

POLITECHNIKA
KRAKOWSKA
IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI
TADEUSZ KOŚCIUSZKO
CRACOW UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY
KRAKÓW 1999



PK

378
DOCTOR

TYTUŁY NADANE
W 1997/98

DOCTOR
HONORIS
CAUSA

TITLES CONFERRED
IN 1997/98

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000226135

TYTUŁY
NADANE W 1997/98

DOCTOR
HONORIS
CAUSA

TITLES CONFERRED
IN 1997/98

PRZEWODNICZĄCY KOLEGIUM REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTW POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
Elżbieta Nachlik

Praca pod redakcją Marcina Chrzanowskiego

Inst. Nauk.



I- 330682

ISBN 83-7242-037-8

Opracowanie redakcyjne: Redakcja Wydawnictw Politechniki Krakowskiej
Przygotowanie materiałów i konsultacje: *Krystyna Hajduk*
Tłum. na jęz. ang.: *Elżbieta Han-Wiercińska*
Opracowanie graficzne: *Jadwiga Mączka*
Foto: *Jan Zych*
Druk: *Pracownia AA*

Q-268 | 2008

TYTUŁY
NADANE W 1997/98

DOCTOR
HONORIS
CAUSA

TITLES CONFERRED
IN 1997/98

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
im. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

TADEUSZ KOŚCIUSZKO
CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

KRAKÓW 1999

Sint sua praemia laudi!

Tytuł doktora honoris causa jest zarówno najwyższym wyróżnieniem akademickim, jakie może nadać uczelnia osobie wybitnej, jak i zaszczytem dla uczelni, która ten tytuł nadaje. Politechnika Krakowska w kadencji kierownictwa uczelni obejmującej okres 1996/97–1998/99 dostąpiła go trzykrotnie dzięki polskim uczonym. Byli to – w kolejności nadawania tytułu:

Zenon MRÓZ

– profesor zwyczajny doktor habilitowany inżynier, członek korespondent Polskiej Akademii Nauk, pracownik naukowy Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, światowej sławy specjalista w zakresie mechaniki stosowanej; tytuł nadany dnia 3 grudnia 1997 r.; promotor: profesor Jacek Skrzypek.

Wiktor ZIN

– profesor zwyczajny doktor habilitowany inżynier architekt, emerytowany profesor Politechniki Krakowskiej, historyk architektury i konserwator zabytków, niezrównany popularyzator piękna ojczystej architektury; tytuł nadany dnia 28 stycznia 1998 r.; promotor: profesor Andrzej Kadłuczka.

Władysław MUSZYŃSKI

– profesor zwyczajny doktor inżynier, emerytowany profesor Politechniki Krakowskiej i jej rektor w latach 1972–1975 i 1987–1990, oddany bez reszty Uczelni od pierwszych dni jej powstania; tytuł nadany dnia 6 maja 1998 r.; promotor: profesor Kazimierz J. Flaga.

Dzięki uprzejmości władz Uniwersytetu Jagiellońskiego uroczystości odbyły się w Muzeum Uniwersytetu, mieszczącym się w budynku Collegium Maius, datowanym na początek wieku XV, w historycznej Sali Posiedzeń Senatu. Podkreśliło to istnienie wspólnego źródła wszystkich uczelni akademickich Krakowa, które bije tu, w miejscu gdzie jest siedziba Alma Mater, najstarszej polskiej uczelni, jednego z najstarszych uniwersytetów świata.

Niniejszy tom, zawierający zwięzłe życiorysy dostojnych laureatów, teksty wygłoszonych przez nich wykładów okolicznościowych i dokumentację fotograficzną ceremonii, jest próbą utrwalenia tych podniosłych wydarzeń i skromnym holdem wdzięczności, jaki Politechnika Krakowska pragnie złożyć swoim doktorom honoris causa.

Marcin Chrzanowski
Prorektor Politechniki Krakowskiej

Sint sua praemia laudi!

The title of doctor honoris causa is the highest academic distinction that a university can confer on an eminent person. It is also an honour for the university conferring the title. During the 1996/97–1998/99 term of office of the authorities of the Cracow University of Technology the School had this privilege three times thanks to the Polish scientists. These scientists were – in the order of being conferred the title:

Zenon MRÓZ

– full professor, Ph.D., D.Sc. Eng., corresponding member of the Polish Academy of Sciences, member of research staff of the Institute of Fundamental Technological Research (IPPT) of the Polish Academy of Sciences, a specialist of world renown in the field of applied mechanics. The title was conferred on Dec. 3, 1997, supervisor: Prof. Jacek Skrzypek.

Wiktor ZIN

– full professor, Ph.D., D.Sc., Eng. Arch., professor emeritus of the Cracow University of Technology, historian of architecture and conservator of historical monuments, unsurpassed populariser of the beauty of the Polish architecture. The title was conferred on Jan. 28, 1998, supervisor: Prof. Andrzej Kadluczka.

Władysław MUSZYŃSKI

– full professor, Ph.D., D.Sc., Eng., professor emeritus of the Cracow University of Technology and its Rector in the years 1972–1975 and 1987–1990, utterly devoted to the University since the very first days of its creation. The title was conferred on May 6, 1998, supervisor: Prof. Kazimierz J. Flaga.

By courtesy of the authorities of the Jagiellonian University the ceremonies took place in the University Museum, housed in Collegium Maius, dating from the early 15th C, in the historical Hall of Senate Sessions. This fact emphasised the common sources of all the academic schools of Cracow which are traced here, in the seat of Alma Mater, the oldest Polish university, one of the oldest universities in the world.

The present volume, including concise curricula vitae of the distinguished laureates, the lectures they delivered on the occasion and the photographs of the ceremonies, is an attempt to commemorate these grand events and a humble tribute of gratitude which the Cracow University of Technology wishes to pay its doctors honoris causa.

Marcin Chrzanowski
Vice-rector of the Cracow University of Technology

Profesor

Zenon Mróz



Quod felix faustum fortunatumque sit

Nos

Rector et Senatus Academicus

TECHNICAE THADDAEO-KOSCIUSZKIANAE CRACOVIENSIS

et

Ordo Professorum Facultatis Mechanicae

in virum doctissimum ac clarissimum

ZENONEM MRÓZ

Academiae Scientiarum Polonae socium cooptatum, professorem ordinarium in Instituto Summarum Quaestionum Technicae Academiae Scientiarum Polonae, doctorem honoris causa Universitatis Miscolciensis et Polytechnicae Montanae Hannoniae

qui vir nomen sibi paravit maximum et conditor nobilissimus nostrae Polonorum scholae hodiernae mechanicae, et vir doctus inter alios viros omnium gentium peritissimus mechanicae materialium et constructionum, imprimis autem exercitatus in aequationibus constitutorum centrorum non elasticorum cum ponderibus variis et respectu ad corroborationem habito, in analysi geomaterialium, in optimisatione et analysi sensuabilitatis, in quaestionibus ad frictionem, consumptionem et damna in zona contactus pertinentibus

qui a quindecim consiliis nobilissimorum actorum scientificorum edendorum socius est assumptus, et consiliis scientificis multorum conferentiarum conventuumque interfuit, et a plurimis amplissimis organisationibus scientificis et professionalibus socius est ascitus

qui vir ingenio praestantissimus investigationibus multis susceptis atque ad finem adductis plurima conscripsit opera, libros, disputationes monographiasque, quae eis, qui mechanicam tractant, usui et sunt et erunt, qua re factum est, ut schola Polona mechanicae toto orbe terrarum gloriam maximam adipisceretur

qui magister optimus in Polonia et apud externos multos educavit doctores et doctores habilitatos, sed etiam plurimos annos aliorum virorum feminarumque gradus scientificos appetentium libris disputationibusque iudicandis operam navavit strenuissimam utilissimamque, qua re effecit, ut Cracoviensis schola mechanicae pulcherrime florere coeperit

qui vir veritatis amantissimus et idem fortissimus, honestissimus, modestissimus ad multorum discipulorum, amicorum collegarumque Cracoviensium aliorumque animos conformandos vim habuit maximam duraturamque, cum eos in mentis cordisque virtutibus excolendis benevolentissimus iuaret

doctoris honoris causa

nomen et dignitatem, iura ac privilegia contulimus atque in eius rei fidem hoc diploma Polytechnicae Cracoviensis sigillis sancendum curavimus.

Dabamus Cracoviae, die tertia mensis Decembris anno millesimo nongentesimo nonagesimo septimo

Hyacinthus SKRZYPEK

scientiarum technicarum doctor
mechanicae professor

PROMOTOR

Georgius CYKLIS

scientiarum technicarum doctor
machinarum construarum professor

DECANUS

Casimirus FLAGA

scientiarum technicarum doctor
aedificationis professor

POLYTECHNICAE CRACOVIENSIS RECTOR

Profesor

Zenon Mróz

Profesor Zenon Mróz urodził się w Suchowoli 2 listopada 1930 roku. Studia wyższe ukończył w roku 1952 na Wydziale Mechanicznym Politechniki Warszawskiej. Pracę doktorską wykonał pod kierunkiem prof. W. Ólszaka w 1959 roku, a w latach 1960–1961 odbył staż podoktorski na Uniwersytecie Browna (Providence), pracując pod kierunkiem prof. W. Pragera. W roku 1965 uzyskał stopień doktora habilitowanego, w 1971 tytuł profesora nadzwyczajnego, zaś w 1978 tytuł profesora zwyczajnego. Na tym stanowisku pracuje do dziś w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie.

Od 1986 roku członek korespondent PAN. Doktor honoris causa Uniwersytetu w Miskolcu oraz Politechniki w Mons.

Bogaty i oryginalny dorobek naukowy Profesora Mroza obejmuje ponad 200 publikacji w najwyższych rangą periodykach naukowych z zakresu mechaniki materiałów i konstrukcji, a w szczególności z zakresu optymalizacji i analizy wrażliwości, modelowania konstytutywnego wzmocnienia plastycznego przy obciążeniach cyklicznych, niesprężystej analizy geomateriałów oraz problematyki tarcia, zużycia i rozwoju uszkodzeń. Ponadto jest autorem lub współautorem 9 monografii. Liczba cytowań prac Profesora Mroza jest wyjątkowo wysoka. Wyrazem uznania prof. Z. Mroza za najwyższej rangi specjalistę w zakresie mechaniki ośrodków ciągłych i teorii konstrukcji jest członkostwo w komitetach redakcyjnych 15 prestiżowych czasopism naukowych, w licznych komitetach naukowych konferencji i kongresów, a także członkostwo wielu organizacji naukowych i zawodowych, w tym, jako jedyny Polak, w IUTAM Congress Committee.

Profesor Mróz wypromował 21 doktorów w Polsce, 3 za granicą, był opiekunem naukowym 5 habilitantów.

Wielokrotnie zapraszany na wykłady przez uniwersytety zagraniczne, m.in.: Uniwersytet Waterloo (Kanada), Ecole Polytechnique (Palaiseau – Francja), Uniwersytet Walijski (Swansea – W. Brytania), Uniwersytet Cambridge (W. Brytania), Virginia Polytechnic Institute (Blacksburg – Stany Zjednoczone), Uniwersytet Kyoto (Japonia), Uniwersytet Paris Nord (Francja), Uniwersytet Minnesota (Minneapolis – Stany Zjednoczone) i wiele innych.

Wkład prof. Z. Mroza w rozwój naukowy pracowników Politechniki Krakowskiej jest bardzo znaczący. Był recenzentem licznych prac doktorskich i habilitacyjnych oraz przewodów nominacyjnych prowadzonych w PK na Wydziałach Mechanicznym i Inżynierii Lądowej, współautorem publikacji z profesorami z Politechniki Krakowskiej i współorganizatorem wspólnych konferencji.

Jest laureatem Nagrody Państwowej I stopnia, 3 nagród Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 3 nagród Wydziału IV PAN, odznaczony Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski (1973).

Profesor Zenon Mróz jest jednym z najwybitniejszych twórców współczesnej polskiej szkoły mechaniki i chlubnym kontynuatorem tradycji współpracy między szkołą warszawską a szkołą krakowską mechaniki, zainicjowanej przez profesorów W. Olszaka i A. Sawczuka.

Professor Zenon Mróz

Zenon Mróz was born in Suchowola on Nov. 2, 1930. He completed his university education in 1952 at the Department of Mechanical Engineering of the Warsaw University of Technology. His Ph.D. dissertation was supervised by Prof. W. Olszak (1959), in the years 1960–1961 he had his postdoctoral fellowship at the Brown University (Providence), under the supervision of Prof. W. Prager. In 1965 he was conferred the degree of D.Sc., in 1971 the title of associate professor, and in 1978 the title of full professor. He has held this position till today at the Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences, Warsaw.

Since 1986 he has been a corresponding member of the Polish Academy of Sciences. Doctor honoris causa of Miskolc University and Polytechnique in Mons.

The extensive and original work of Prof. Mróz includes over 200 publications in scientific periodicals of highest renown in the field of mechanics of materials and structures, and in particular in the field of optimal design and sensitivity analysis, constitutive modelling of plastic hardening under cyclic loads, non elastic analysis of geomaterials as well as friction, wear and damage evolution. He is also an author or co-author of 9 monographs. The works by Prof. Mróz have been referred to in extremely high number. The appreciation of Prof. Mróz as a most outstanding specialist in mechanics of continuous media and theory of structures is expressed by his membership in editorial committees of 15 prestigious scientific periodicals, numerous conference and congress committees as well as membership of many scientific and professional organisations including, as the only Polish scientist, IUTAM Congress Committee.

Prof. Mróz has supervised 21 doctors of science in Poland, 3 abroad, he has been a scientific supervisor of 5 D.Sc. degree candidates.

He has been invited to give lectures by numerous foreign universities such as: Waterloo University (Canada), Ecole Polytechnique (Palaiseau, France), University of Wales (Swansea, Great Britain), Cambridge University (Great Britain), Virginia Polytechnic Institute (Blacksburg, USA), Kyoto University (Japan), Paris Nord University (France), Minnesota University (Minneapolis, USA) and many other schools.

He has greatly contributed to the CUT staff development by reviewing many Ph.D. and D.Sc. dissertations at the Faculties of Mechanical and Civil Engineering, being a co-author of publications with other CUT professors and co-organiser of joint conferences.

For his outstanding achievements and contribution to the Polish science he has been honoured with many distinctions and awards conferred by the State and institutional organisations.

Professor Mróz is one of the most outstanding creators of the Polish school of mechanics, continuing the tradition of co-operation between the Warsaw and Cracow schools, initiated by professors W. Olszak and A. Sawczuk.

Stany graniczne konstrukcji i materiałów

1. Wstęp

Temat niniejszego wykładu będzie dotyczył zagadnienia, z którym zetknąłem się na pierwszym seminarium doktoranckim w 1955 r. w grupie prof. Wacława Olszaka w Warszawie, a mianowicie określenia stopnia wyężenia materiału i jego stanu granicznego, tak aby można było wyznaczyć bezpieczny poziom naprężenia, zapewniający właściwy zapas bezpieczeństwa. Graniczny stan wyężenia mógł być utożsamiany z początkiem płynięcia plastycznego materiału lub z kruchym pękaniem. Podobne zagadnienia stawiamy przy analizie i projektowaniu elementu konstrukcyjnego lub złożonego układu mechanicznego czy konstrukcji. Określenie stanu granicznego lub krytycznego, jako funkcji działających obciążeń, pozwala na właściwy wybór wymiarów i materiałów konstrukcji, zapewniający pewien zapas bezpieczeństwa w stosunku do stanu granicznego.

