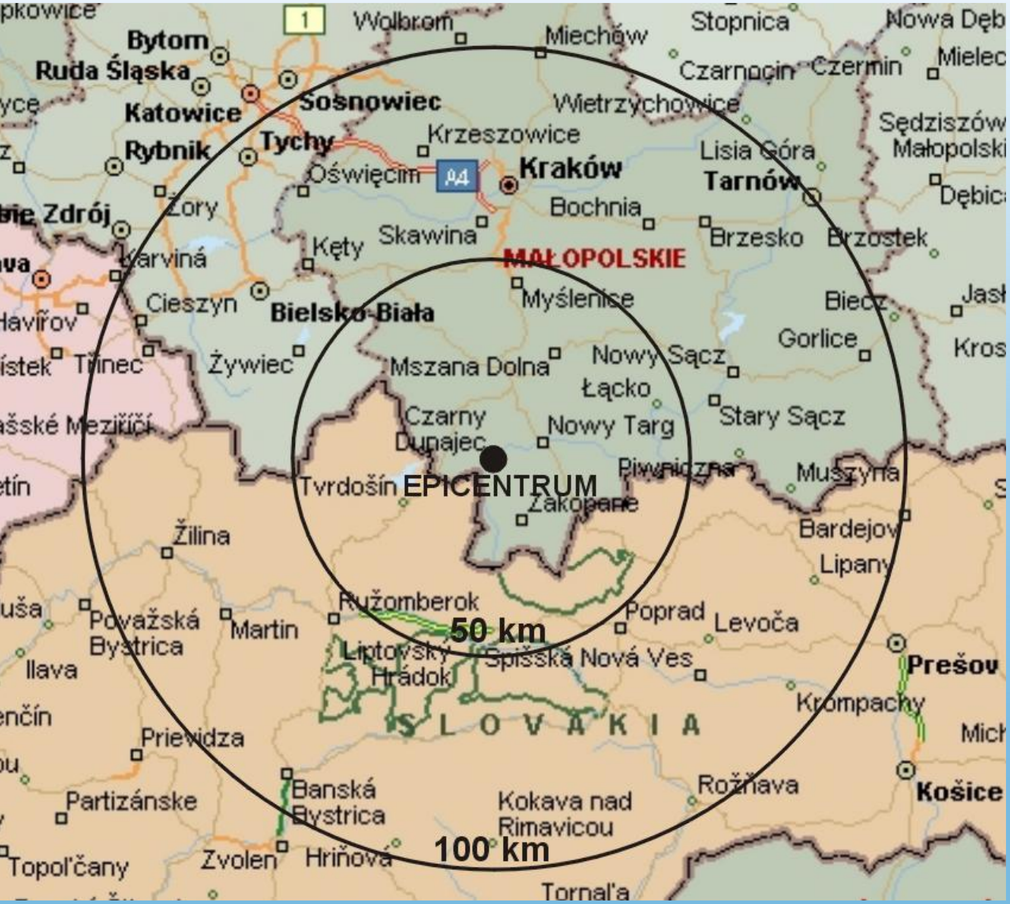
> „Zginęło wielu ludzi w pobliskich wsiach, a także w górach, gdzie była pełnia sezonu pasterskiego... Sławkowski Szczyt rozpadł się na części i runął z wielkim grzmotem w kierunku dolin”

22 VIII 1785 KARPATY (Barania Góra) M ~ 6
27 II 1786 KARPATY (okolice Cieszyna) M ~ 6
3 XII 1786 KARPATY (Myślenice) M = 5,7
11 VI 1895 SUDETY (Wzgórza Strzelińskie) M > 4,8
21 X 1901 PIENINY M > 4,5
23 III 1935 KARPATY (Czarny Dunajec) M = 4,3
29 VI - 6 VII 1992 KRYNICA (seria wstrząsów) M = 4,2
1 III - 3III 1993 KRYNICA (seria wstrząsów) M = 4,6

Trzęsienie ziemi z 21 IX 2004 w Polsce północno-wschodniej


01 12 12:07

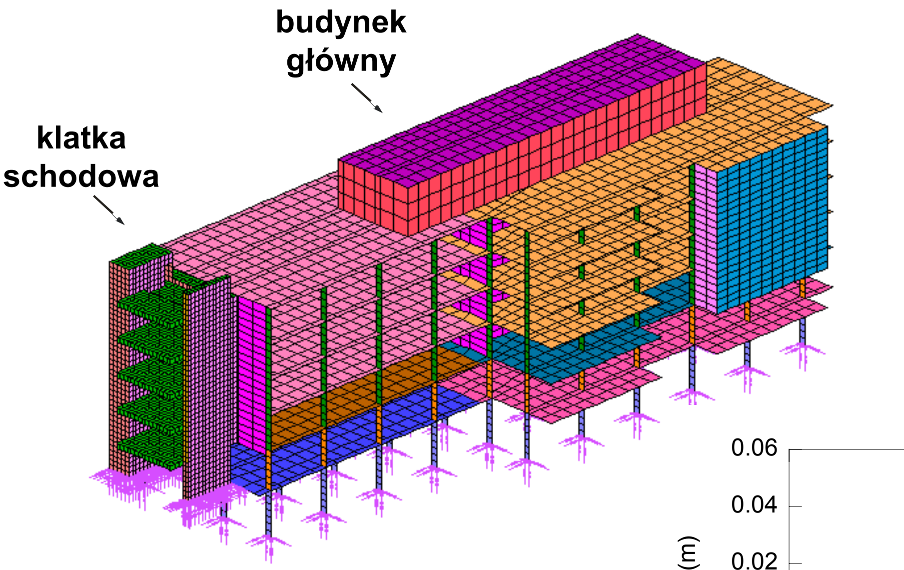
Trzęsienie ziemi z 30 XI 2004 na Podhalu