Różnorodność konstrukcji materiałów i rodzajów obciążeń utrudnia ogólne podejście do tego zagadnienia. Spróbujmy najpierw sklasyfikować w sposób dość ogólnikowy główne typy konstrukcji, ich materiały i charakter obciążeń. Tabela 1 przedstawia tego rodzaju ogólną charakterystykę.

W dalszej części wykładu zostaną omówione metody analizy i zasady projektowania konstrukcji.

Tabela 1

Klasyfikacja konstrukcji, materiałów i obciążeń

	Materiały	Obciążenia
<i>Konstrukcje inż. lądowej</i> Budynki Mosty, estakady Tunele Silosy Zapory Konstrukcje geotechniczne (fundamenty, pale, mury oporowe)	Stal Beton (żelbet) Cegła Drewno Materiały połączone	Użytkowe: mechaniczne, termiczne, oddziaływanie wiatru, sejsmiczne, korozja
<i>Konstrukcje maszynowe</i> Silniki spalinowe Turbiny Instalacje ciepłe Pojazdy (samochody, pociągi) Maszyny robocze Konstrukcje okrętowe	Stal Stopy metali Kompozyty	Mechaniczne, Ciepłe (wysokie temperatury), Dynamiczne: uderzenia, korozja
<i>Konstrukcje lotnicze</i> Samoloty: poddźwiękowe, naddźwiękowe Helikoptery Satelity, rakiety	Lekkie stopy Kompozyty	Mechaniczne, aerodynamiczne (flutter), ciepłe, uderzenia

2. Analiza konstrukcji

2.1. Analiza liniowa

Do określenia stanów granicznych konstrukcji potrzebna jest analiza prowadząca do wyznaczenia stanów naprężenia $\boldsymbol{\sigma}(x)$, odkształcenia $\boldsymbol{\varepsilon}(x)$ i przemieszczenia $\mathbf{u}(x)$. Najbardziej klasyczną i powszechnie stosowaną jest *analiza liniowa*, wychodząca z założeń liniowej teorii sprężystości (prawo Hooke'a) i założenia liniowych związków pomiędzy przemieszczeniem a odkształceniem. Równanie liniowej teorii sprężystości możemy krótko przedstawić w postaci

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\varepsilon}(x) &= \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + \nabla^T \mathbf{u}) = \mathbf{L}\mathbf{u} && \text{- związek odkształcenie-} \\ &&& \text{-przemieszczenie} \\ \boldsymbol{\sigma} &= \mathbf{E}\boldsymbol{\varepsilon} && \text{- prawo Hooke'a} \\ \operatorname{div} \boldsymbol{\sigma} + \mathbf{f} &= 0 && \text{- równanie równowagi} \\ \boldsymbol{\sigma} \mathbf{n} &= \mathbf{t}^0 \quad \text{na } S_T && \text{- warunki brzegowe na brzegu} \\ &&& \text{obciążonym } S_T \\ \mathbf{u} &= \mathbf{u}^0 \quad \text{na } S_u && \text{- warunki brzegowe na brzegu} \\ &&& \text{podpartym } S_u\end{aligned}\tag{1}$$

W równaniach tych \mathbf{E} oznacza tensor modułów sprężystości, zaś \mathbf{t}^0 , \mathbf{u}^0 są zadanymi siłami i przemieszczeniami na brzegach S_T i S_u , zaś \mathbf{f} jest polem sił masowych. Podobne związki możemy napisać dla poszczególnych typów konstrukcji (belki, płyty, powłoki) przy użyciu uogólnionych sił i odkształceń.

Podstawowe metody analizy liniowej zarówno analityczne, jak i numeryczne zostały w ostatnim pięćdziesięcioleciu dostatecznie wyczerpująco opracowane, tak aby umożliwić uzyskanie efektywnych rozwiązań dla konkretnych problemów brzegowych. Szeroka klasa ścisłych rozwiązań analitycznych, metody przybliżone, a w pierwszym rzędzie metody numeryczne (metody elementów skończonych i elementów brzegowych) stanowią efektywne narzędzia w analizie liniowej konstrukcji. Możemy tu wyróżnić kilka charakterystycznych typów analizy odnoszących się do różnych stanów naprężenia konstrukcji, a mianowicie:

- a) stany regularne,
- b) stany quasi-regularne,
- c) stany osobliwe.

Stany regularne występują w przypadku ciągłej zmienności przestrzennej stanów naprężenia i przemieszczenia oraz ograniczonych gradientów tych zmian. Stany quasi-regularne zachodzą, gdy mają miejsce silne koncentracje naprężeń w okolicy karbów, otworów lub wtrąceń, a także nieciągłości naprężeń w układach kompozytowych. Wreszcie stany osobliwe związane są z występowaniem nieskończenie wielkich naprężeń na krawędziach szczelin, ostrych karbów i powierzchniach rozdziału materiałów o różnych własnościach. Liniowa mechanika szczelin zajmuje się

opisem pól osobliwych wywołanych istniejącym układem szczelin, a także ich propagacją przy przekroczeniu granicznej intensywności koncentracji. Wychodząc z energetycznego kryterium Griffitha rozwinięto nie tylko efektywną analizę osobliwych stanów naprężenia, ale w pierwszym rzędzie opracowano kryteria niestatecznego wzrostu szczelin, prowadzącego do zniszczenia konstrukcji, a tym samym określenia powierzchni stanów granicznych dla mechanizmów kruchoego pękania. Liniowa mechanika szczelin została szeroko rozwinięta zarówno dla materiałów jednorodnych, jak i niejednorodnych i stanowi obecnie podstawę do metod projektowania oraz do dalszego rozwinięcia teorii z uwzględnieniem stanów niesprężystych.

2.2. Analiza nieliniowa

Analizę nieliniową możemy podzielić na kilka charakterystycznych klas wyróżniając zakres deformacji i rozwój odkształceń niesprężystych, a mianowicie:

a) Analizę sprężystą:

- małe odkształcenia, duże przemieszczenia,
- duże odkształcenia, duże przemieszczenia,
- problemy kontaktu powierzchni,
- propagacja szczelin w zakresie odkształceń sprężystych.

b) Analizę niesprężystą:

- deformacje plastyczne materiału,
- pełzanie materiału,
- rozwój uszkodzeń,
- problemy kontaktowe w zakresie niesprężystym,
- propagacja szczelin w zakresie odkształceń plastycznych.

Powyższy podział jest dość ogólny i nie wyczerpuje wszystkich problemów, tym niemniej ułatwia klasyfikację zagadnień. Tak więc w zakresie sprężystym źródłem nieliniowości jest skończona zmiana początkowej konfiguracji konstrukcji wywołana polem przemieszczeń lub też rozwój skończonych odkształceń, których opis wymaga nieliniowego związku pomiędzy odkształceniem a przemieszczeniem. Druga grupa nieliniowych problemów związana jest z analizą rozwoju odkształceń plastycznych lub lepkich, generujących wzrost podatności oraz pełzanie konstrukcji, a także rozwój uszkodzeń i propagację istniejących szczelin. Nieliniowość geometryczna i deformacja plastyczna występują często jednocześnie, co prowadzi do pełnej nieliniowej procesu deformacji konstrukcji z uwzględnieniem skończonych odkształceń i przemieszczeń, a także rozwoju struktury anizotropowej materiału i w dalszym stadium uszkodzeń prowadzących do zniszczenia.

Równania analizy nieliniowej dla konstrukcji sprężystej formułujemy w postaci przyrostowej względem zmieniającego się parametru obciążenia. Stosując zapis operatorowy możemy wyrazić te równania w postaci

$$\begin{aligned}
 \boldsymbol{\varepsilon} &= \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}), & \delta \boldsymbol{\varepsilon} &= \boldsymbol{\varepsilon}_{,u} \delta \mathbf{u} = \mathbf{B}(\mathbf{u}) \delta \mathbf{u} \\
 \boldsymbol{\sigma} &= \mathbf{E} \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}) \\
 \mathbf{B}^T \boldsymbol{\sigma} &= \mathbf{p}(\mathbf{u}, \lambda)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

gdzie tensor odkształcenia jest nieliniową funkcją różniczkową stanu przemieszczenia, zaś jego przyrost lub wariacja jest liniową funkcją przyrostu przemieszczenia. Ostatnie równanie wyraża warunki równowagi, gdzie \mathbf{p} jest wektorem obciążenia zależnym ogólnie od parametru λ i zmiennej konfiguracji zależnej od stanu przemieszczenia. Przecinek oznacza różniczkowanie względem przemieszczenia. Przyrostowa postać wynika ze zróżniczkowania równania równowagi względem parametru obciążenia, a mianowicie

$$\mathbf{K}\dot{\mathbf{u}} = \mathbf{p}_{,\lambda} \dot{\lambda}$$

gdzie

(3)

$$\mathbf{K} = \mathbf{B}^T \mathbf{D} \mathbf{B} + \boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{B}_{,ii} - \mathbf{p}_{,ii}$$

jest macierzą styczną analizy przyrostowej, zaś kropka nad symbolem oznacza różniczkowanie względem parametru ewolucji.

Analiza nieliniowa ma na celu realistyczny opis zjawisk zachodzących w procesach deformacji materiałów poczynając od stanu początkowego aż do stanu całkowitego zniszczenia, z wyróżnieniem poszczególnych faz. W szczególności możemy określić fazę przedkrytyczną, stan graniczny i fazę pokrytyczną.

Aktualny wysiłek badaczy koncentruje się na różnorodnych problemach nieliniowej i niesprężystej analizy materiałów i konstrukcji zarówno od strony doświadczalnej, jak i teoretycznej oraz numerycznej. Można stwierdzić, że aktualnie około 70% prac badawczych z zakresu mechaniki dotyczy analizy nieliniowej.

3. Metody projektowania

Spójrzmy obecnie na zastosowanie wyników obu typów analiz w metodach projektowania. Mamy tu sytuację odwrotną, bowiem metody i ustalone normy projektowania w dużo większym zakresie (ok. 90%) opierają się na analizie liniowej bardziej prostej i zależnej od niewielkiej liczby parametrów materiałowych.

3.1. Analiza liniowa w projektowaniu

Metody projektowania wykorzystujące analizę liniową można w dużym skrócie przedstawić następująco:

a) wyznaczanie stanów naprężenia, odkształcenia i przemieszczenia $\boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\varepsilon}, \mathbf{u}$ przy założonych obciążeniach projektowych,

b) wyznaczenie parametrów projektowych konstrukcji s_1, s_2, \dots, s_m

przy spełnieniu nałożonych ograniczeń:

$$\text{ograniczenie naprężeniowe } \boldsymbol{\sigma} < \boldsymbol{\sigma}_a$$

$$\text{ograniczenie przemieszczeniowe } \mathbf{u} < \mathbf{u}_a$$

$$\text{ograniczenie niezawodnościowe } P_f < P_{fa}$$

$$\text{ograniczenie wyboczeniowe } \boldsymbol{\sigma}_s < \boldsymbol{\sigma}_{sa}$$

gdzie σ_a , σ_{sa} i u_a są zadanymi wartościami dopuszczalnymi naprężeń i przemieszczeń, zaś P_{fa} jest dopuszczalnym prawdopodobieństwem zniszczenia.

W wyniku zastosowania analizy liniowej uzyskujemy projekt bezpieczny, ale mało ekonomiczny, bowiem pomijamy efekt redystrybucji naprężeń wskutek rozwoju odkształceń plastycznych czy pełzania, a także efekt rozwoju uszkodzeń na zmianę modułów sztywności. Tym samym ocena stanu granicznego jest zaniżona, gdyż w rzeczywistości konstrukcja wskutek deformacji plastycznych przystosowuje się do zadanego obciążenia i osiąga stan graniczny dla większych wartości obciążeń.

3.2. Analiza nieliniowa w projektowaniu

Podobnie jak dla analizy liniowej możemy przedstawić następujące etapy projektowania:

- a) wyznaczenie stanów σ , ϵ , u dla zadanego programu obciążenia,
- b) określenie stanów granicznych dla różnych form potencjalnego zniszczenia, takich jak: wyboczenie, nośność graniczna (plastyczna), kruche zniszczenie, zmęczenie (wysoko lub niskocyklowe), korozja, itp.,
- c) wyznaczenie parametrów projektowych zapewniających wystarczająco duży zapas bezpieczeństwa względem stanów granicznych.

Analiza nieliniowa pozwala na bardziej realistyczną ocenę stanów granicznych, bowiem bardziej dokładnie opisujemy procesy rozwoju deformacji i uszkodzeń przed osiągnięciem tych stanów. Jednocześnie należy zdawać sobie z tego sprawę, że dokładność opisu złożonych procesów deformacji plastycznej zależy od znacznie większej liczby parametrów materiałowych, których identyfikacja może nastęrczać poważne trudności. Równocześnie weryfikacja doświadczalna modeli teoretycznych wymaga bardzo szerokich i kosztownych programów badań, możliwych jedynie w wyspecjalizowanych laboratoriach. Dlatego też pomimo dużego wysiłku badawczego i znaczącego rozwoju analizy nieliniowej, obszar jej zastosowań w metodach projektowania jest obecnie stosunkowo niewielki. Niebagatelną przyczyną tego jest również fakt, że zastosowanie bardziej nowoczesnych metod projektowania wymaga wyszkolenia olbrzymiej liczby inżynierów nie mających do tej pory właściwego doświadczenia w ich stosowaniu.

Metody projektowania wynikają z wieloletnich doświadczeń, a istniejące normy projektowania oparte są zarówno na postawach mechaniki materiałów i konstrukcji, jak również na istniejących danych doświadczalnych oraz obserwacjach postaci zniszczenia i uszkodzeń konstrukcji. W dużym uproszczeniu, zasady projektowania można ująć w następujących trzech punktach:

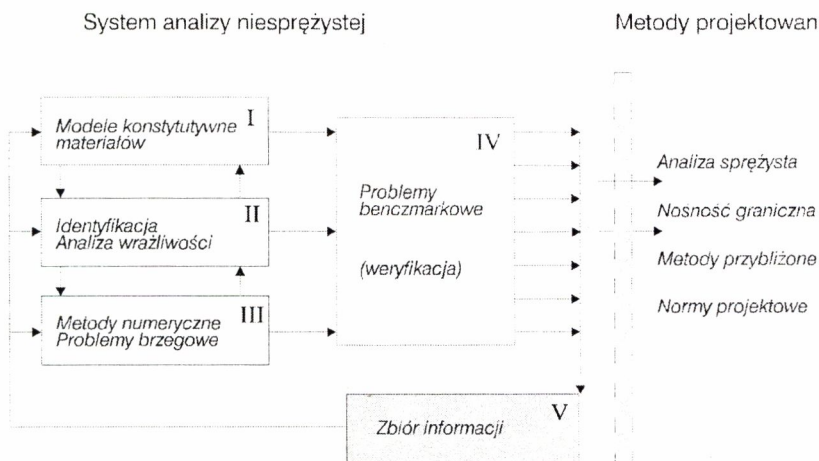
- a) identyfikacja stanu granicznego (formy zniszczenia),
- b) projektowanie na określony współczynnik bezpieczeństwa względem tego stanu,
- c) użycie najprostszycch metod i modeli obliczeniowych do określenia stanu granicznego.

Tak więc liniowa teoria sprężystości materiałów izotropowych i liniowa mechanika szczelin (oraz pewne elementy teorii nośności granicznej dla idealnie plastycznych modeli materiałów) stanowią podstawę metod projektowania. Użycie bardziej złożonych modeli jest wymagane jako element sprawdzający dla istniejącego projektu, uzyskanego w wyniku uproszczonej procedury projektowania.

Oddziaływanie wyników badań w zakresie niesprężystej analizy materiałów i konstrukcji na metody projektowania możemy przedstawić schematycznie (tabela 2).

Tabela 2

System analizy i metody projektowania



Z lewej strony pionowej przegrody mamy wzajemnie oddziałujące na siebie obszary badań oznaczone prostokątami, a mianowicie:

- I – modele konstytutywne materiałów.
- II – identyfikacja parametrów modeli i analiza ich wrażliwości.
- III – metody numeryczne i rozwiązywanie problemów brzegowych.
- IV – problemy benczmarkowe i weryfikacja zarówno modeli konstytutywnych, jak i metod numerycznych.
- V – zbiór informacji wygenerowanej w wyniku badań.

W wyniku działalności badawczej w poszczególnych blokach otrzymujemy strumień informacji naukowej (w postaci: prac, programów komputerowych, książek, dysków, CD-ROM) skierowany w stronę pionowej mało przepuszczalnej przegrody. Jedyne nieznaczna część tego strumienia przedostaje się na drugą stronę do obszaru metod projektowania. Odbita część strumienia opada w dół do zbiornika informacji (biblioteki, systemy obliczeniowe, dyski komputerowe itp.), skąd drogą recyrkulacji zasila działalność w obszarach badawczych I–V, co prowadzi do dalszego rozwoju badań i generowania ulepszonych strumienia informacji.

- Ten schematyczny rysunek dobrze odzwierciedla wzajemną relację obszarów badań i projektowania. Przenikanie strumienia informacji do obszaru projektowania następuje po kilkakrotnym obiegu w momencie uzyskania właściwego stopnia niezawodności i prostoty. Bowiem metody projektowania będące wynikiem wieloletnich doświadczeń i zakumulowanej wiedzy inżynierskiej opierają się na możliwie najprostszej analizie, wymagającej najmniejszej liczby parametrów materiałowych, których identyfikacja jest związana z małym błędem.

Olbrzymi wysiłek badawczy w zakresie niesprężystej analizy materiałów i konstrukcji w ostatnim półwieczu nie został do tej pory w pełni wykorzystany w metodach projektowania, z wyjątkiem technologii reaktorów atomowych i technologii konstrukcji antysejsmicznych. Należy oczekiwać, że znaczenie analizy nieliniowej w projektowaniu wzrośnie w sposób radykalny w przyszłym stuleciu.

4. Stany graniczne

Identyfikacja mechanizmów zniszczenia fascynowała inżynierów i badaczy od wielu lat. W wydanej ostatnio książce pod redakcją D. R. H. Jonesa: *Failure Analysis: Case Studies* [1998] przedstawiono obszernie analizę wielu przypadków zniszczenia konstrukcji, wynikających z utraty stateczności, kruchego pęknięcia, zmęczenia wspomaganego efektami korozji, a także skutek wzajemnego oddziaływania poszczególnych mechanizmów. Natomiast klasyczna monografia A. Naddaia [1950] omawia szeroko różnorodne formy zniszczenia materiałów.

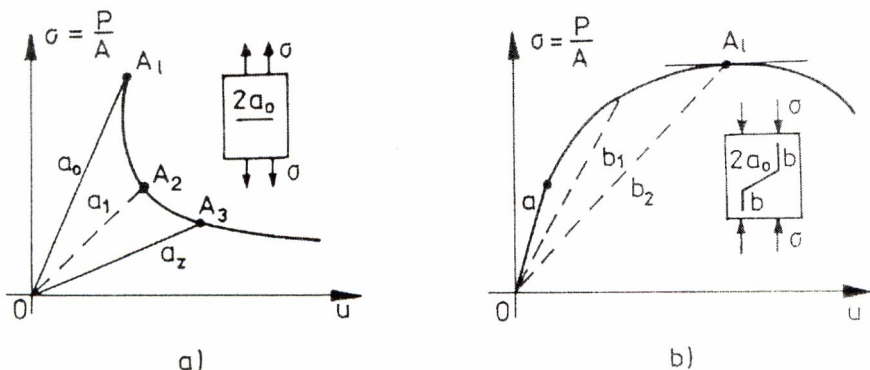
Spróbujemy obecnie krótko omówić najbardziej typowe mechanizmy zniszczenia i związane z nimi stany graniczne (lub krytyczne), przedstawione graficznie na rysunkach 1–7.

4.1. Zniszczenie kruche

Załóżmy, że w materiale istnieją początkowe defekty w postaci płaskich szczelin. Przy rozciąganiu (rys. 1a) pojedyncza szczelina o długości $2a$, zgodnie z teorią Griffitha (1920), rozpoczyna wzrost po osiągnięciu krytycznej wartości naprężenia σ_c określonego wzorem

$$\sigma = \sigma_c = \sqrt{\frac{2\gamma E}{\pi a}} \quad (4)$$

gdzie γ jest jednostkową energią powierzchniową, zaś E jest modulem Younga.



Rys.1. Propagacja szczeliny przy: a) rozciąganiu, b) ściskaniu

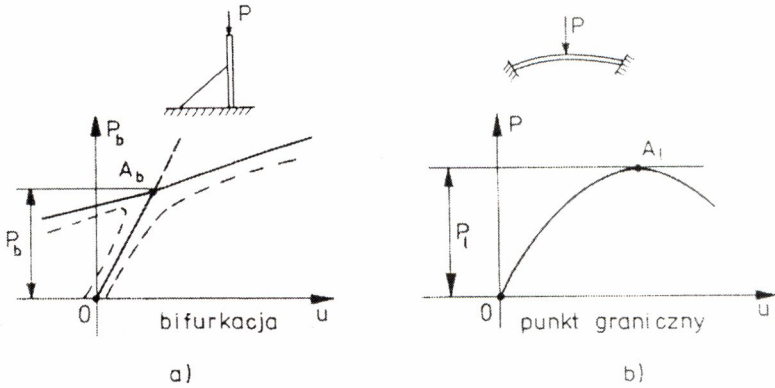
Dalszy wzrost zachodzi po drodze niestatecznej A_1, A_2, A_3 , odpowiadającej ścieżce równowagi dla różnych długości szczelin. Tak więc punktem granicznym jest punkt A_1 , zaś proces zniszczenia przy ustalonej sile lub naprężeniu zachodzić będzie w sposób dynamiczny. Rysunek 1b odpowiada przypadkowi ściskania próbki przy istnieniu nachylonej szczeliny o długości $2a_0$. Wzrost szczeliny zachodzić będzie w nowym kierunku, zgodnym z kierunkiem ściskania. W wyniku tego wzrostu otrzymamy szczelinę skrzydłową pokazaną na rys. 1b. Proces początkowego wzrostu zachodzić będzie w sposób stateczny przy wzroście naprężenia, zaś punkt graniczny A_1 zostanie osiągnięty przy określonej długości nowej szczeliny skrzydłowej, po czym rozpocznie się proces dynamicznego zniszczenia. Te dwa rozpatrzone przypadki ilustrują znacznie stanów granicznych. Po osiągnięciu takich stanów przy zadanym obciążeniu układ traci równowagę statyczną i proces deformacji związany ze zniszczeniem zachodzi jako proces dynamiczny. Stany poprzedzające osiągnięcie punktu granicznego nazywać będziemy *stanami regularnymi* (albo *przedkrytycznymi*), zaś po osiągnięciu punktu granicznego *stanami pokrytycznymi* (zob. H.Liebowitz [1968]).

4.2. Utrata stateczności

Stan graniczny może być również osiągnięty przez element materiału lub konstrukcję, gdy występuje bifurkacja stanu równowagi (rys.2a), lub punkt graniczny z osiągnięciem maksimum siły (rys.2b). W pierwszym przypadku po osiągnięciu stanu wyboczenia A_1 , droga obciążenia związana jest nową postacią deformacji odpowiadającej ścieżce pokrytycznej o dużo większej podatności w stosunku do przyłożonego obciążenia. W drugim przypadku obciążenie osiąga maksimum, zaś proces pokrytyczny odpowiada malejącej wartości siły. Stan krytyczny możemy określić z równania przyrostowego (3), a mianowicie

$$\det(\mathbf{K}) = 0, \quad \mathbf{K}\mathbf{v} = 0, \quad \dot{\lambda} = 0, \quad \text{albo} \quad \dot{\lambda} \neq 0, \quad \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{p}_{,\lambda} = 0 \quad (5)$$

gdzie v jest wektorem własnym określającym formę stanu krytycznego. Warunek $\lambda = 0$ odpowiada stanowi granicznemu, zaś warunek $v^T \cdot p_{,\lambda} = 0$ określa punkt bifurkacji (zob. K. Huseyin [1975]).



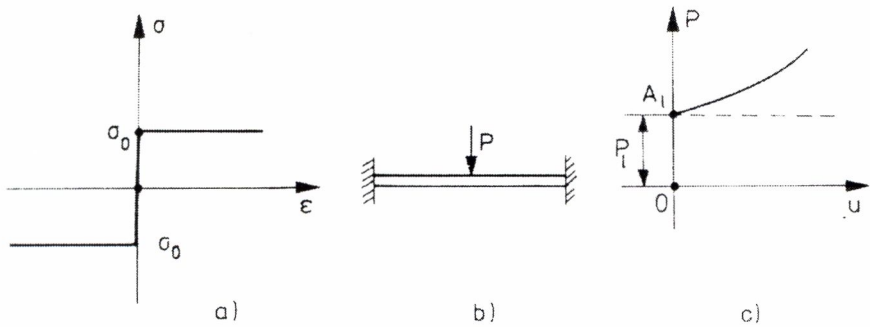
Rys.2. Stan krytyczny odpowiadający: a) punktowi bifurkacji, b) stanowi granicznemu

4.3. Nośność graniczna

Pojęcie nośności granicznej odnosimy do konstrukcji osiągających stan uplastycznienia i rozwój odkształceń plastycznych, przy stosunkowo małej zmianie początkowej konfiguracji. Ponieważ odkształcenia plastyczne znacznie przekraczają odkształcenia sprężyste, możemy rozpatrywać idealny, sztywno-plastyczny model materiału (rys.3a). Mechanizm plastycznego zniszczenia powstaje w momencie osiągnięcia przez współczynnik obciążenia λ wartości krytycznej $\lambda = \lambda_c$, tak że zachodzi równość prędkości pracy obciążenia zewnętrznego i prędkości dysypacji w elementach konstrukcji, to znaczy

$$\int D(\dot{\epsilon}) dV = \lambda_c \int p_0 \cdot v dS_T \quad (6)$$

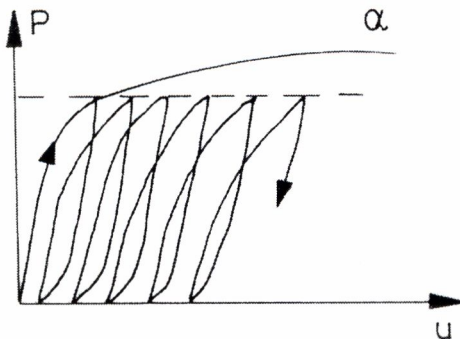
gdzie $D(\dot{\epsilon})$ jest jednostkową mocą dysypacji, zaś $v(x)$ oznacza pole prędkości. Na rys.2b przedstawiono przykład belki utwierdzonej, osiągającej stan graniczny przy sile $\lambda_c p_0 = P_l$, zaś dalsza deformacja zachodzi po ścieżce stycznej lub niestycznej. Metody nośności granicznej, a zwłaszcza metoda obustronnego oszacowania obciążenia granicznego przez określenie przybliżonych pól statycznie lub kinematycznie dopuszczalnych, zostały szeroko rozwinięte i wykorzystane w mechanice konstrukcji metalowych, żelbetowych oraz mechanice gruntów i skał (zob. R. Hill [1950], P. Hodge [1959], R. Izbicki, Z. Mróz [1976], M. Życzkowski [1981]). Rozwinęły się również metody projektowania i optymalizacji wynikające z metod nośności granicznej.



Rys.3. a) model ciała idealnie plastycznego, b) konstrukcja belkowa, c) stan graniczny i stateczny stan pokrytyczny

4.4. Zniszczenie przyrostowe przy obciążeniach cyklicznych

Przy obciążeniach cyklicznych w zakresie sprężysto-plastycznym konstrukcja osiąga ustalony stan powtarzających się tych samych cykli deformacji. Dla dostatecznie dużych amplitud i wartości maksymalnych obciążeń może wystąpić zjawisko przyrostowego zniszczenia wskutek akumulacji odkształceń tego samego znaku, co prowadzi do wzrostu całkowitych odkształceń i przemieszczeń, zaś w końcowej fazie do zniszczenia elementu (rys. 4). Ta forma zniszczenia występuje często w instalacjach cieplnych, gdy zachodzą zarówno cykliczne obciążenia mechaniczne, jak i cykle temperatury. Podobna forma występuje również w konstrukcjach przy obciążeniach sejsmicznych (zniszczenie połączeń). Ważny jest tu fakt, że zniszczenie zachodzi przy obciążeniach niższych aniżeli graniczne wartości obciążeń statycznych.



Rys.4. Zniszczenie przyrostowe przy obciążeniu cyklicznym

4.5. Zmęczenie wysoko- i niskocykliczne

Elementy konstrukcji przy obciążeniach cyklicznych doznają uszkodzeń w miejscach koncentracji naprężeń, co w efekcie prowadzi do generacji makroszczelin i całkowitego zniszczenia. Doświadczenia wykazały, że istnieje granica zmęczeniowa określająca bezpieczny zakres cyklicznych obciążeń, zaś powyżej tej granicy zachodzi akumulacja uszkodzeń i zjawisko zniszczenia w zakresie makronaprężeń sprężystych lub sprężysto-plastycznych (rys.5).