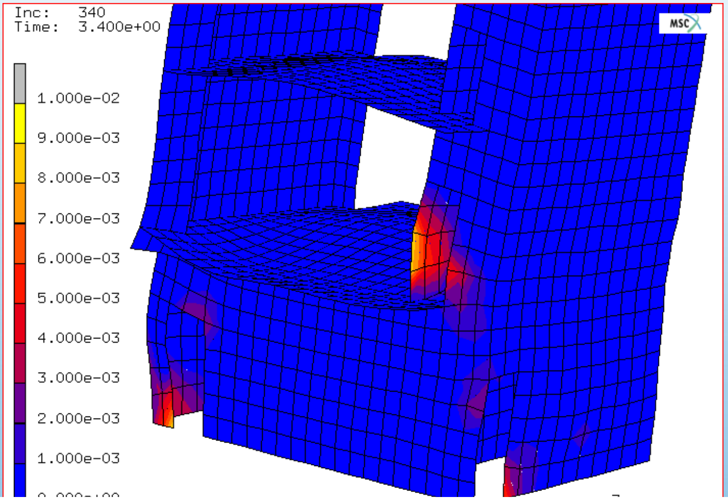

i
RADZIO
LAS

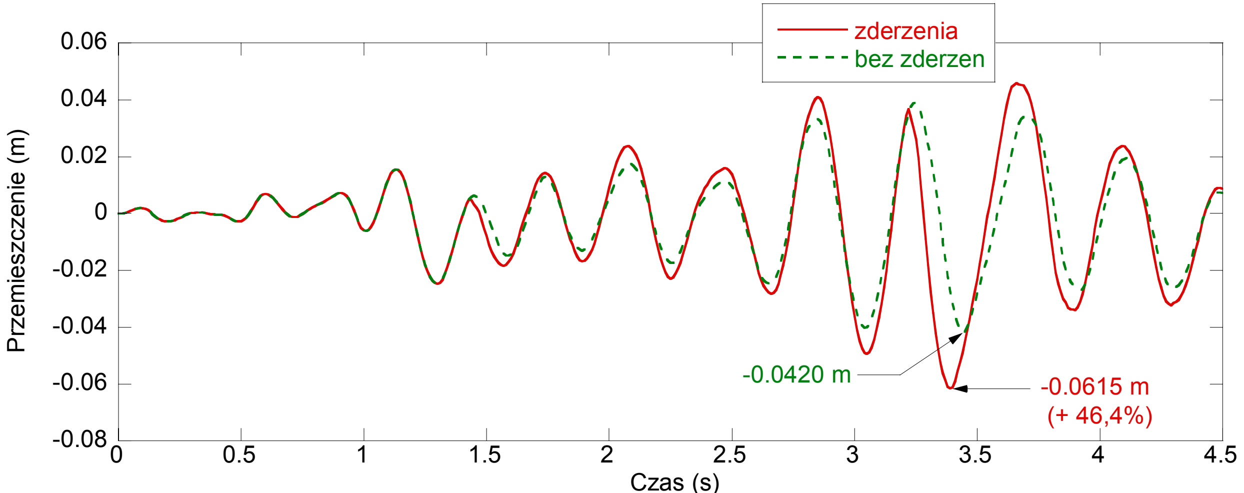
Nieliniowa analiza zachowania się kolidujących ze sobą budynków o jednakowej wysokości podczas trzęsień ziemi (temat aktualnie realizowany)

Model numeryczny



MSC MARC





Numeryczne modelowanie siły zderzenia w czasie kontaktu pomiędzy konstrukcjami budowlanymi poddanymi wymuszeniom sejsmicznym

(temat aktualnie realizowany we współpracy z Uniwersytetem Hirosaki, Japonia)

- **Model liniowy lepkosprężysty** (Anagnostopoulos 1988)

$$\boxed{F(t) = k\delta(t) + c\dot{\delta}(t)} \quad \boxed{c = 2\xi\sqrt{k\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}}} \quad \boxed{\xi = \frac{-\ln e}{\sqrt{\pi^2 + (\ln e)^2}}}$$

$\delta(t)$ - deformacja
$\dot{\delta}(t)$ - relatywna prędkość
m_i - masa
k - wsp. sztywności zderzenia
c - wsp. tłumienia zderzenia
ξ - liczba tłumienia zderzenia
e - współczynnik odbicia

- **Model nieliniowy sprężysty** (Hertz 1882)

$$\boxed{F(t) = \beta\delta^{\frac{3}{2}}(t)}$$

β - parametr sztywności zderzenia

- **Model nieliniowy lepkosprężysty** (Jankowski 2005)

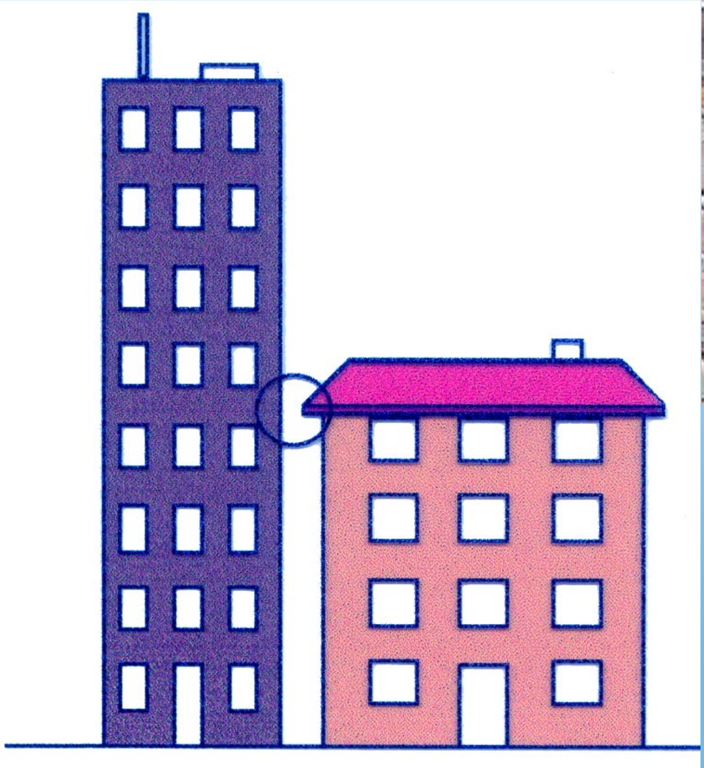
$$\boxed{\begin{array}{ll} F(t) = \overline{\beta}\delta^{\frac{3}{2}}(t) + \overline{c}(t)\dot{\delta}(t) & \text{dla } \dot{\delta}(t) > 0 \ \ \text{(faza zbliżania)} \\ F(t) = \overline{\beta}\delta^{\frac{3}{2}}(t) & \text{dla } \dot{\delta}(t) \le 0 \ \ \text{(faza odbicia)} \end{array}}$$

$$\boxed{\overline{c}(t) = 2\overline{\xi}\sqrt{\overline{\beta}\sqrt{\delta(t)}\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}}}$$

$\overline{\beta}$ - parametr sztywności zderzenia

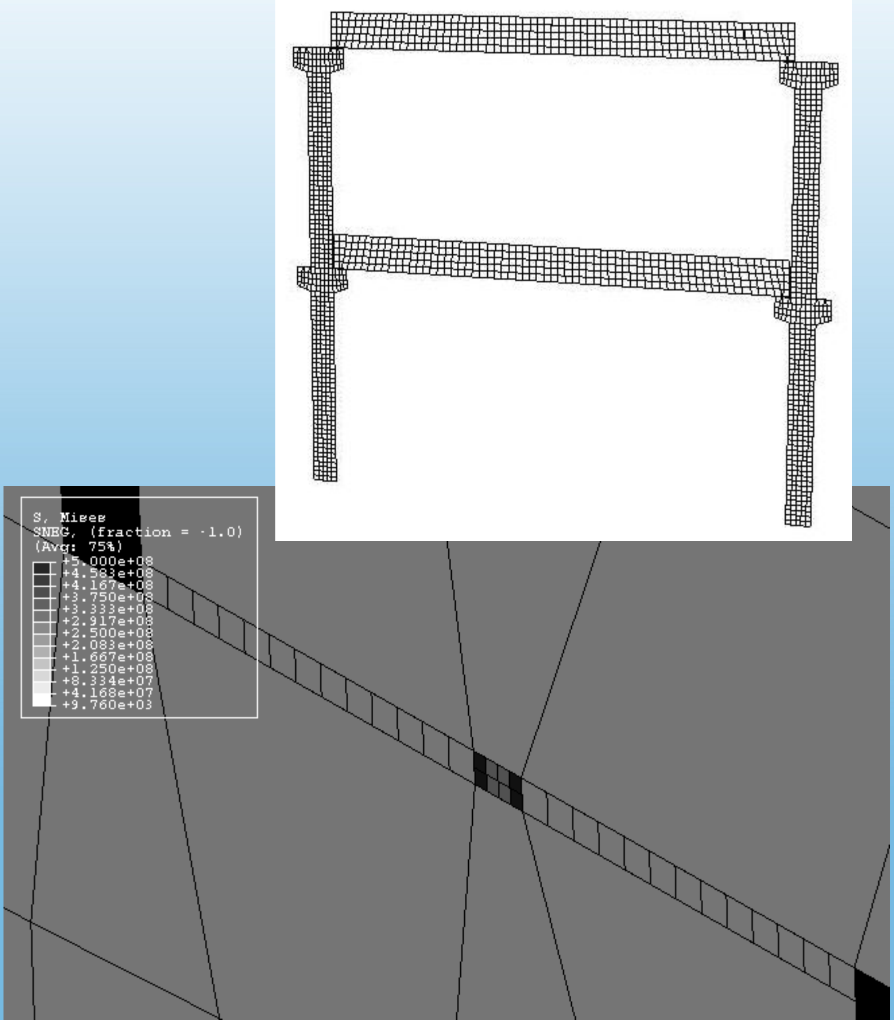
$\overline{\xi}$ - liczba tłumienia zderzenia