Istnieje wiele teorii, których celem jest określenie liczby cykli odpowiadających powstaniu makroszczeliny w miejscu koncentracji przy zadanych lokalnych amplitudach naprężenia i odkształcenia. Najbardziej rozpowszechnione są tzw. modele płaszczyzn krytycznych, określających liczbę cykli N przez stany naprężenia na określonych płaszczyznach fizycznych w materiale. Tak np. postulując płaszczyznę maksymalnych odkształceń ścinających Π jako płaszczyznę krytyczną, możemy kryterium zmęczenia wyrazić w postaci

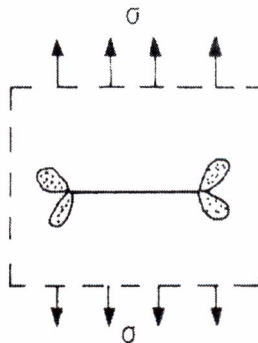
$$\gamma_{\max} + \varepsilon_{\max} = 1.75\varepsilon'_f (2N)^c + 1.65 \left(\frac{\sigma'_f}{E} \right) (2N)^b \quad (7)$$

gdzie γ_{\max} i ε_{\max} są amplitudami odkształceń ścinania i normalnych do płaszczyzny Π , E jest modulem sprężystości, ε'_f , σ'_f są współczynnikami ciągliwości i wytrzymałości zmęczeniowej w stanie jednoosiowym, b i c współczynnikami materiałowymi. W zakresie sprężysto-plastycznym jako kryterium zmęczenia przyjmuje się dysypację plastyczną w jednym cyklu obciążenia

$$W_p = \int_{\text{cykl}} (\sigma d\varepsilon_p + \tau d\gamma_p), \quad W_p = AN^\alpha \quad (8)$$

gdzie σ i τ oznaczają normalne i styczne naprężenia dla rozpatrywanej płaszczyzny zniszczenia, zaś A i α są parametrami materiałowymi.

Teoria zmęczenia w stanach złożonych nie została do tej pory dostatecznie wyczerpująco opracowana i jest przedmiotem intensywnych badań.



Rys.5. Zmęczenie wysoko- i niskocykliczne: rozwój stref plastycznych na krawędzi szczeliny

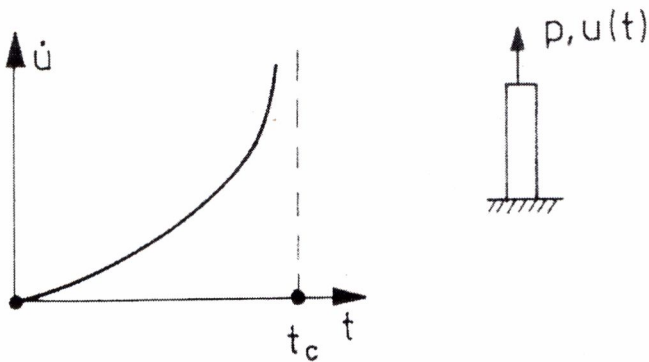
4.6. Zniszczenie przy pełzaniu

W wysokich temperaturach pełzanie materiału wywołane naprężeniem związane jest głównie z rozwojem uszkodzeń w postaci mikrospekkań na granicach ziarn struktury polikrystalicznej. Rozwój uszkodzeń wpływa na prędkość pełzania i w skończonym czasie element osiąga stan graniczny odpowiadający nieskończenie wielkiej prędkości pełzania.

Wprowadzając parametr uszkodzenia Kaczanowa ω , odpowiadający zmniejszeniu efektywnego przekroju $A = A_0(1 - \omega)$, możemy napisać sprzężone równania pełzania i rozwoju uszkodzeń w stanie jednoosiowym

$$\dot{\epsilon}^c = A \left(\frac{\sigma}{1 - \omega} \right)^n, \quad \dot{\omega} = B \left(\frac{\sigma}{1 - \omega} \right)^p \quad (9)$$

gdzie A , B , n , i p są parametrami materiałowymi.



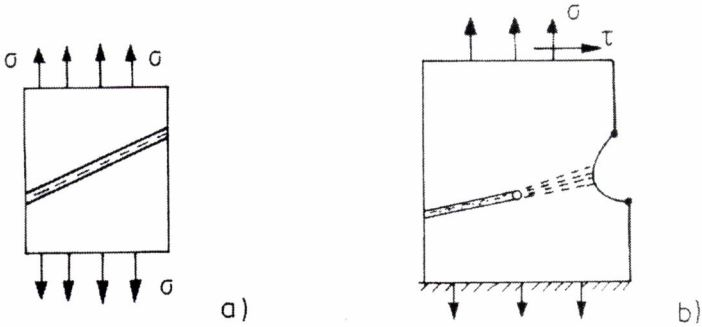
Rys. 6. Zniszczenie przy pełzaniu; w czasie krytycznym $t = t_c$ prędkość pełzania rośnie w sposób nieograniczony

4.7. Wyboczenie w warunkach pełzania

Stan graniczny przy pełzaniu może być osiągnięty wskutek wyboczenia, co ma miejsce w konstrukcjach cienkościennych. W pobliżu stanu krytycznego występuje szybki rozwój odkształceń i przemieszczeń w czasie spowodowany istnieniem małych imperfekcji, co prowadzi do końcowego zniszczenia. Rozwój uszkodzeń przyspiesza ten proces i obniża wartość krytycznego obciążenia.

4.8. Lokalizacja odkształceń i uszkodzeń

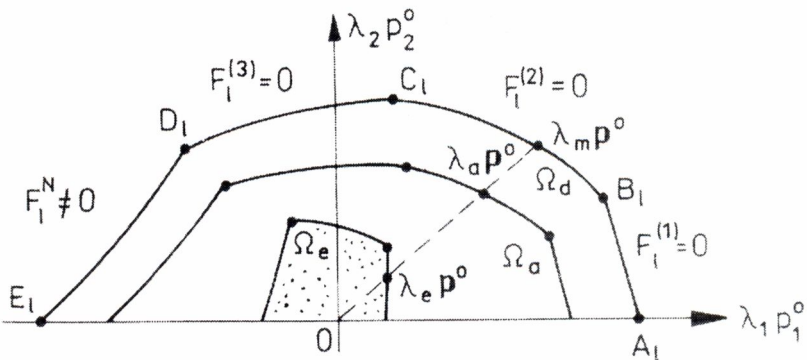
Zjawisko lokalizacji odkształceń występuje dla materiałów ciągliwych w zakresie dużych deformacji plastycznych, zaś dla materiałów kruchych w określonej fazie rozwoju uszkodzeń w pobliżu stanu granicznego. Deformacja rozwija się w postaci zlokalizowanych pasm ścinania i dylatacji, prowadząc do przyspieszonego zniszczenia konstrukcji.



Rys. 7. a) lokalizacja odkształceń, b) lokalizacja uszkodzeń

4.9. Sprężone mechanizmy zniszczenia

Obok wcześniej wymienionych głównych rodzajów stanów granicznych istnieją połączone postacie zniszczenia. Tak np. wyboczenie towarzyszy rozwojowi szczelin lub uszkodzeń. Przykładem może być delaminacja układu warstwowego przy ścisłaniu połączona z wybozeniem odspojonych warstw. Podobnie, rozwój szczelin może spowodować wyboczenie elementu konstrukcji wskutek zmiany stanu naprężenia i utraty sztywności. Wymienić należy wreszcie wzajemne oddziaływanie lokalnego i globalnego wybożenia w konstrukcjach cienkościennych, gdzie głównym mechanizmem zniszczenia jest utrata stateczności.



Rys. 8. Obszary stanów konstrukcji wewnątrz powierzchni granicznej: Ω_e - obszar stanów sprężystych, Ω_a - obszar stanów przystosowania, Ω_d - obszar przyspieszonego rozwoju uszkodzeń

Powierzchnię graniczną dla całej konstrukcji lub jej elementu możemy obecnie przedstawić w przestrzeni obciążeń, podobnie jak na rys.8, gdzie rozpatrzono dwa niezależne układy obciążeń $\lambda_1 p_1^0$ i $\lambda_2 p_2^0$, przy czym p_1^0 i p_2^0 są stałymi obciążeniami odniesienia, zaś mnożniki λ_1 , λ_2 mogą się zmieniać. Stany graniczne przedstawione są powierzchniami $F_1^{(1)} = 0$, $F_1^{(2)} = 0, \dots, F_1^{(N)} = 0$ odpowiadającymi poszczególnym mechanizmom zniszczenia. Obszar wewnątrz powierzchni granicznej możemy podzielić na trzy podobszary Ω_c , Ω_a , i Ω_d , gdzie Ω_c jest obszarem deformacji sprężystej, Ω_a obszarem stanów dopuszczalnych, zaś Ω_d obszarem stanów progresywnego uszkodzenia. Przy obciążeniach roboczych stan konstrukcji powinien odpowiadać obszarowi sprężystemu Ω_a , natomiast przy obciążeniach ekstremalnych obszarowi dopuszczalnemu Ω_c . Stosunki mnożników obciążenia λ_m / λ_c i λ_m / λ_a odpowiadają współczynnikom bezpieczeństwa ze względu na uzyskanie stanu sprężystego lub stanu dopuszczalnego, przy czym wartości tych mnożników mogą być różne w zależności od rodzaju mechanizmu zniszczenia. Na rys.8 wartości mnożników określone są dla radialnej ścieżki obciążenia, dla której stan graniczny określony jest powierzchnią $F_1^{(2)} = 0$. Należy zauważyć, że obszar dopuszczalny nie jest obszarem sprężystym, ale obszarem przystosowania się konstrukcji do zadanych programów obciążenia. W przypadku obciążeń cyklicznych zachodzi przystosowanie się do obciążenia w zakresie sprężysto-plastycznym wywołane redystrybucją naprężeń, co prowadzi do ustalonego stanu cyklicznego deformacji sprężystej lub sprężysto-plastycznej bez akumulacji odkształceń plastycznych (*shake down*). Końcowe zniszczenie może nastąpić po przekroczeniu określonej liczby cykli, możliwej do określenia i tym samym wyznaczenia bezpiecznego czasu pracy konstrukcji. Zjawiska zmęczenia wysoko- i niskocyklowego mogą występować w tym obszarze, w wyniku kontrolowanego rozwoju uszkodzeń. Ogólnie, w obszarze dopuszczalnym procesy rozwoju uszkodzeń i plastycznego przystosowania można kontrolować i określić wystarczająco dokładnie czas pracy konstrukcji zachowującej wszystkie wymagane parametry eksploatacyjne. Natomiast w obszarze Ω_d rozwój uszkodzeń zachodzi szybko i prowadzi do utraty stateczności lub zniszczenia po krótkim okresie pracy.

Nasza obecna wiedza i stan badań umożliwiają zbudowanie wykresów podobnych do pokazanych na rys.8 i określenie odpowiednich obszarów dla prostych elementów. Natomiast dla bardziej złożonych układów określenie obszarów Ω_c , Ω_a , Ω_d i powierzchni granicznych nie jest w obecnej chwili możliwe. Wynika to z niepełnej informacji odnośnie do niesprężystych własności materiałów, braku opisu mechanizmów zniszczenia i rozwoju uszkodzeń, a także braku prostych metod określenia powierzchni granicznych. Tak więc główny problem mechaniki stanów granicznych nie został do tej pory rozwiązany, pomimo olbrzymiego postępu analizy niesprężystej, dokonanego w drugiej połowie obecnego stulecia.

5. Stany graniczne elementu materialnego

5.1. Wieloskalowy element reprezentatywny

Nasze rozwiązania dotyczące stanów granicznych konstrukcji można również odnieść do elementu materiału będącego złożoną strukturą ziarn krystalicznych, defektów, wtrąceń i układów dyslokacyjnych. O ile opis globalny konstrukcji prowadzimy

używając sił obciążenia i związanych z nimi przemieszczeń (lub uogólnionych obciążeń czy naprężeń), to opis *elementu reprezentatywnego* materiału wyrażamy przez uśrednione wielkości naprężeń i odkształceń

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} \sigma \, dV, \quad \bar{\varepsilon} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} \varepsilon \, dV \quad (10)$$

gdzie Ω oznacza objętość elementu reprezentatywnego. Przy jednorodnym obciążeniu elementu zachodzi równość uśrednionej pracy naprężeń z iloczynem wartości średnich, tak więc

$$\Omega \bar{\sigma} \cdot \bar{\varepsilon} = \int_{\Omega} \sigma \cdot \varepsilon \, dV \quad (11)$$

Wprowadzając macierze koncentracji naprężeń i odkształceń $\mathbf{A}(x)$ i $\mathbf{B}(x)$, otrzymamy lokalne wartości

$$\sigma(x) = \mathbf{A}(x) \bar{\sigma}, \quad \varepsilon(x) = \mathbf{B}(x) \bar{\varepsilon} \quad (12)$$

zaś efektywne macierze modułów sprężystych i podatności wyrażą się następująco

$$\bar{\mathbf{E}} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} \mathbf{E} \mathbf{B} \, dV, \quad \bar{\mathbf{C}} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} \mathbf{C} \mathbf{A} \, dV, \quad (13)$$

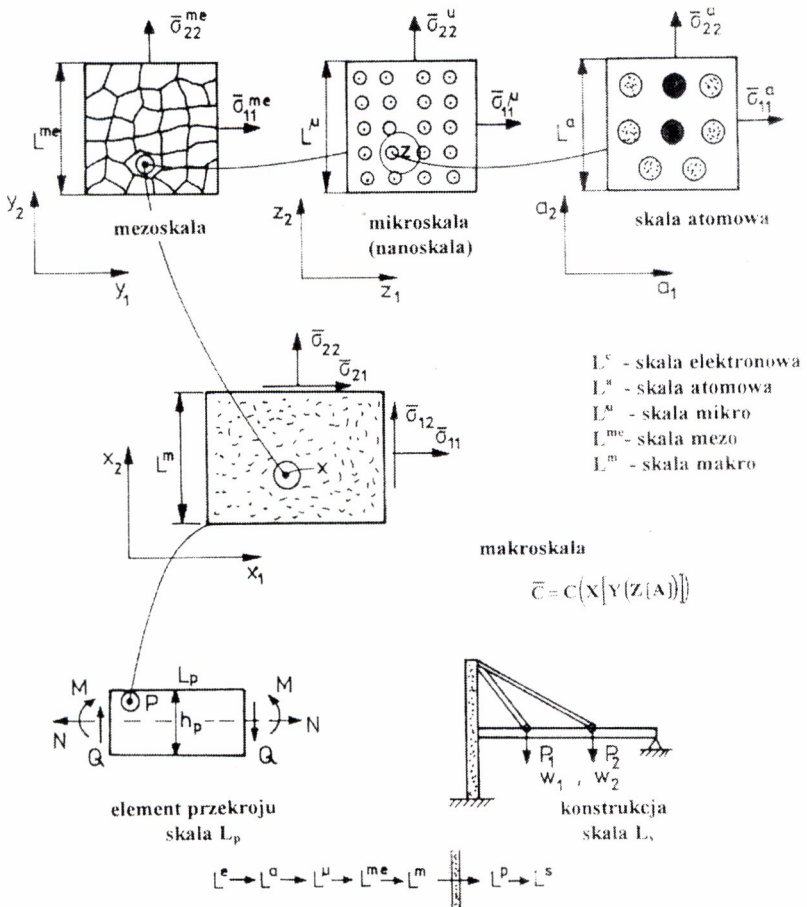
Drugą poważną trudnością jest *wieloskalowość* elementu reprezentatywnego, którego własności zależą od przyjętej skali opisu. Wzajemne oddziaływanie poszczególnych skal zilustrowano na rys. 9. Element materialny w makroskali L^m reprezentuje własności materiału dla dużej liczby ziarn i małym gradiencie naprężenia, tak że parametry materiałowe nie zależą od kształtu czy położenia elementu. Punkt materialny X w skali makro reprezentuje zatem uśrednione własności agregatu polikrystalicznego lub polizarnistego. Przechodząc do *mezoskali* L^{mc} rozpatrywać będziemy pojedyncze ziarna o charakterystycznym wymiarze lub kształcie i odmiennych własnościach. Mezoskala odpowiada uśrednionym własnościom zachodzącym w *mikroskali* (lub nanoskali), której wymiar L^u odpowiada wielokrotności wymiaru sieci krystalicznej. Z mikroskali przechodzimy do *skali atomowej* L^a , w której będziemy badać oddziaływanie poszczególnych atomów. Następną skalą jest *skala elektronowa* L^e , gdzie analiza dotyczy oddziaływania elektronów z jądrem atomu.

Podsumujmy teraz krótko wieloskalowość opisu własności materiałów.

1. *Makroskala* (kontinuum) - fenomenologiczne związki konstytutywne, równania mechaniki ośrodka ciągłego.

2. *Mezoscala* – modelowanie poszczególnych ziarn i ich oddziaływanie, homogenizacja, własności reprezentatywne.
3. *Mikroskala* – dynamika dyslokacji (3D), komórkowe struktury dyslokacyjne, oddziaływanie z granicami ziarn.
4. *Skala atomowa* – modelowanie rdzeni dyslokacyjnych, oddziaływanie dyslokacji, bariery Peierlsa.
5. *Skala elektronowa* – oddziaływanie powłok elektronowych, przewodnictwo, nadprzewodnictwo.

Przejścia od elementu reprezentatywnego materiału do elementu konstrukcji możemy dokonać wprowadzając dwie skale: dla elementu przekroju skalę L^p oraz dla konstrukcji skalę L^s , (rys.9).



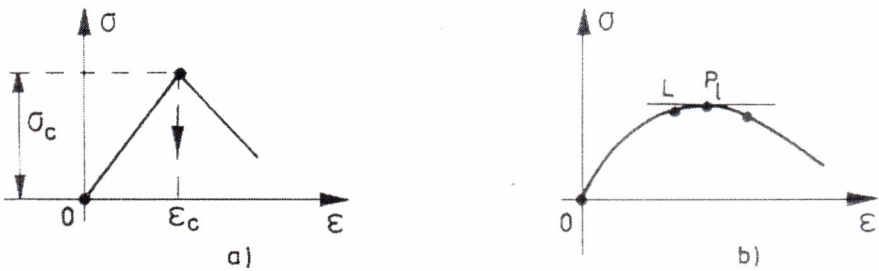
Rys. 9. Wieloskalowy element reprezentatywny

Wieloskalowość elementu reprezentatywnego stanowi istotną trudność w opisie materiału, bowiem procedury uśredniania należy prowadzić na różnych poziomach skali. Dla skal L^m, L^a, L^c równania kontinuum przestają zachodzić i należy używać modeli oddziaływania atomów, uwzględniając złożoność struktury defektów i ich ruch. Problem modeli wieloskalowych nie został do tej pory rozwiązany i stanowić będzie jedno z głównych wyzwań dla mechaniki XXI wieku.

5.2. Stany graniczne elementu

Podobnie jak dla całej konstrukcji, możemy wyróżnić w elemencie reprezentatywnym stan sprężysty, stan sprężysto-plastyczny, połączony z rozwojem uszkodzeń, oraz stan graniczny. Powierzchnia graniczna określać będzie zbiór stanów naprężenia, dla których występuje pełne uplastycznienie lub zniszczenie elementu wskutek kruchego spękania. Równanie powierzchni granicznej możemy wyrazić następująco

$$F^I(\sigma, \sigma_c) = 0 \quad (14)$$



Rys. 10. Stan graniczny elementu: a) kruche pękanie, b) ciągłe zniszczenie

gdzie σ_c jest naprężeniem krytycznym. W przypadku jednoosiowego rozciągania (rys. 10 a) następuje kruche zniszczenie po osiągnięciu naprężenia krytycznego. Na rysunku 10 b przedstawiono krzywą naprężenie-odkształcenie dla materiału ciągłego wykazującego duże odkształcenia plastyczne. Punkt graniczny P_l odpowiada maksimum wartości naprężenia (lub przyłożonej siły), natomiast punkt L odpowiada początkowej lokalizacji odkształceń. Pisząc równanie przyrostowe w postaci

$$\dot{\sigma} = \mathbf{E}^I \dot{\epsilon} \quad (15)$$

gdzie \mathbf{E}^I jest modulem stycznym sztywności, możemy warunek stanu granicznego wyrazić następująco

$$\dot{\epsilon}^T \cdot \mathbf{E}^I \dot{\epsilon} = \dot{\sigma}^T \cdot \dot{\epsilon} = 0, \quad \text{albo} \quad \det(\mathbf{E}^I) = 0 \quad (16)$$

to znaczy, że praca przyrostu naprężenia i wywołanego nim przyrostu odkształcenia równa jest zeru.

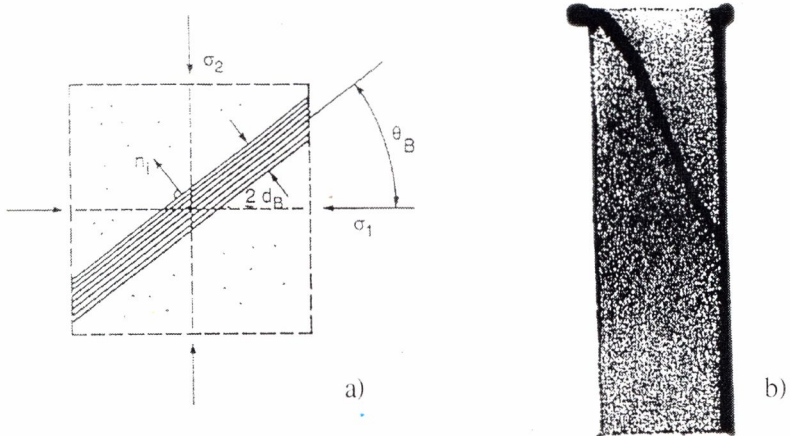
Warunek lokalizacji związany jest z mechanizmem tworzenia pasma lokalizacji o orientacji określonej wektorem jednostkowym \mathbf{n} (rys.11 a). Wprowadzając tensor akutyeczny

$$Q'_{kl} = n_i E'_{ijkl} n_j, \quad \text{albo} \quad \mathbf{Q}' = \mathbf{n} \mathbf{E}' \mathbf{n} \quad (17)$$

możemy warunek początku lokalizacji wyrazić w postaci

$$\det(\mathbf{Q}') = 0 \quad (18)$$

Warunek ten odpowiada punktowi L , który na ogół nie pokrywa się z punktem granicznym P_I . Przy spełnieniu warunku (18), w materiale powstaje pasmo (lub układ pasm) zlokalizowanych odkształceń wywołujących osłabienie materiału i zlokalizowanie zniszczenia. Tego rodzaju postać zniszczenia obserwujemy powszechnie w próbach jednoosiowego lub wieloosiowego obciążenia (rys.11 b).



Rys.11. Lokalizacja odkształceń w paśmie: a) model teoretyczny, b) pasmo ścinania w warstwie materiału ziemistego

Pojęcie płaszczyzny krytycznej jest podstawą wielu hipotez wytrzymałościowych określających stan graniczny elementu. Po raz pierwszy O.A. Coulomb [1699] wprowadził to pojęcie, wyrażając warunek przez składową normalną i styczną naprężenia działającego na płaszczyznę, a mianowicie

$$\max_n (|\tau_n| + \mu \sigma_n) = c \quad (19)$$

gdzie

$$\sigma_n = \mathbf{n} \cdot \boldsymbol{\sigma} \mathbf{n}, \quad \tau_n = \boldsymbol{\sigma} \mathbf{n} - (\mathbf{n} \cdot \boldsymbol{\sigma} \mathbf{n}) \mathbf{n} \quad (20)$$

zaś \mathbf{n} jest wektorem normalnym do płaszczyzny krytycznej. Płaszczyzna krytyczna

jest jednocześnie płaszczyzną ekstremalną, bowiem poszukujemy orientacji n , dla której funkcja określająca stan krytyczny osiąga maksimum. Warunek (19) stał się warunkiem podstawowym dla geomateriałów (skały, beton, grunty), wykazujących zależność uplastycznienia od średniego ciśnienia hydrostatycznego. Został on następnie uogólniony przez O.Mohra [1900], który sformułował go w postaci

$$\max_n F(\sigma_n, |\tau_n|) = c \quad (21)$$

gdzie F jest funkcją paraboliczną. Podobnie dla metali O.Tresca [1848] wyraził hipotezę płaszczyzny krytycznej zakładając, że stan uplastycznienia odpowiada osiągnięciu przez maksymalne naprężenie ścinające wartości granicznej

$$|\tau_{\max}| = k \quad (22)$$

gdzie k jest granicą plastyczności na ścinanie. Nie jest naszym celem dokonywanie przeglądu różnorodnych hipotez związanych z płaszczyzną krytyczną. Warto jedynie wskazać, że prowadzone obecnie intensywne badania dotyczące lokalizacji odkształceń zmierną w tym samym kierunku i mają na celu określenie zarówno orientacji, jak i wartości modułu wzmocnienia odpowiadającego początkowi rozwoju tzw. pasm ścinania lub dekohezji.

6. Uwagi końcowe

W niniejszej pracy przedstawiono w postaci skrótowej problem określenia powierzchni stanów granicznych zarówno dla całej konstrukcji, jak i elementu materiału. Ze względu na różnorodność form zniszczenia, stany graniczne będą reprezentowane wieloma powierzchniami w przestrzeni obciążeń, określającymi obszar, wewnątrz którego możemy określić podobzary stanów sprężystych, dopuszczalnych i stanów przyspieszonego rozwoju uszkodzeń. Określenie tych obszarów stanowi główny i do tej pory nie rozwiązany problem mechaniki konstrukcji. Podobnie dla elementu materiału możemy poszukiwać tego typu obszarów. Największą trudność stanowi tu wieloskalowość zachodzących procesów deformacji, zaś ich pełny opis nie jest obecnie możliwy. Zagadnienia te będą niewątpliwie głównym przedmiotem badań w następnym stuleciu.

Literatura

- [1] Coulomb C.A. (1776). *Essai sur une application des regles de maximis et minimis, à quelques problemes de statique relatifs à l'architecture*, Mem. Math. Phys. Acad. Roy. Sci. **7**, 343–382.
- [2] Griffith A. (1920), *The phenomena of rupture and flow in solids*, Phil. Trans. Roy. Soc. London, 221 A, 163–198.
- [3] Hill R. (1950), *The Mathematical Theory of Plasticity*, Clarendon Press.
- [4] Hodge P. (1959), *Plastic Analysis of Structures*, Mc Graw Hill.
- [5] Huber M.T. (1904), *Właściwa praca odkształcenia jako miara wyężenia materiału*, „Czasopismo Techniczne”, **22**, 38–81.
- [6] Huseyin K. (1975), *Non-linear theory of elastic stability*, Noordhoff Int. Publ.
- [7] Izbicki R., Mróz Z. (1976), *Metody nośności granicznej w mechanice gruntów i skał*, PWN.
- [8] Jones D.R.H. (Ed.), (1998), *Failure Analysis: Case Studies*, Elsevier Science.
- [9] Liebowitz H. (Ed.), (1968), *Fracture: An Advanced Treatise*, Acad. Press.
- [10] von Mises R. (1913), *Mechanik der festen Korper im plastisch deformabilen Zustand*, Gott. Nachrichten, Math.-Pys. Klasse, 582.
- [11] Mohr O. (1900), *Welche Umstände hedingen der Bruch und der Elastizitätsgrenze des Materials*, Zeitschr. Vereins Deutscher Ingenieure, **44**, 1–12.
- [12] Nadai A. (1950), *Theory of Flow and Fracture of Solids*, Mc Graw Hill.
- [13] Tresca H. (1864), *Memoire sur l'ecoulement des corps solides soumis a de fortes pressions*, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, **59**, 754.
- [14] Życzkowski M. (1981), *Combined Loadings in Plasticity*, PWN.

Limit states in structures and materials

Summary

A concept of limit or critical state of structure or material element is fundamental in development of design rules and codes assuring sufficient level of safety and reliability. The systems of linear and non-linear (inelastic) analyses are reviewed and their significance in design is indicated. The main types of failure modes are discussed and the concepts of limit surface, elastic, admissible, and inadmissible domains are introduced. The critical states of material element are next considered and the problem of multiscale description is presented. The paper provides a synthetic view of major achievements of mechanics in the present century, indicating major research efforts in the coming century.



Sala Zielona w Collegium Maius – od lewej: prof. zw. dr hab.inż. Jacek Skrzypek; Prorektor, dr hab. inż. Elżbieta Nachlik, prof. PK; Prorektor, prof. zw. dr hab. inż. Marcin Chrzanowski; Prorektor, prof. dr hab. inż. Ryszard Henryk Kozłowski; Dziekan W.M., prof.zw. dr hab. inż. Jerzy Cyklis; J M Rektor, prof zw. dr hab. inż. Kazimierz J. Flaga; prof. zw. dr hab. inż. Zenon Mróz



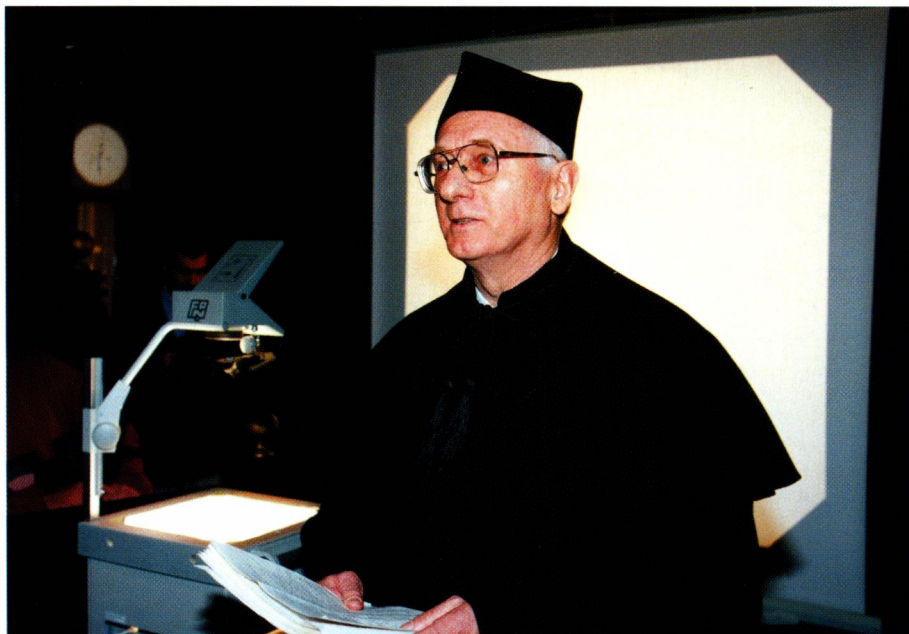
Sala Zielona w Collegium Maius – od lewej: Prorektor, prof. zw. dr hab. inż. Marcin Chrzanowski; prof. zw. dr hab. inż. Zenon Mróz; prof. zw. dr hab. inż. Jacek Skrzypek