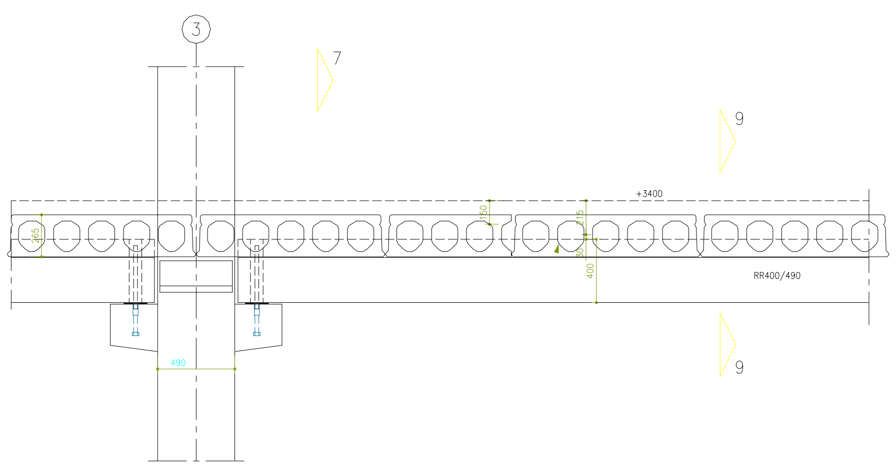
Redukcja zderzeń pomiędzy konstrukcjami budowlanymi podczas trzęsień ziemi poprzez wypełnienie przerwy dylatacyjnej masą polimerową (temat planowany we współpracy z Politechniką Krakowską)

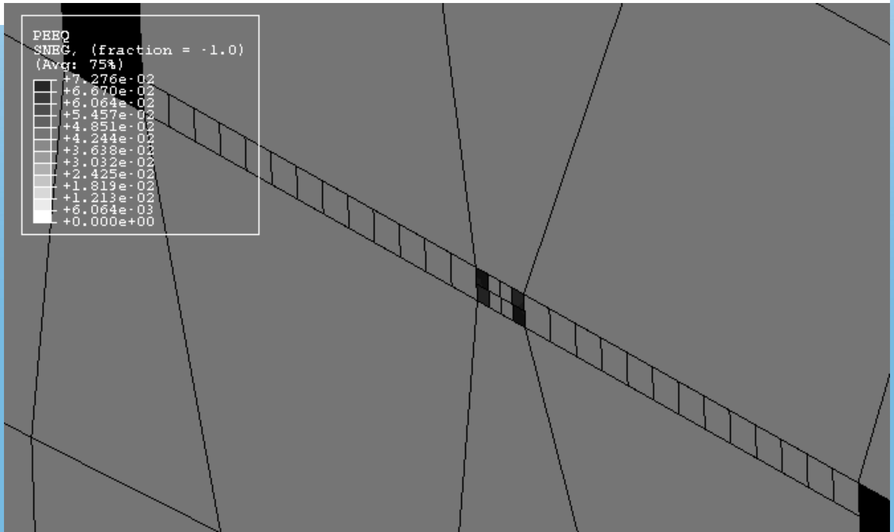


Analiza odporności sejsmicznej konstrukcji prefabrykowanych

(temat realizowany w ramach doktoratu mgr P. Piotrowskiego, Ergon Polska/Romania)

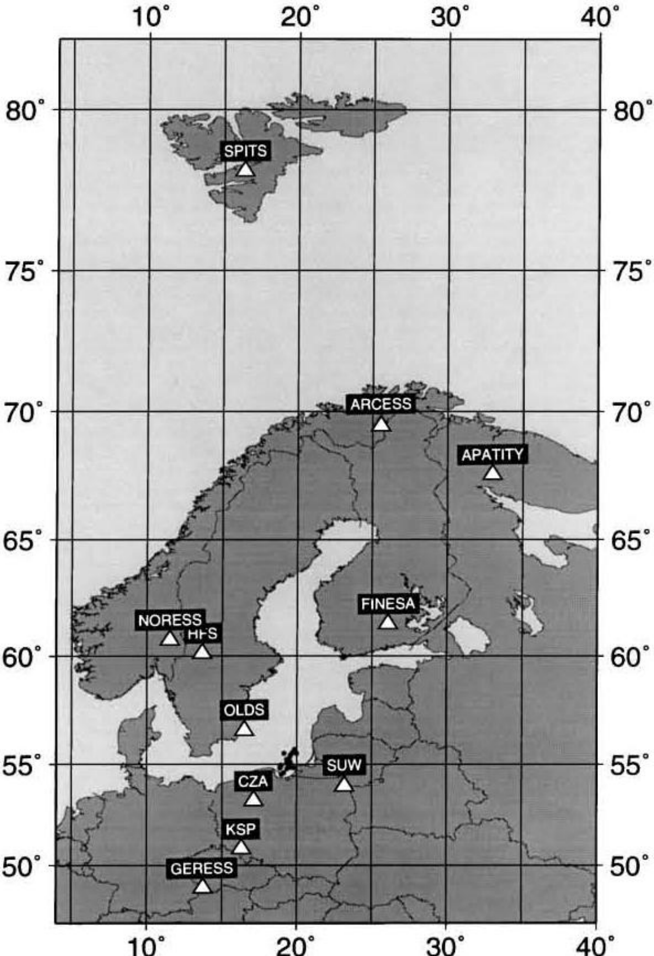


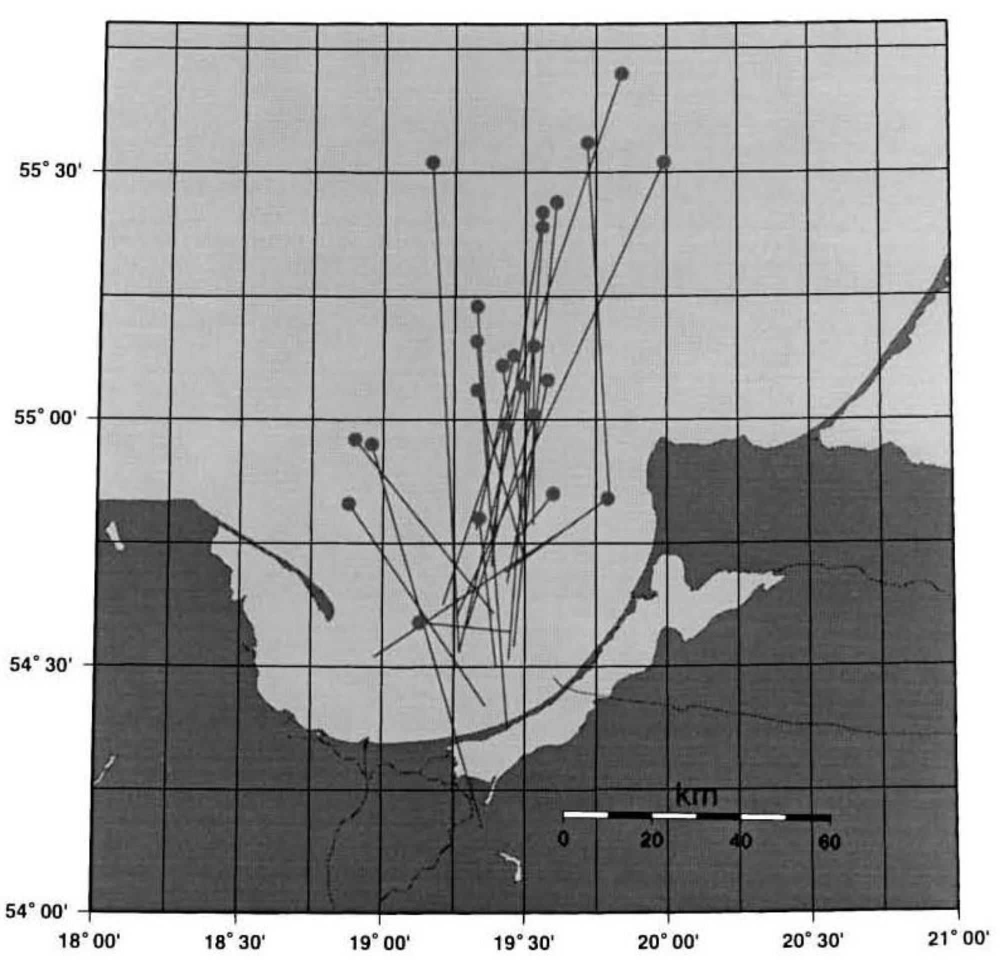




Badania sejsmiczności Zatoki Gdańskiej - stacja sejsmologiczna na Helu

(temat planowany we współpracy z Instytutem Geofizyki PAN i Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim)

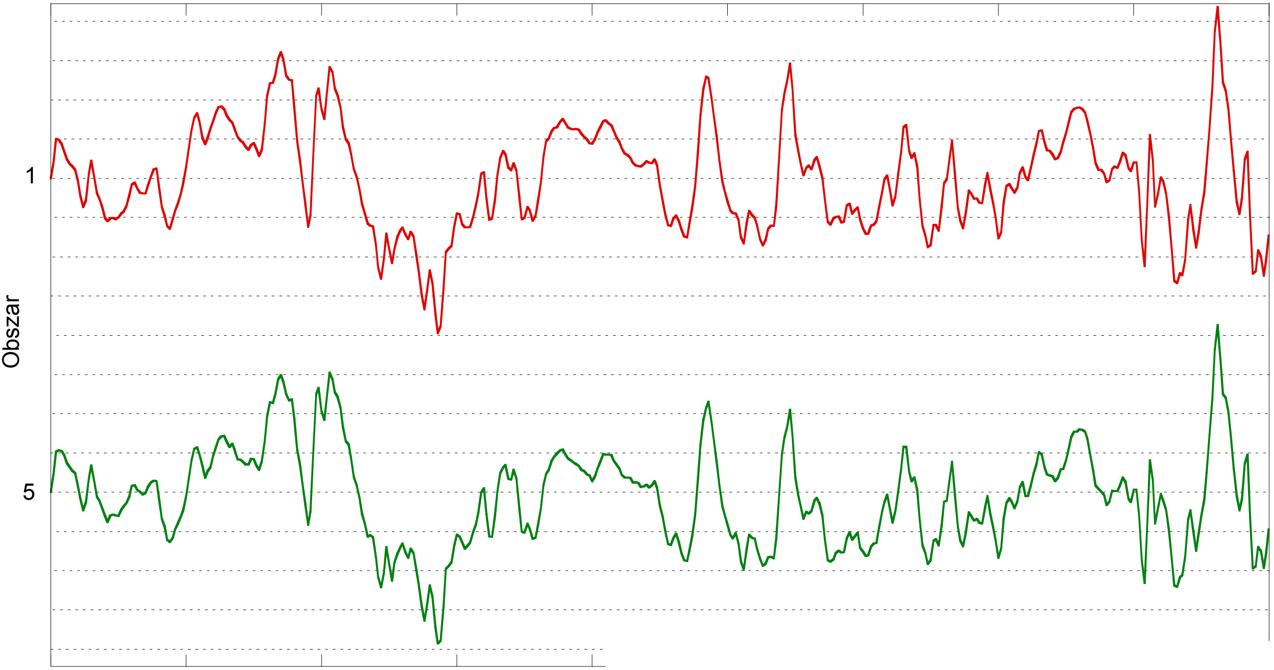


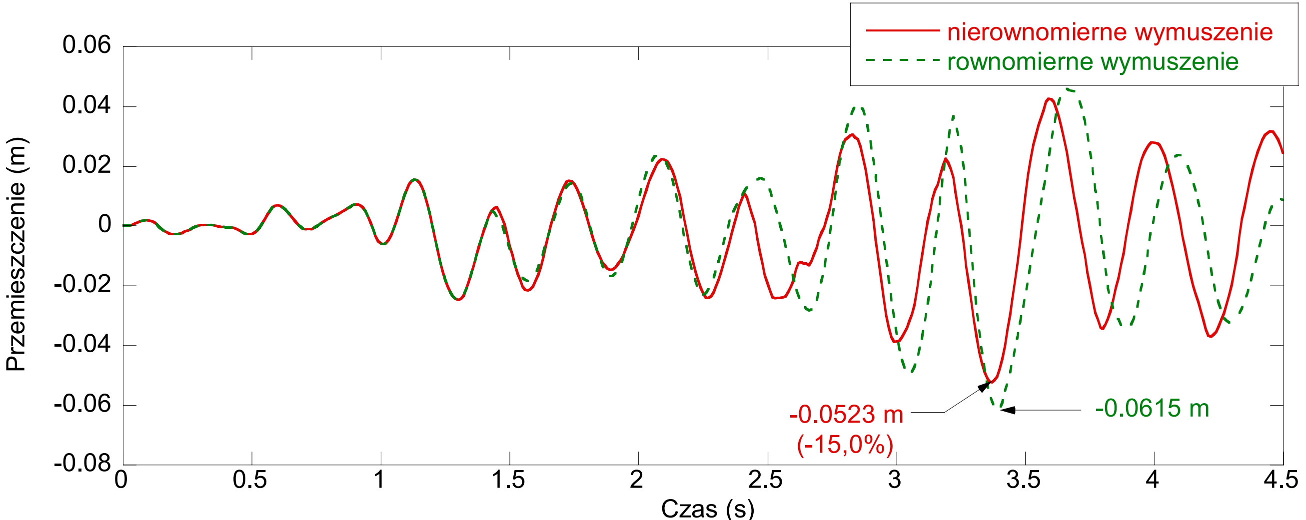


Eksperymentalne badania odporności sejsmicznej elementów infrastruktury energetycznej (temat planowany we współpracy z Centrum Techniki Okrętowej, Politechniką Opolską i firmą HAPAM)