*Wręczenie dyplomu prof. zw. drowi hab. inż. Zenonowi Mrozowi przez J M Rektora,
prof. zw. dra hab. inż. Kazimierza J. Fląg*



Składanie gratulacji prof. zw. drowi hab. inż. Zenonowi Mrozowi przez prof. zw. dra hab. inż. Jacka Skrzypka



Wykład prof. zw. dr hab. inż. Zenona Mroza podczas uroczystości nadania tytułu doktora honoris causa



Muzeum Collegium Maius – od lewej: prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Mazurkiewicz; dr hab. inż. Krzysztof Szuwalski, prof. PK; prof. zw. dr hab. inż. Zenon Mróz; prof. zw. dr hab. inż. Jacek Skrzypek; J M Rektor, prof. zw. dr hab. inż. Kazimierz J. Flaga

Profesor

Wiktor Zin



Quod felix faustum fortunatumque sit

Nos

Rector et Senatus Academicus

TECHNICAE THADDAEO-KOSCIUSZKIANAE CRACOVIENSIS

et

Ordo Architectorum

in virum doctissimum ac clarissimum

VICTOREM ZIN

Facultatis Architecturae Polytechnicae Cracoviensis professorem ordinarium, eiusdem Facultatis olim multis annis decanum, Instituti Historiae Architecturae et Conservationis Monumentorum conditorem et moderatorem, Academiae Scientiarum Mexicanae honoris causa socium, doctorem honoris causa Universitatis Technicae Budapestinensis, virum praemio Herderiano ornatum, olim socium Consilii Summi Scholarum Superiorum, Generalem Conservatorem Monumentorum qui magister optimus plurimos architectos et monumentorum conservatores, magistros doctoresque, educavit

qui de disciplina, cui summo studio operam navavit, promovenda optime est meritus, nam in numero est eorum, qui Scholam Cracoviensem Architecturae et Scholam Polonam Conservationis Monumentorum condiderunt

qui et in Polonia et apud externos plurima incepta ad architecturam et monumentorum conservationem pertinentia suscepit summaque cum laude peregit

qui architecturae Poloniae non solum peritissimus est factus, sed etiam eam defendendam eiusque scientiam propagandam prospero successu suscepit

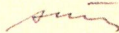
qui plurimis summisque ornatus est praemiis honoribusque, ministerialibus aliisque, in quibus Poloniae Renatae cruce et insigni

doctoris honoris causa

nomen et dignitatem, iura ac privilegia contulimus atque in eius rei fidem hoc diploma Polytechnicae Cracoviensis sigillis sancendum curavimus.

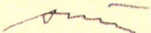
Dabamus Cracoviae, die duodecesima mensis Ianuarii anno millesimo nongentesimo nonagesimo octavo

Andreas KADLUCZKA


scientiarum technicarum doctor
architecturae et urbanisticae professor


PROMOTOR

Andreas KADLUCZKA


scientiarum technicarum doctor
architecturae et urbanisticae professor

DECANUS

Casimirus FLAGA


scientiarum technicarum doctor
aedificationis professor

POLYTECHNICAE CRACOVIENSIS RECTOR

Profesor

Wiktor Zin

Profesor Wiktor Zin urodził się w Hrubieszowie 14 września 1925 roku. Architekt, historyk architektury, konserwator, wybitny twórca, malarz i rysownik. Studia wyższe ukończył w roku 1950. Pracę doktorską wykonał pod kierunkiem prof. W. Dalbora w 1952, a habilitację w 1962 roku. Tytuł naukowy profesora nadzwyczajnego uzyskał w 1967, a profesora zwyczajnego w 1979 roku. Doktor honoris causa Uniwersytetu Technicznego w Budapeszcie, członek honorowy Meksykańskiej Akademii Nauk, laureat Nagrody von Herdera przyznanej przez Uniwersytet w Wiedniu.

Twórca i wieloletni kierownik Katedry, a następnie Instytutu Historii Architektury Polskiej i Konserwacji Zabytków, prodziekan i dziekan Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej, dyrektor Instytutu Historii Architektury i Konserwacji Zabytków, prorektor Europejskiej Akademii Sztuk w Warszawie oraz kierownik Podyplomowego Studium Konserwacji Zabytków.

Wychowawca wielu generacji architektów i konserwatorów zabytków, promotor kilkuset prac dyplomowych i 24 przewodów doktorskich, opiekun naukowy 12 habilitantów.

Jego odkrycia naukowe, badania i studia, a także rozprawy naukowe stały się tematami licznych publikacji w znanych periodykach naukowych i książkach, tłumaczonych również na języki obce: *Słownik krajobrazu polskiego*, *Kapliczki polskie*, seria *Piękno w architekturze*, *Wadowice — miasto Jana Pawła II*. Monografie Nowego Targu i Pałacu Decjusza należą do powszechnie znanych. Redagowane przez Profesora trzypomowe dzieło *Konserwacja zabytków w Polsce* jest najbardziej wszechstronnym opracowaniem powojennego dorobku konserwatorstwa polskiego.

Jest autorem licznych projektów architektonicznych i konserwatorskich dla Krakowa, Zamościa, Tarnowa, Chelma Lubelskiego i Częstochowy. Jako Główny Architekt Krakowskiego Oddziału Pracowni Konserwacji Zabytków brał bezpośredni udział w ratowaniu najcenniejszych pomników architektury Polski południowej.

Wybitny współtwórca Krakowskiej Szkoły Architektury i Polskiej Szkoły Konserwatorskiej. Profesor W. Zin jest też autorem licznych scenografii teatralnych i operowych, w tym w tak odległych kulturowo krajach, jak Japonia i Stany Zjednoczone. Swoje prace rysunkowe i malarskie prezentował na wystawach krajowych i zagranicznych, m. in. w Nowym Jorku, Chicago, Waszyngtonie, Monachium i Wiedniu.

W cyklu audycji „Piórkiem i węglem” wykonał ponad 10 000 rysunków, aby przybliżyć społeczeństwu potrzebę ochrony dóbr kultury, uczyć wrażliwości na piękno i popularyzować wartości narodowej kultury w Polsce i za granicą. Stworzył osobliwy i uznany telewizyjny uniwersytet architektury i ochrony krajobrazu.

U honorowany licznymi nagrodami Ministra Edukacji Narodowej i SARP oraz odznaczeniami: Krzyżem Oficerskim, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski i Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Profesor Wiktor Zin 50-letni trud naukowca i dydaktyka poświęcił Politechnice Krakowskiej, tworząc absolutnie nowy, oryginalny sposób nauczania historii architektury za pomocą rysunkowej wirtuozerii, co przysporzyło Mu liczną rzeszę wychowanków.

Professor Wiktor Zin

Prof. Wiktor Zin was born in Hrubieszów on Sept. 14, 1925. He is an architect, architecture historian, specialist in conservation of historical monuments, outstanding artist, painter and drawer. He completed his university education in 1950. He produced his Ph.D. dissertation under the supervision of Prof. W. Dalbor in 1952, and D.Sc. in 1962. He was conferred the title of associate professor in 1967, and the title of full professor in 1979. He is a holder of the title of doctor honoris causa of the Budapest University of Technology, he was nominated a honorary member of the Mexican Academy of Sciences, a laureate of von Herder Award conferred by the University in Vienna.

At the Cracow University of Technology he has held various important posts: founder and head of the Chair, and next Institute of History of Polish Architecture and Monument Preservation, Vice-dean and next Dean of the Faculty of Architecture, Vice-rector of European Academy of Arts in Warsaw and head of postgraduate course of urban and architectural monuments.

Prof. Wiktor Zin has educated many generations of architects and practitioners in monument preservation, he has supervised several hundred diploma works and 24 Ph.D. dissertations, he has been a scientific supervisor of 12 D.Sc. candidates.

His scientific findings, research and studies as well as treatises have been published in numerous scientific periodicals and books, also translated into foreign languages, e.g.: *A Dictionary of the Polish Landscape*, *Polish Shrines*, the series called *The Beauty in Architecture*, *Wadowice - the Town of John Paul II*. The three volume work *Preservation of Historical Monuments in Poland* which he edited is the most comprehensive study of the Polish post war achievements in monument preservation in Poland.

He is an eminent co-originator of the Cracow School of Architecture and the Polish School of Monument Preservation.

Prof. W. Zin has also designed sets for the theatre and opera, including such culturally different countries as Japan and the United States of America. His drawings and paintings have been presented at numerous exhibitions both at home and abroad, e.g. New York, Chicago, Washington, Munich and Vienna.

Not only is Prof. Zin a scientist, he is also greatly involved in architecture "going public". He has originated a TV series called "With a Drawing -pen and Crayon", in which he produced over ten thousand magnificent drawings to make people realise how

important it is to preserve the cultural goods, how to appreciate the values of national heritage both at home and abroad.

In acknowledgement of his scientific and professional achievements Prof. Zin has been awarded with many State distinctions and awards.

Prof. W. Zin has devoted his 50 year long scientific and teaching activities to the Cracow University of Technology, creating an absolutely new, original way of teaching the history of architecture by means of masterly drawing virtuosity.

Telewizyjne zagrożenie psychosfery

Magnificencjo! Panie Rektorze! Wysoki Senacie! Dostojni Goście!

Wbrew oczekiwaniom w swoim wystąpieniu nie zajmę się ani architekturą historyczną, ani konserwacją zabytków. Mógłbym o tych sprawach mówić z pozycji współuczestnika prac dokonanych w Polsce i w naszym mieście. Przypomnę jedynie, że w tej auli, w której jesteście zgromadzeni, tuż po okupacji odbyła się wystawa rasowego paktu. To prof. Karol Estreicher ze swym zespołem doprowadził Collegium Maius do obecnej świetności. W tym zespole uczestniczyłem i ja rysując sprzęty tu stojące i detale, które uświęciła historia. Zabierając głos o telewizji, też mam szczęście przemawiać z pozycji nie tych, którzy zasiadają przed ekranami kineskopów, podziwiają, krytykują, tracąc na to wiele godzin. Ja współpracuję z telewizją od czterdziestu lat, wykonałem przed kamerami w kraju i za granicą około 10 000 rysunków. Jestem pomysłodawcą i wykonawcą wielu cykli, które w jakiejś mierze wpłynęły na ukształtowanie się trzech pokoleń Polaków. Cieszę się, że pomiędzy zaproszonymi gośćmi znalazł się i zaszczycił nas swą obecnością prezes Telewizji Publicznej S.A., Pan Ryszard Miazek.

Nie będę zajmował się zagadnieniami technicznymi telewizji, te bowiem ciągle doskonala się, i wnet nam Polakom „grozić” będzie zmiana obecnej technologii przekazu – przejdziemy na tzw. „platformę cyfrową”. Chcę państwa zainteresować inną dziedziną. Idzie tu o psychologiczne skutki działania tego najbardziej masowego z masowych środków przekazu.

Zacznę od zacytowania fragmentu z raportu Światowej Organizacji Zdrowia, która już w latach siedemdziesiątych w formie konkretnego i przyszłościowej wizji, zwróciła uwagę na zagrożenie naszej ludzkiej **psychosfery**. W dokumencie tym fizjologzy, psychologzy, psychiatrzy zwracają uwagę na niewątpliwie ważniejszy i jakby ustawiony na innym piedestale aspekt naszego życia. Nie idzie już o stwierdzone i określone zagrożenia biosfery, do których częściowo zdążyliśmy się przystosować, a częściowo zmniejszyć ich skutki. Tym razem w grę wchodzi zagadnienia związane z czymś bardziej skomplikowanym – z ludzką osobowością, zamysłami, motywami i skutkami naszego działania, najpierw indywidualnego, a zaraz później zbiorowego.

Świat nasz ogarnęła trudna do określenia mnogość informacji i dezinformacji. Nie jesteśmy jeszcze w stanie obecnie mówić o skutkach tego stanu, jedno jest pewne, ów nadmiar musi zostać w mądry sposób wyciszony, gdyż stan obecny grozi po prostu... katastrofą.

Cytowany tu raport Światowej Organizacji Zdrowia, wymienia równocześnie stymulatory zdrowia psychicznego. Są nimi: (wymieniam zaledwie jeden) krajobraz nietknięty cywilizacją techniczną, a więc apoteoza ciszy, antygeometrycznego piękna, majestat Matki Przyrody, który tu odzwierciedla się w pełni, możliwość osobistego i intymnego kontaktu z naturą. To profiluje i kształtuje ludzką psychikę, i stanowi jakby powrót do naszych korzeni. A więc, jakaś antynomia naszej współczesnej egzystencji: często w blokowiskach, w zagęszczonej przestrzeni zurbanizowanej, pośród powietrza przesyconego pyłami i zapachem spalin. I tu chcę zwrócić uwagę, że nie

było w dziejach ludzkiej cywilizacji drugiej epoki, która tak totalnie, bezwzględnie i skutecznie potrafiłaby odizolować człowieka od Matki Przyrody, jak stało się to obecnie, i to nie za sprawą tylko architektów, lecz polityków, ekonomistów, „negatywnych wizjonerów”. To ich dziełem jest ta nieludzka urbanistyka. Blok stoi przy bloku, niektóre jednostki mieszkaniowe mają po 10 klatek schodowych, są osobliwymi futerałami dla ludzi, którzy z własnych okien oglądają bloki sąsiednie, identyczne, zasłaniające nawet horyzont. Jediną ozdobą tego krajobrazu są garaże, trzepaki i mrowie samochodów rozstawionych wokół setek identycznych mieszkań. Obecnie, gdy wczasy stały się udziałem najbogatszych, rosną tu dzieci, które nigdy nie oglądały lasów, pól, jezior. Ba! Wschodów i zachodów słońca.

A cóż do tego ma telewizor? – zapytać może teraz każdy. Otóż na tle tak sprecyzowanego przez warunki środowiska betonu, asfaltu i stali, programu podobnych do siebie monottonnych dni i widoków, telewizor jest czymś więcej niż jednym z wielu domowych sprzętów. Ekran kineskopu z konieczności staje się dopełnieniem tego, czego zabrakło w realiach życia, substytutem natury i pośrednikiem pomiędzy światem a jednostką czy rodziną. I tu rodzi się kolosalna odpowiedzialność tych, którzy formują programy telewizyjne, realizują je, kwalifikują do emisji.

Od chwili gdy czterdzieści lat temu po raz pierwszy stanąłem przed kamerą, zastanowiła mnie potęga tego osobliwego powiązania teatru z elektroniką. Bo jedni wciąż uważają telewizję za zabawkę, a inni – do których sam należę – za broń, która może siać złe ziarno, mogące doprowadzić do okrutnych zmian. Zastanówmy się chwilę nad tą sprawą. Idzie tu o dokonanie się pod koniec połowy XX wieku osobliwych sprzężeń różnych dziedzin nauki. Nastąpiło to nie w imię pokoju, a właśnie „zimnej wojny”, tej, która zapowiadała tę trzecią światową i nuklearną.