Modelowanie stochastyczne efektu propagacji fali sejsmicznej i jego wpływ na konstrukcje budowlane podczas trzęsień ziemi

(temat aktualnie realizowany)

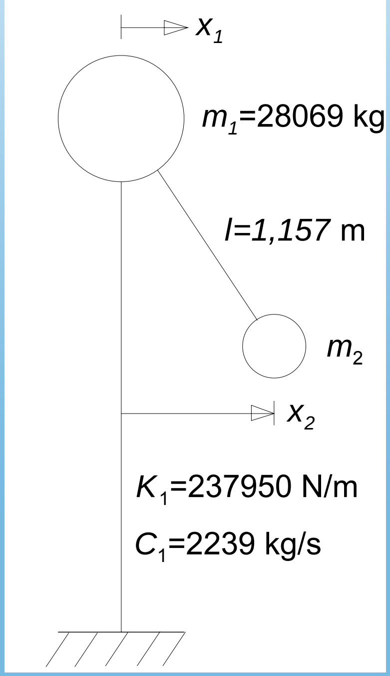


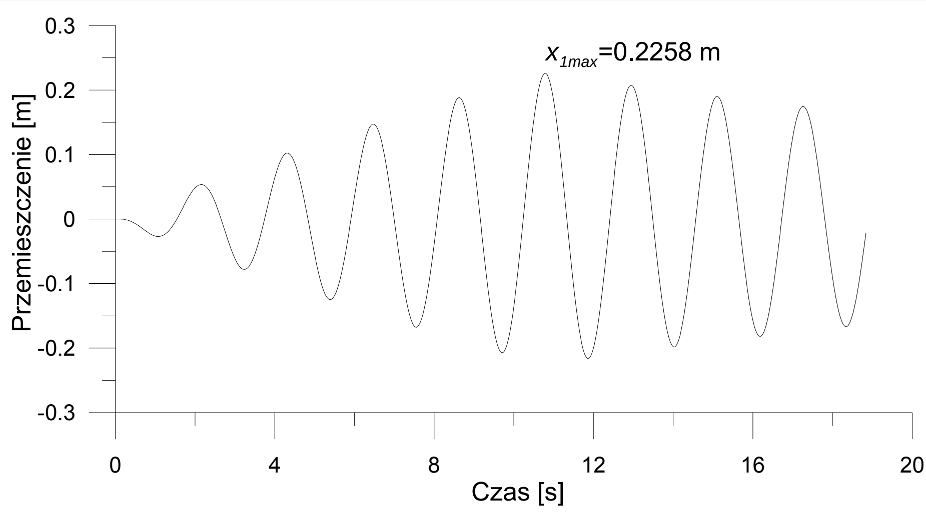


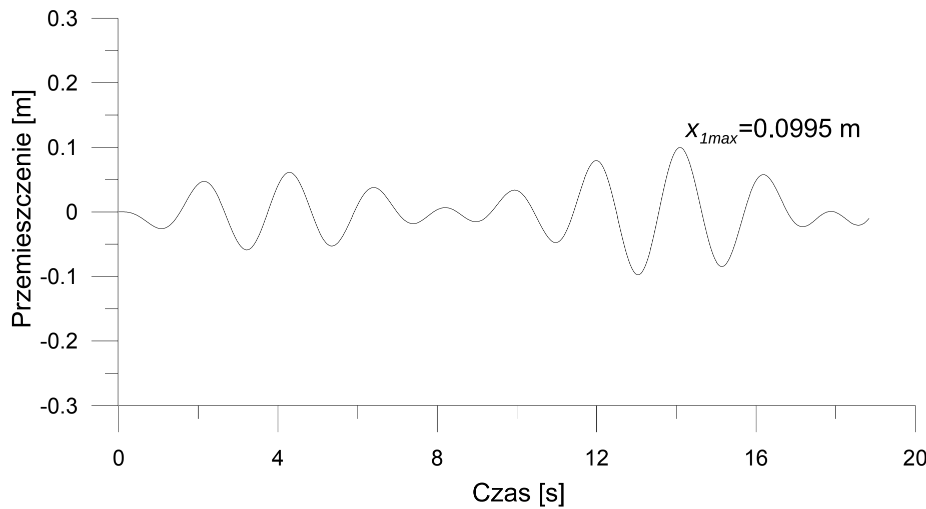
DYNAMIKA BUDOWLI – INNE ZAGADNIENIA

Zastosowanie tłumika wahadłowego do redukcji drgań komina stalowego poddanego działaniu wiatru

(temat zrealizowany
we współpracy
z prof. Cz. Szymczakiem
i dr M. Kujawą)

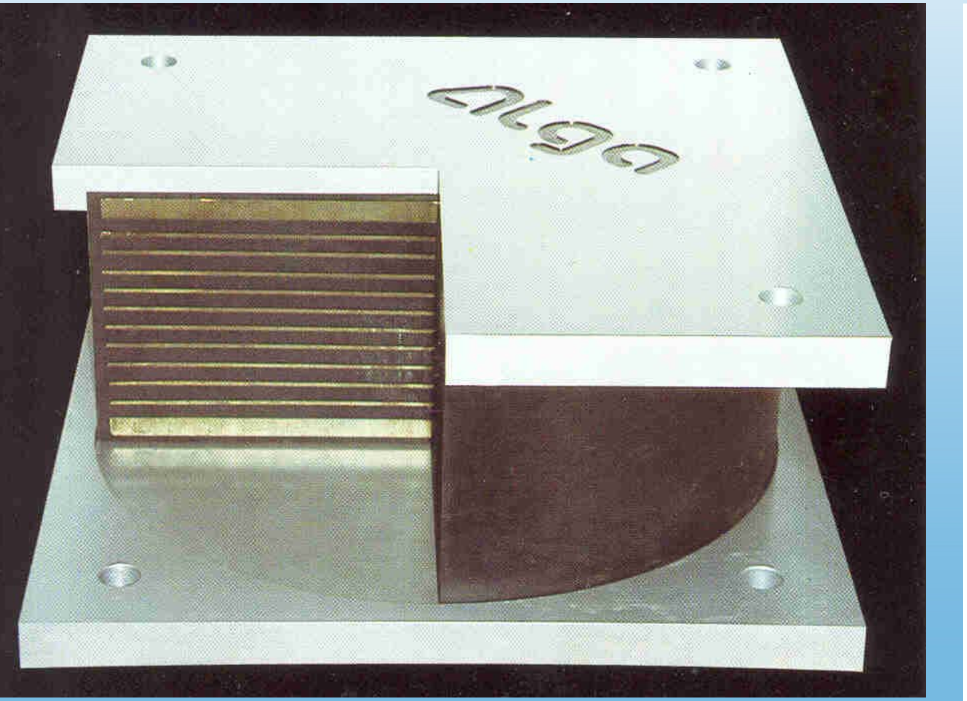


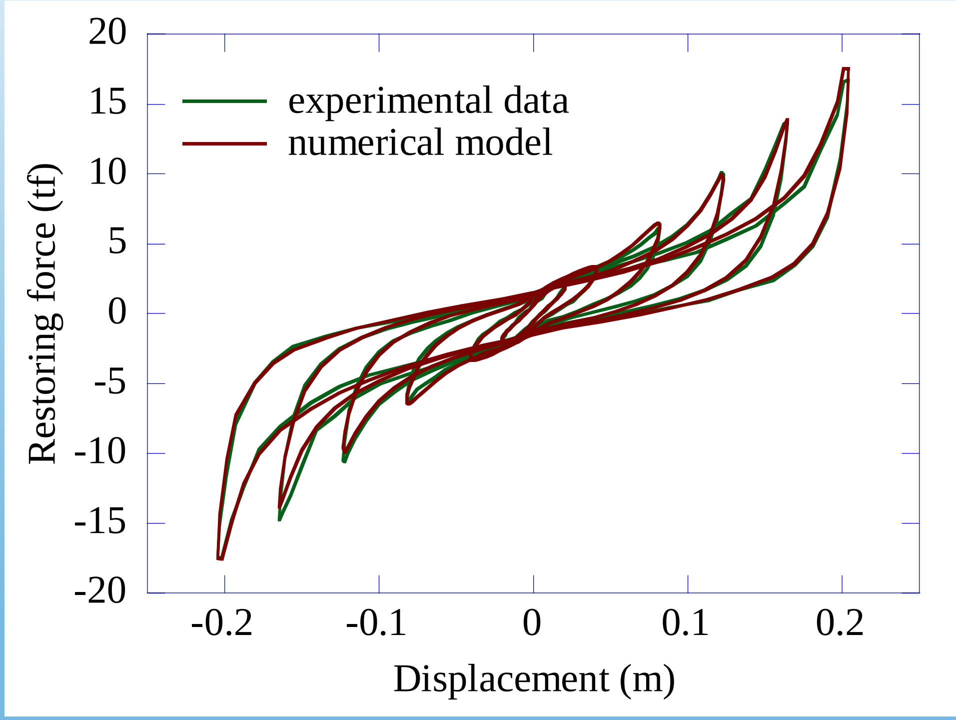




Model numeryczny zachowania się łożyska z wysokotłumiącej gumy (HDRB) pod obciążeniem dynamicznym

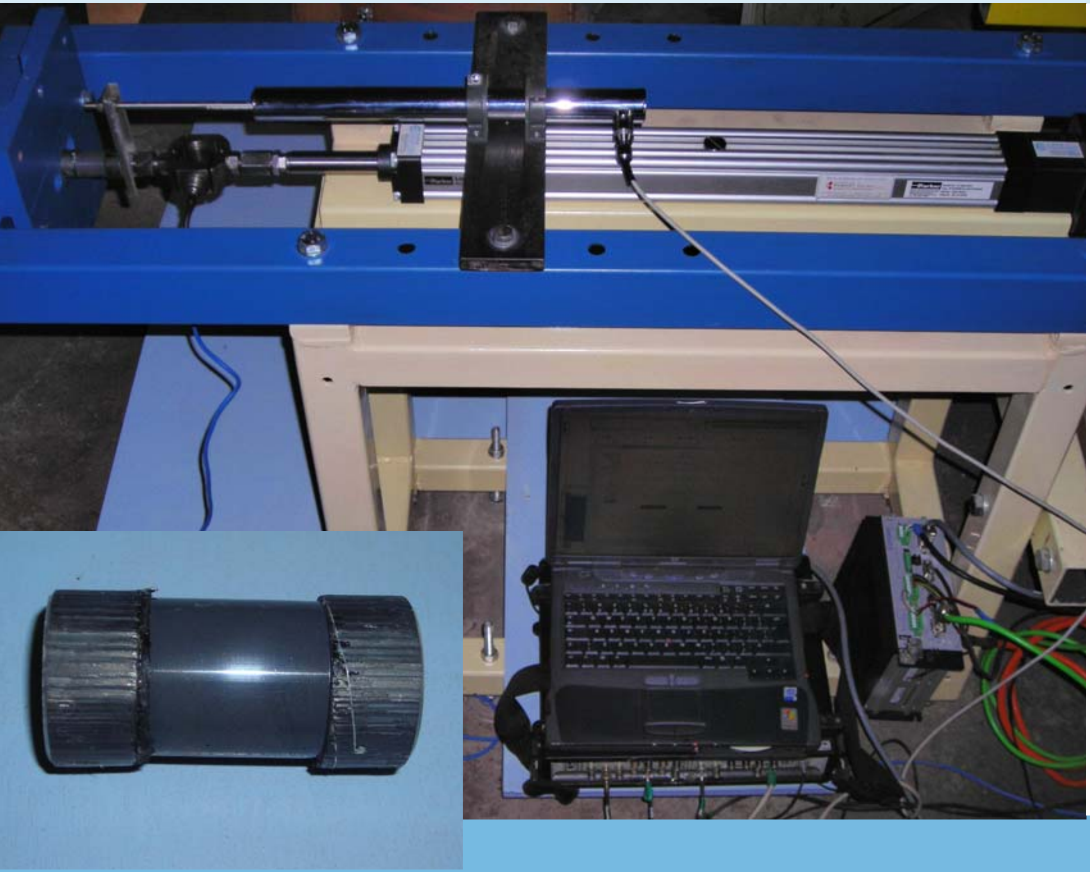
(temat częściowo zrealizowany)