Moje wystąpienie wypadło w dniu św. Tomasza z Akwinu, tego któremu dane było przeszczepić do kręgu Ewangelii wszystko co wielkie i piękne, a co przekazał nam świat antyczny. Dlatego i ja zacznę od antyku. Powszechnie sądzi się, że **cybernetyka** jest nauką ukształtowaną w naszym wieku. Tymczasem, Platon w swym *Gorgiaszu* wkłada w usta Sokratesa następujące słowa: *Cybernetyka chroni od największych niebezpieczeństw nie tylko dusze, lecz również ciało i dobytek*. Greckie „kybernetikos” to po prostu sterowanie, a więc wiedza o sterowaniu duszą i ciałem. Znaczenie współczesne temu słowu i jego granice określił Norbert Winter, zajmując się związkami łączącymi sterowanie maszyny i zwierzęcia w ramach tej nauki odkrywającej prawa uniwersalne dla odległych dziedzin ludzkiej działalności. Stwierdzenia te zaważyły na wykreowaniu i powstaniu innej dziedziny wiedzy, wykorzystującej **cybernetykę** praktycznie. Idzie tu o teorię przekazywania informacji dla organizmów żywych i urządzeń automatycznych, tak by przeprowadzały celowe działanie.

W ramach tej nauki znalazły się: gromadzenie danych (wiadomości), właściwe przechowywanie ich i systematyzowanie, przetwarzanie (sic!), w końcu wykorzystywanie do określonych celów. Ten bardzo uproszczony schemat zakresu działań, którym zajmuje się współczesna **informatyka** ma w sobie coś z regulaminu służb specjalnych. Teraz wszystko jedynie zależy komu i jakim celom informatyka będzie służyła. W końcu wymienić należy trzecią współczesną nam naukę, **elektronikę**, która zapewniła poza źródłem wiadomości: nadajnik, kanał przekazu i odbiornik. Źródło wiadomości i obiekt ich przeznaczenia – ludzie – przecież istnieją. Elektronika dała przepastne mnożniki. Tak też można zdefiniować telewizję. Jest ona ponoć dopiero w początkowej fazie swych możliwości, które mogą stworzyć sferę przekazu niesprawdzalną i bardzo odległą od obiektywnej prawdy. Telewizja może przekazywać tematy

zastępcze i przekształcać informacje na potrzeby zgola odległe od ideałów etycznych. Czyż później trzeba się dziwić, że w dzienniku TV podano wiadomość o trzech dziewczynkach, które poszły do lasu na spacer, trzecia została zasztyletowana i pozostała pod suchymi liśćmi bez życia. Była to zbrodnia bez motywu. Czy to ma jakiś związek z telewizją? Tego nie wiem. Ma natomiast niewątpliwy związek z naszą kulturą. Nikt nie zaprzeczy, że kształtuje ją telewizja w sposób aktywniejszy niż to pozornie się wydaje. Wcześniej wspomnieliśmy, że przeciętny obywatel jest po prostu skazany na telewizję, że zatroškani o zdobycie środków na życie rodzice, często pozostawiają dzieci na całe godziny przed telewizorem i magnetowidem, że istnieje cały nie kontrolowany system wymiany taśm już pośród szkolnej młodzieży. Gdy te aspekty weźmiemy pod uwagę, zrozumiemy jaką rolę pełni ten pozornie niewielki przedmiot, ustawiony w domu pośród innych sprzętów. Odbiornik telewizyjny w przeciętnej rodzinie staje się „nadajnikiem” upodobań, ambicji, kształtowania się osobowości. W wielu przypadkach szkoła jest ledwie dodatkiem do tej „techniki edukacyjnej” sterowania ludzką psychiką. Zakładam, że to o czym mówimy stanowi złą konieczność, że nie ma w tym żadnych działań podstępnych ani reżyserowanego manipulowania. Mimo to, na pewno już obecnie z telewizora płynie nie dostrzegane na ogół niebezpieczeństwo nadmiaru informacji i przypadkowych dezinformacji – wypaczonych bezwiednie wskazań. Wystarczy nacisnąć przycisk w pilocie, by zmienić treść, nastrój, fabułę oglądanego programu. Zdarzyć się może, że na jednym kanale będzie emitowany film o miłości bliźniego, na drugim zaś natrafimy na recepturę zbrodni, co da się sprowadzić do pointy – jak pozbyć się bliźniego, zemścić za doznaną krzywdę itp. Psycholodzy całego świata alarmują o negatywnym oddziaływaniu „pasma przemocy”, które propagowane i rozpowszechniane jest przez telewizję. Inni zwracają uwagę na patologiczny czas trwania emisji bodźców wizualnych, które nie zdążą zostać zarejestrowane w mózgu, gdy ich źródło zostaje zastąpione bodźcem następnym i kolejnymi. Jest to tzw. „parczenie nie dokończone”, ponoć okropnie szkodliwe dla pamięci i wyobraźni.

I sprawa następna. Telewizja ujęta w twarde prawa wolnego rynku, po prostu kłania się swym dobrodziejom zamawiającym reklamy. Znow w grę wchodzi fizjologia naszego postrzegania i zapamiętywania. Wyświetlany jest film o wartkiej akcji, który skomponowano – nawet w serialu – jako skończoną, zamkniętą, całość. W trakcie emisji, i to w najciekawszych momentach, milknie muzyka filmowa, pojawia się np. słoneczko i zaczyna przemawiać „Babcia Ace” reklamująca swój wybielacz czy „proszek Omo”. Skromna Kasia Niekraś zdradza intymności kobiece, co niekiedy graniczy z legalną pornografią. Sens tego jest taki, że mózg ustawiony na odbiór filmu musi dokonać nie lada wyczynu, by „przetrzymać” reklamy i znow wrócić do przerwanej akcji. Ta „gimnastyka”, zdaniem specjalistów, objawia się bardzo szybko brakiem koncentracji, niechęcią do myślowego wysiłku, niedomaganiem pamięci.

Najstraszniejszą jednak sprawą jest tu, niezbitnie stwierdzony przez specjalistów fakt, że na jednej taśmie magnetowidowej można przekazać dwie różne treści: tę jawną i tę zakodowaną, oddziałującą w formie wręcz imperatywnej na głębokie pokłady podświadomości. Nie jest moim celem rozpatrywanie tego zjawiska. Stwierdzam jedynie, że ono naprawdę istnieje. Przeciętny telewidz nawet nie wie, że – jeśli nie jest – to może być podmiotem takiego eksperymentu bezwiednej indokrynacji.

Te sprawy, wycinkowo przeze mnie poruszone, nie są jeszcze przedmiotem międzynarodowych konwencji, podobnie jak tzw. klonowanie. A przyznacie państwo, że taka penetracja i ustawianie mózgow – szczególnie młodzieży – musi zastanowić i wzbudzić refleksje.

W Polsce mamy telewizję publiczną, to ostatnie słowo w powiązaniu z rzeczownikiem kojarzy mi się pejoratywnie. Dlatego proponowałbym – a mówię to w obecności pana prezesa Miazka – nazwać telewizję naszą narodową. Ten teatr ma niezliczoną widownię. W ten sposób przeciwstawimy ją telewizjom komercyjnym. Zmienić w niej należy zasadniczo „programowe ramówki”, a pasma „największej oglądalności” wypełnić nie reklamami a treścią godną przymiotnika **narodowa**. Nie wierzę w telewizję niezależną. Ona jest i będzie zależna. Postarajmy się wiedzieć od kogo? Taka telewizja spełni swą społeczną rolę, oderwie się od szablonu i stereotypu i zacznie naprawdę w sposób masowy i skuteczny uczyć nasze społeczeństwo tego co prawdziwe i dobre.

Polska jest krajem szczególnym, jeśli idzie o nasylenie odbiornikami telewizyjnymi i magnetowidami. Raptem znaleźliśmy się w czołówce państw europejskich, a że tak jest, niech udowodni to ten jeden zaprezentowany tu rysunek. Przedstawia on ponadstuletnią chałupę drwała spod Zwierzyńca. W jej wnętrzu jest polepa zamiast podłogi, okna starą modą są nie otwierane, ale oto na sośnie obok, w tym roku, zjawiała się antena satelitarna, symbol już nie XX, a XXI wieku. Tak więc pod Zamościem mamy konkretny przykład, niemal symboliczną ilustrację spotkania się wieku XXI z XIX. Bo chałupa drwała pochodzi z roku 1840. Zagościła w niej telewizja, i to jest jakimś symbolem skoku postępu.

Sądzę mili Państwo, że te uwagi miałem prawo wypowiedzieć jako człowiek profesjonalnie związany z najbardziej masową sztuką przekazu, której potęgi i możliwości nie doceniają nawet ci, którzy zdążyli nazwać telewizję „władzą”, na równi z Sejmem, rządem, prezydentem czy całym niezależnym sądownictwem. Stwierdzam tu w auli Uniwersytetu Jagiellońskiego, że ta „władza” w naszym kraju nie ma wykrystalizowanego oblicza.

Some aspects of humanitarian principles in technical sciences

Summary

You will certainly be surprised that an expert on the History of Architecture and Monument Preservation, on the day of his being awarded the title of Doctor Honoris Causa, will dwell on subjects seemingly far remote from the expectations of his audience. It just so happens that the present speaker has run a tv show for forty years, and we have the honour to have the President of the Polish Television Company with us today, so the problems of mass media are not quite alien to me. Let me share with you, ladies and gentlemen, my thoughts and anxieties.

In one of the World Health Organization reports there is a mention of not only biosphere but also psychosphere. This refers to excess information, misinformation, introducing "subsidiary subjects" to the public mind. What is more, it is controlling the fundamental field of human activity.

And since we talk about controlling, let me recall the science devoted to this problem. After all, "kyberneticos" in Greek means controlling. It was Socrates who said: *Cybernetics protects us from the gravest dangers not only of the soul but also the body and man's property as well.* We owe the updated significance of this message to Norbert Wiener, who proved that both man and machine can be controlled, unfortunately they both can be steered towards either good or evil.

Thinking of morality, let me mention another science. I mean computer science - science of how to transfer information. The source can be provided by a human being talking or a sensor of an elaborate machine. The task of computer science is data acquisition, storage, processing (sic!), dissemination, and obviously its selection and classification. How marvellous must be the ideology which employs such a systemised science! Plus electronic engineering which has made the author-audience contacts multipliers infinite.

In short, millions of people sit in front of the tube, people who, in a way, are doomed to the multi-channel tv programme which is subject to the free market rules as any other commodity. One is tempted to say that we live in terrible times. Psychologists and psychiatrists alarm: *Stop the ads in the middle of film shows! Stop the violence! There are too many violent crimes every day, with no reason at all! The world of the tv imagery is introduced to our lives!* And what do we do? We are passive receivers of the increasing degradation of our psychosphere. The means we spend to remedy this state are minimal, our unconcern stupefying. Nothing can be repaired, we have to start building anew.

I happen to give my lecture on the day of St. Thomas Aquinas, creator of Thomism. It was he who founded the bridge between ancient philosophy and Christianity. Were he with us today, he would order, or maybe only suggest, that we should carry a profound metamorphosis of our mass media, television in particular. This is because we generally do not appreciate the threat it poses.

These words are addressed to you by one who has drawn ten thousand pictures in front of tv cameras in Poland, Europe and America and provided commentaries in which he tried to protect human dignity against any form of violence. I call for essential transformation of the Polish television programmes and creation of The National Television.



Nadanie tytułu doktora honoris causa prof. zw. drowi hab. inż arch. Wiktorowi Zinowi przez J M Rektora, prof. zw. dra hab. inż. Kazimierza J. Flaga



Odczytanie dyplomu – od góry: Prorektor, dr hab. inż. Elżbieta Nachlik, prof. PK; J M Rektor, prof. zw. dr hab. inż. Kazimierza J. Flaga; Prorektor, prof. zw. dr hab. inż. Marcin Chrzanowski; Dziekan WA, prof. dr hab. inż. arch. Andrzej Kadluczka; Dziekan WIL, doc. dr hab. inż. Kazimierz Furtak



Wykład prof. zw. dra hab. inż. arch. Wiktora Zina podczas uroczystości nadania tytułu doktora honoris causa



Prof. zw. dr hab. inż. arch. Wiktor Zin w asyście JM Rektora, prof. zw. dra hab. inż. Kazimierza J. Flągi i Prorektora, prof. dra hab. inż. Ryszarda Henryka Kozłowskiego – zakończenie części oficjalnej uroczystości



Stuba Communis – prof. zw. dr hab. inż. arch. Wiktor Zin w otoczeniu Rodziny



Stuba Communis – prof. zw. dr hab. inż. arch. Wiktor Zin i J M Rektor, prof. zw. dr hab. inż. Kazimierz J. Flaga z Malżonkami

Profesor

Władysław Muszyński



Quod felix faustum fortunatumque sit

Nos

Rector et Senatus

POLYTECHNICAE THADDAEO-KOSCIUSZKIANAE CRACOVIENSIS
et
Consilium Facultatis Aedificationis Terrestris

in virum doctissimum ac clarissimum

WLADISLAUM MUSZYŃSKI

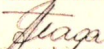
professorem publicum ordinarium in Facultate Aedificationis Polytechnicae Cracoviensis, eiusdem Polytechnicae olim bis rectorem magnificentum, olim pluribus annis decanum illustrem Facultatis Aedificationis Terrestris, olim pluribus annis moderatorem Instituti Materialium et Constructionum Aedificatoriarum, olim pluribus annis moderatorem Instituti Technologiae Betoni et Instituti Materialium Aedificatoriarum
qui vir eximius quinquaginta annos in Polytechnica Cracoviensi scientiis promovendis, iuvenibus erudiendis et plurimis muneribus explendis totum se dedit
qui vir doctissimus technologiae betoni et materialium aedificatoriarum adhibendarum peritissimum se praeiuit, qua re nomen sibi inter doctos paravit magnum
qui magister optimus multos doctores educavit, sed etiam dissertationum doctoralium aliarumque censuras scripsit et de eis, quae collegae gradus academicos appetentes in scientiis provehendis sunt consecuti, aequus iudicavit
qui semper id egit, ut in aedificiis erigendis ratio et usus artissime coniungerentur
qui operae et sudori non pepercit, ut vetera aedificia Cracoviensia, pretiosissima ac pulcherrima, arte adhibita e ruina servarentur
qui et senator Universitatis Berolinensis honoris causa creatus, et Cruce Comandoria Insignis Poloniae Renatae ornatus, et multis praemiis ministerialibus merito affectus est

doctoris honoris causa

nomen et dignitatem, iura ac privilegia contulimus atque in eius rei fidem hoc diploma Polytechnicae Cracoviensis sigillis sancendum curavimus.