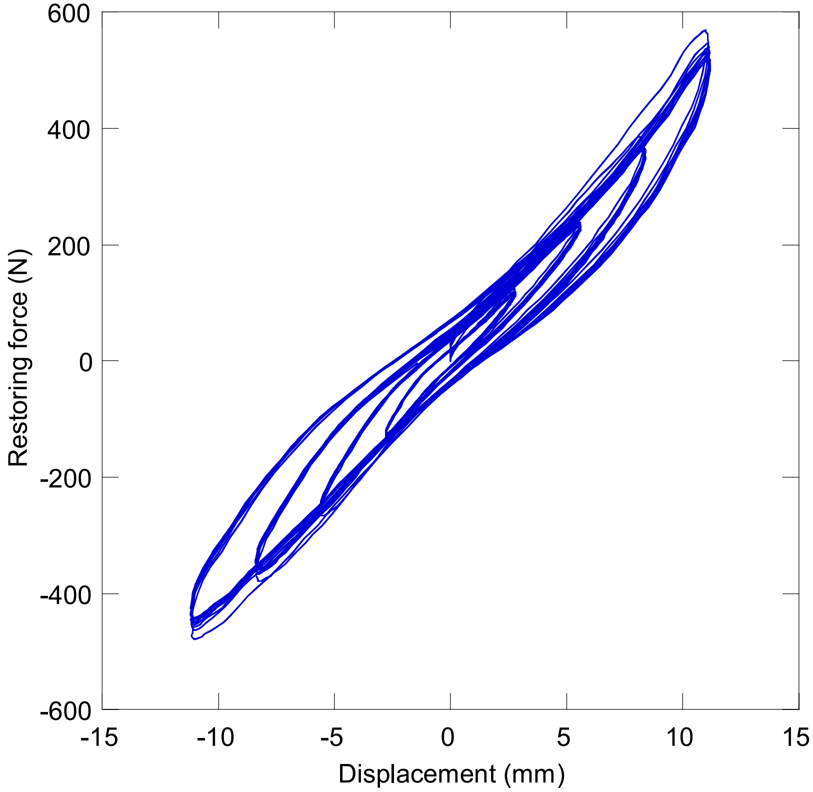




Eksperymentalne badania zachowania się elementów z masy polimerowej

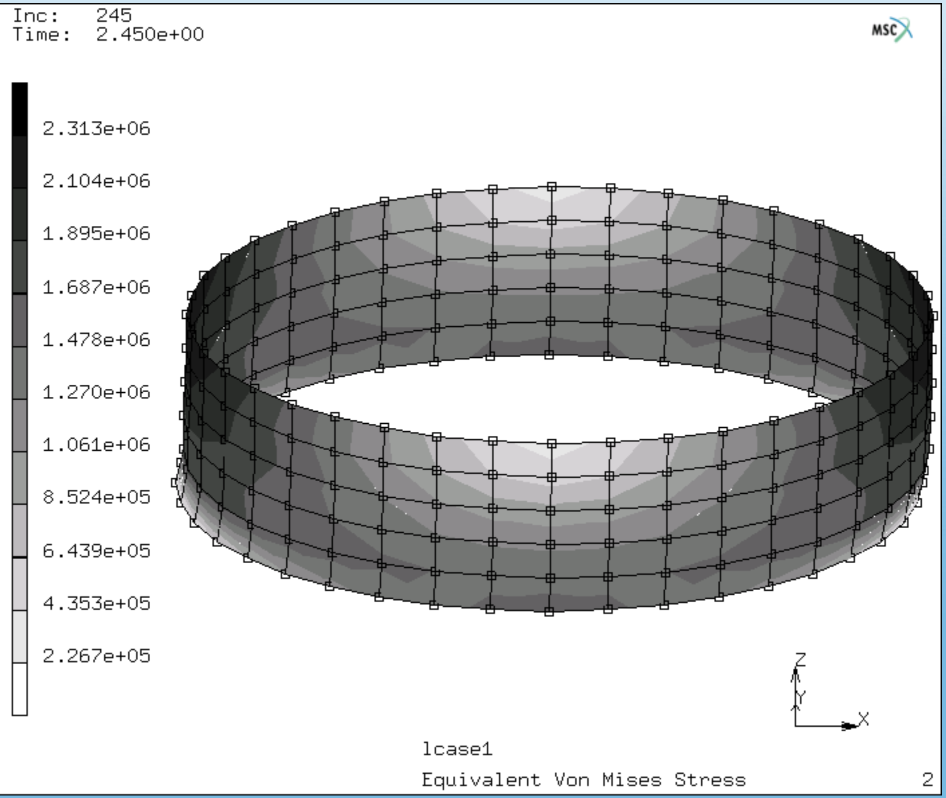
(temat realizowany we współpracy z Politechniką Krakowską)

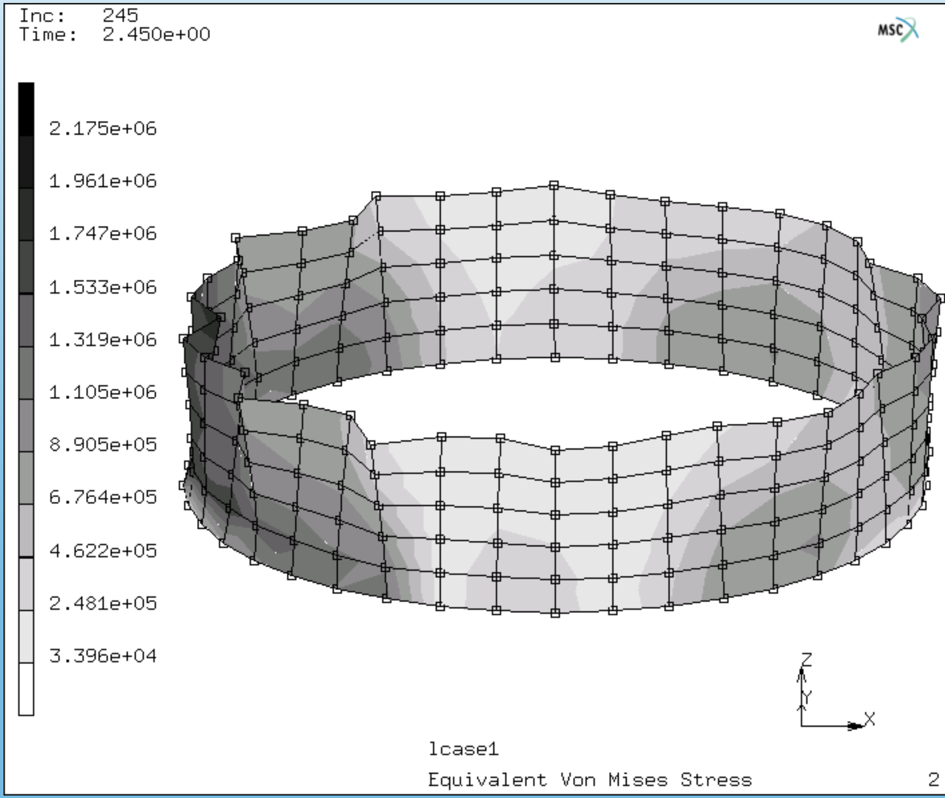




Dynamiczne oddziaływania ekstremalne (wybuchy, trzęsienia ziemi, itp.) na zbiorniki z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych i materiałowych w ujęciu stochastycznym

(temat planowany we współpracy z prof. P. Kłosowskim i dr hab. J. Górskim)





Department of Structural Mechanics
Faculty of Civil and Environmental Engineering
Gdańsk University of Technology, Gdańsk, Poland

EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS
Earthquake Engng. Struct. Dyn. **27**, 487–502 (1998)

POUNDING OF SUPERSTRUCTURE SEGMENTS IN ISOLATED ELEVATED BRIDGE DURING EARTHQUAKES

ROBERT JANKOWSKI,* KRZYSZTOF WILDE AND YOZO FUJINO
Department of Civil Engineering, University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

SUMMARY

Past severe earthquakes indicate that pounding may cause considerable damage or even lead to collapse of colliding structures. The aim of this paper is to present an analysis of pounding between superstructure segments of an isolated elevated bridge induced by the propagating seismic wave. High-damping rubber bearings (HDRBs), used as isolation devices, are modelled by proposed non-linear formulation and the significance of the bearings model for pounding is indicated. The results of the study show that pounding leads to the increase or decrease of the forces acting on piers, depending on the gap size between superstructure segments. © 1998 John Wiley & Sons, Ltd.

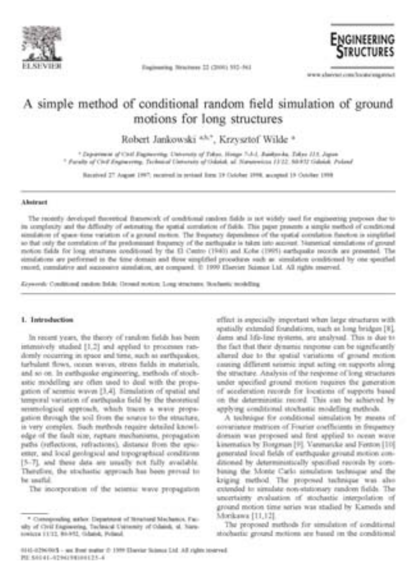
EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS
Earthquake Engng Struct. Dyn. 2000; **29**:195–212

Reduction of pounding effects in elevated bridges during earthquakes

Robert Jankowski,* Krzysztof Wilde and Yozo Fujino
Department of Civil Engineering, University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

SUMMARY

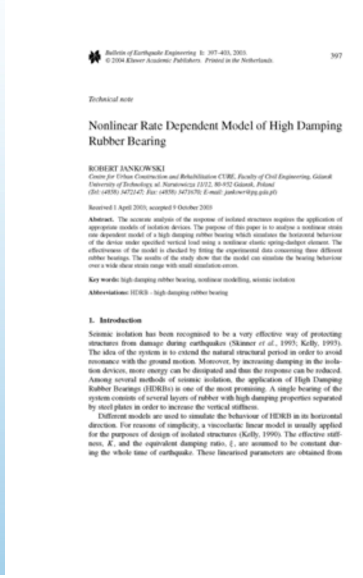
CCC 0098-8847/2000/020195-18$17.50
Copyright © 2000 John Wiley & Sons, Ltd
Received 28 March 1999
Accepted 18 August 1999



ELSEVIER
Engineering Structures 22 (2000) 552–561
ENGINEERING STRUCTURES

A simple method of conditional random field simulation of ground motions for long structures

Robert Jankowski [a,b,*], Krzysztof Wilde [a]



Bulletin of Earthquake Engineering **1**: 397–403, 2003.
© 2004 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.*

Technical note

Nonlinear Rate Dependent Model of High Damping Rubber Bearing

ROBERT JANKOWSKI

EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS
Earthquake Engng Struct. Dyn. 2005; **34**:595–611

Non-linear viscoelastic modelling of earthquake-induced structural pounding

Robert Jankowski*,†
Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdańsk University of Technology, ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, Poland

SUMMARY

Key Engineering Materials Vols. 293-294 (2005) pp. 711-718
© (2005) Trans Tech Publications, Switzerland

Impact Force Spectrum for Damage Assessment of Earthquake-induced Structural Pounding

Robert Jankowski[1]
[1] Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdańsk University of Technology
ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, Poland, e-mail: jankowr@pg.gda.pl

Keywords: structural pounding, earthquakes, impact force, damage assessment

Available online at www.sciencedirect.com
ELSEVIER
Engineering Structures 28 (2006) 1149–1161
ENGINEERING STRUCTURES

Pounding force response spectrum under earthquake excitation

Robert Jankowski*

EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS
Earthquake Engng Struct. Dyn. 2006; **35**:517–524

Analytical expression between the impact damping ratio and the coefficient of restitution in the non-linear viscoelastic model of structural pounding

Robert Jankowski*,†
Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdańsk University of Technology, Gdańsk, Poland

SUMMARY

DYPLOMY STUDENCKIE

Tytuł: Zniszczenia konstrukcji budowlanych podczas trzęsień ziemi XX w.

Dyplomant: Bartosz Pietrzykowski   Rok: 2003

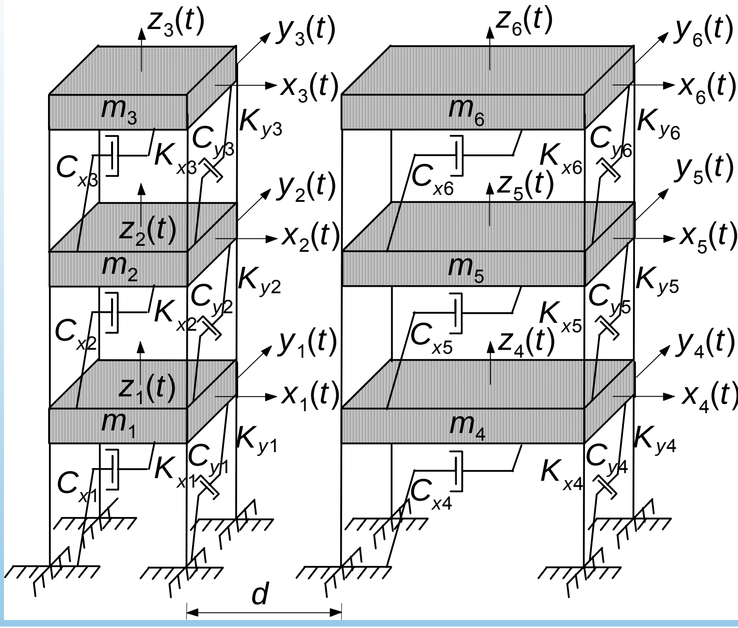
San Francisco 1906

Loma Prieta 1989

Kobe 1995

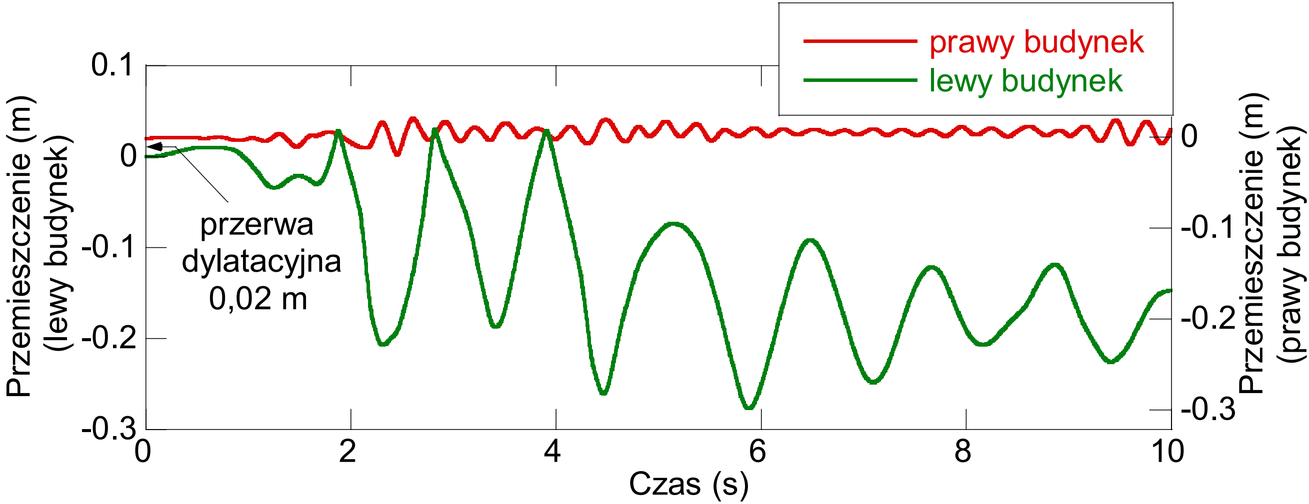
Kocaeli (Izmit) 1999

Tytuł: Analiza zderzeń pomiędzy budynkiem głównym a wolnostojącą klatką schodową podczas trzęsienia ziemi El Centro



Dyplomant:
Marek Kotwicki

Rok: 2004



Tytuł: Badania eksperymentalne na stole wstrząsowym dotyczące identyfikacji parametrów dynamicznych uszkodzonej konstrukcji

Dyplomantka:
Kamila
Siedlecka

Rok: 2008

Department of Structural Mechanics
Faculty of Civil and Environmental Engineering
Gdańsk University of Technology, Gdańsk, Poland

Tytuł: Analiza zachowania się mostu na wyspie Wolin poddanego obciążeniom sejsmicznym i wstrząsom górniczym

Dyplomant:
Przemysław Słomka

Rok: 2008

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

ZAPRASZAM DO WSPÓŁPRACY