Dabamus Cracoviae, die sexta mensis Mai anno millesimo nongentesimo nongagesimo octavo

Casimirus FLAGA



scientiarum technicarum doctor
aedificationis professor

PROMOTOR

Casimirus FURTAK


scientiarum technicarum doctor
DECANUS

Casimirus FLAGA


scientiarum technicarum doctor
aedificationis professor

POLYTECHNICAE CRACOVIENSIS RECTOR

Profesor

Władysław Muszyński

Profesor Władysław Muszyński urodził się w Zagorzycach k. Miecho-
wa 7 lipca 1920 roku. Studia wyższe ukończył w roku 1946 na Wydziale Inżynierii
Lądowej i Wodnej Akademii Górniczej w Krakowie. Pracę doktorską na temat
Badania nad zastosowaniem produktów ubocznych do betonu napowietrzonego
wykonał pod kierunkiem prof. Bronisława Kopycińskiego w 1957 roku. Od 1955
roku zastępca profesora na Politechnice Krakowskiej, od 1959 roku docent w
teżże Uczelni. W roku 1966 uzyskał tytuł profesora nadzwyczajnego, a w 1974
tytuł profesora zwyczajnego. Na stanowisku profesora zwyczajnego pracował do
1990 roku, kiedy to formalnie przeszedł na emeryturę. Do dziś pracuje na części
etatu w Instytucie Materiałów i Konstrukcji Budowlanych Politechniki Krakow-
skiej, od 1991 roku jest przewodniczącym Konwentu Seniorów PK.

Profesor W. Muszyński całą swoją ponad 50-letnią działalność nauko-
wą, dydaktyczną, zawodową i organizacyjną związał z Politechniką Krakowską.
Już w latach 1945–1947 pracował jako młodszy – a w latach 1947–1951 jako star-
szy asystent w Katedrze Budownictwa i Inżynierii Akademii Górniczej pod kierow-
nictwem prof. I. Stella-Sawickiego, pierwszego prorektora AG ds. Wydziałów Po-
litechnicznych, twórcy Politechniki Krakowskiej. Po wykreowaniu się Politechniki
Krakowskiej jako samodzielnej Uczelni w 1954 roku pełnił szereg ważnych funkcji.
Był dwukrotnie rektorem, w kadencji 1972/73–1974/75 – jako pierwszy wychowa-
nek Uczelni, i w kadencji 1987/88–1989/90. W latach 1978/79–1983/84 pełnił przez
dwie kadencje funkcję dziekana Wydziału Budownictwa Lądowego, w latach
1956/57–1957/58 oraz 1961/62–1965/66 był prodziekanem tego Wydziału. W latach
1975–1976 i 1977–1981 był dyrektorem Instytutu Materiałów i Konstrukcji Budowlan-
nych, zaś w latach 1969–1972 – zastępcą dyrektora. Przez 26 lat kierował Zakładem
Technologii Betonu i Zakładem Materiałów Budowlanych w Katedrze lub Instytucie.
Z Jego działalnością organizacyjną na Uczelni, której był bez reszty oddany, wią-
żą się: budowa obecnej siedziby Instytutu Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, kontynu-
acja budowy obiektów dla Wydziału Mechanicznego i pierwszych domów studenckich
na terenie kampusu w Czyżynach, rozbudowa Gmachu Głównego PK i nadbudowa
dawnego budynku Instytutu Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych przy
ul. Warszawskiej, przejście przez Uczelnię zabytkowego budynku przy ulicy Kano-
nicznej 1. Osiągnięcia organizacyjne prof. W. Muszyńskiego zapisały się trwale w historii i
rozwoju Uczelni, ugruntowując jej pozycję w środowisku krakowskim i ogólnopolskim.

Działalność naukowa profesora W. Muszyńskiego obejmuje ponad 80 po-
zycji z zakresu materiałów budowlanych, technologii betonu, ochrony budowli przed
korozją, budownictwa ogólnego, wzmacniania i rekonstrukcji obiektów budowlanych,

inżynierskich problemów w odnowie staromiejskich zespołów zabytkowych oraz dwa skrypty z zakresu technologii betonu. Prace te były najczęściej związane z konkretnymi potrzebami budownictwa w skali krajowej lub regionalnej; na szczególną uwagę zasługują prace Profesora dotyczące zdrowotności materiałów budowlanych. Odbiciem wysokiej pozycji naukowej Profesora w kraju było wypromowanie 12 doktorów, opieka nad 5 pracami habilitacyjnymi, recenzje 25 prac doktorskich, 19 prac habilitacyjnych, 22 wniosków o nadanie tytułu profesora nadzwyczajnego i zwyczajnego oraz 2 wniosków o nadanie tytułu doktora honoris causa.

Dzięki swojej pozycji naukowej i uzdolnieniom organizacyjnym był Profesor Muszyński aktywnym członkiem i przewodniczącym wielu organizacji, komitetów, komisji i stowarzyszeń na terenie Polski i Krakowa. Między innymi działał aktywnie w: Komitecie Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Sekcji Zastosowań Materiałów Budowlanych tego Komitetu, Sekcji Budownictwa i Materiałów Budowlanych KBN, Radzie Naukowej przy Ministrze Budownictwa i PMB, Radzie Naukowej Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu, Radzie Naukowej ITB w Warszawie, Radzie Naukowej COB-R Przemysłu Betonów w Warszawie.

Na szczególną uwagę zasługuje działalność społeczna prof. W. Muszyńskiego na rzecz ratowania bezcennej substancji zabytkowej miasta Krakowa i na rzecz rewaloryzacji oraz ochrony zabytków i dóbr kultury tego miasta. Był Profesorem jednym z pierwszych w Polsce, który publicznie zwrócił uwagę na to zagrożenie na Zjeździe PZITB we Wrocławiu w 1978 roku.

Za swą wszechstronną aktywność został Profesor odznaczony m. in.: Krzyżem Komandorskim Orderu Odrodzenia Polski, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, Odznaczeniem „Zasłużony Nauczyciel PRL”, Medalem „Zasłużonemu dla Politechniki Krakowskiej” oraz wyróżniony dziewięcioma nagrodami Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w tym czterema nagrodami I stopnia za prace dydaktyczno wychowawcze i organizacyjne.

Dla Politechniki Krakowskiej prof. W. Muszyński jest Człowiekiem, który całą swoją wiedzę, czas i energię nie tylko poświęcił dla niej, ale przez swoją pozycję i działania zewnętrzne przyczynił się walnie do ugruntowania jej pozycji w nauce i wyższym szkolnictwie technicznym w Polsce. Dał temu wyraz w 612-stronicowej monografii pt. *Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki 1945–1995*, którą – jako redaktor merytoryczny – opracował na jubileusz 50-lecia Uczelni.

Znaczącym wydarzeniem w działalności prof. W. Muszyńskiego była praca w charakterze eksperta ONZ w Badawczym Instytucie Budownictwa w Dakka (dzisiejszy Bangladesz) w latach 1966–1969 i 1976–1977. Głównym celem pobytu było opracowanie programu rozwoju Instytutu w perspektywie 20 lat.

Professor Władysław Muszyński

Prof. Wł. Muszyński was born in Zagorzyce near Miechów on July 7, 1970. He graduated from the Cracow Academy of Mining and Metallurgy, Faculty of Civil and Water Engineering in 1946. He produced his Ph.D. dissertation on *Investigation of application of by-products in aerated concrete*, under Prof. Bronisław Kopyciński's supervision, in 1957. Since 1955 he acted as assistant professor at the Cracow University of Technology. In 1966 he obtained the title of associate professor, in 1974 - the title of full professor. He occupied the position of full professor till 1990 when he formally retired, but he has continued to work, part-time, at the Institute of Building Materials and Structures of CUT till today. Since 1991 he has acted as Chairman of the Association of CUT Alumni.

Prof. Wł. Muszyński has devoted his over 50 year long research, teaching, professional and organisational activities to the Cracow University of Technology. Since the very beginning of the CUT he has held various important positions: head of the Institute of Building Materials and Structures, Vice-Dean, and next, Dean of the Faculty of Civil Engineering, Rector of the University for two terms of office. Prof. Muszyński's efforts and achievements to improve the School's functioning have been crowned with promoting the image of the School in both the Cracow region and on national scale

The scientific-research activity of Prof. Wł. Muszyński includes over 80 works in the field of building materials, concrete technology, anticorrosion protection of buildings, general building, strengthening and reconstruction of structures, engineering problems in renovation of old urban historical complexes, as well as two manuals on concrete technology. In most cases these works have answered the actual local or national needs of engineering practice. The professor's works particularly worthy of mention are those dealing with building materials sanitary suitability.

Prof. Muszyński has supervised 12 Ph.D. and 5 D.Sc. dissertations, he has reviewed 25 Ph.D. and 19 D.Sc. dissertations, he has presented 22 motions to confer the titles of associate and full professors as well as 2 motions to confer the doctor honoris causa.

In acknowledgement of his scientific position and organisational skills Prof. Muszyński has been elected and worked as active member, and chairman, for numerous associations, committees and organisation boards.

A significant event in Prof. Muszyński's career was the appointment to work as a UNO expert for the Research Institute of Civil Engineering in Dakka (Bangladesh) in the years 1966–1969 and 1976–1977. The main aim of his stay there was to work out a development programme of the Institute in perspective of 20 years.

Prof. Muszyński has devoted all his knowledge, time and energy to our Alma Mater. His knowledge of and experience at the Cracow University of Technology have been superbly expressed in a 612 pages monograph called *The Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology, 1945–1995*, which he edited for the 50th anniversary of the School. Owing to his position in the scientific world he has greatly contributed to promoting our, already well grounded, rank in science and technology. For his outstanding contribution in the development of science and teaching Prof. Muszyński has been awarded many distinctions and awards.

Wpływ materiałów na rozwój konstrukcji budowlanych

Magnificencjo Rektorze! Wysoki Senacie! Drodzy i Dostojni Przyjaciele i Koledzy!

Przede wszystkim pragnę serdecznie i gorąco podziękować Panu Rektorowi, Senatowi oraz Radzie Wydziału Inżynierii Lądowej za przyznanie mi zaszczytnego tytułu doktora honoris causa.

Serdecznie i gorąco dziękuję również Panom Rektorom oraz Senatowi Politechniki Warszawskiej i Politechniki Wrocławskiej za poparcie wniosku o przyznanie mi tego tytułu.

Tematem mojego wystąpienia będzie zagadnienie zależności między rozwojem wytwarzanych materiałów budowlanych i wiedzą o tych materiałach a rozwojem kształtowania konstrukcji budowlanych w ujęciu chronologicznym.

Według najstarszych źródeł z VI i V tysiąclecia przed naszą erą człowiek wraz z przechodzeniem z koczowniczego na osiadły tryb życia budował prymitywne własne siedziby z materiałów znajdujących się na miejscu jego bytowania w naturze, jak np. surowa glina czy trzcina.

W IV tysiącleciu w okresie rozkwitu Mezopotamii najstarszymi i najokazalszymi budowlami były świątynie wznoszone z surowej cegły, która dawała większą swobodę kształtowania konstrukcji budowlanej. Mur z surowej cegły na glinianej zaprawie był konstrukcją powszechnie stosowaną w starożytności.

Okolo 3000 lat p.n.e. w Egipcie wykorzystywano już naturalne złoża kamienia do budowy piramid, najbardziej okazałych pomników ówczesnej architektury.

W starożytnej Grecji podstawowymi materiałami do budowy domów były: kamień na fundamenty oraz surowa cegła do ścian.

Prawdziwy rozwój wiedzy o materiałach budowlanych oraz technice budowlanej nastąpił dopiero w okresie starożytnego Rzymu. Kolebką rzymskiego budownictwa była Italia, kraj bogaty w naturalne złoża łatwego do obróbki kamienia oraz zasoby pucolany, będącej popiołem pochodzenia wulkanicznego. Pucolana dodawana do zaprawy wapiennej poprawiała znacznie jej wytrzymałość. W IV wieku p.n.e. był już znany i szeroko stosowany w Italii łęg z kłinców kamiennych, a w 62 roku p.n.e. zbudowano w Rzymie dwuprzęsłowy most o rozpiętości luków po 24,5 m.

W I wieku p.n.e. Rzymianie wprowadzili w budownictwie taką innowację, jak np. mur okładzinowy, tzw. opus incertum, którego powierzchniowe warstwy wykonywano z bloków kamiennych, a wewnętrzną warstwę wypełniano pokruszonymi mniejszymi kamieniami bez obróbki i zalewano zaprawą wapienną z dodatkiem pucolany. W drugiej połowie tego wieku rozwinięto na tyle technologię wyrobu cegły, że stosowano ją do zewnętrznej warstwy budowanych murów nośnych zamiast kamienia. Była to specjalna cegła trójkątna zapewniająca dobre zakotwienie warstw okładzinowych w materiale wypełniającym środkową część muru.

Rzymianie wprowadzili także nowe ukształtowanie konstrukcji łęgów i sklepień poprzez wykorzystanie dobrej współpracy statycznej ceramicznych żeber z materiałem wypełniającym, złożonym z tłuczenia kamiennego i zaprawy wapiennej lub pucolanowej. W dalszej ewolucji konstrukcji sklepień rozwinęto technikę wykonywania kopuł. Dobrym przykładem była rotunda z kopułą Panteonu, czyli „świątynia wszystkich bogów”, zbudowana w Rzymie za panowania Adriana około 125 r. naszej ery. Rotunda ta miała wewnętrzną średnicę 43,2 m z otworem u wierzchołka o średnicy 8,92 m, przy czym wysokość budowli wynosiła około 45,0 m. W przekroju pionowym kopuła miała kształt płaskiej paraboli.

Rzymskie osiągnięcia w budownictwie przejęło i kontynuowało cesarstwo wschodnie przy wznoszeniu Bizancjum. Podstawowym materiałem budowlanym była tam dobrze wypalona cegła kwadratowa lub prostokątna grubości od 4 do 5 cm. Cegły układano w murze na zaprawie wapiennej z domieszką rozdrobnionej ceramiki lub węgla drzewnego. Domieszki te spełniały rolę pochłaniaczy wilgoci, wskutek ich higroskopijnych własności. Bizantyjskie budownictwo wprowadziło także szereg udoskonaleń w rzymskich rozwiązaniach konstrukcji stropów.

W okresie wczesnego średniowiecza nastąpił regres w większości doświadczeń rzymskiego i bizantyjskiego budownictwa. Dopiero w epoce romańskiej obok klasztorów powstały pierwsze cechy kamieniarzy, specjalizujące się w technice wydobywania, obrabiania i budowania z kamienia. Oprócz kamienia podstawowymi materiałami budowlanymi były: cegła surowa i wypalana oraz drewno. Mury nośne wykonywano przeważnie typu okładzinowego a stropy i przekrycia pomieszczeń użytkowych w formie łęgów i kolebkowych lub krzyżowych sklepień. Dobrym przykładem z okresu romańskiego jest sklepienie w krypcie św. Leonarda w Katedrze na Wawelu zbudowane na początku XII wieku. Innym, bardziej okazałym przykładem jest wspaniale zachowany romański kapitularz o dziewięciopółowym sklepieniu krzyżowo-żebrowym wsparty na czterech kolumnach z niezwykle pięknymi romańskimi rzeźbami na głowicach i wspornikach w opactwie cystersów w Wąchocku koło Kielc, ufundowany w roku 1179.

Epoka gotyku w XII—XIV wieku charakteryzowała się tym, że przyniosła rozwój wiedzy o materiałach budowlanych, w tym poznanie fizycznych i mechanicznych właściwości kamienia oraz opanowanie procesu wypalania dobrej cegły. Ewolucja doświadczeń starożytnej sztuki budowania doprowadziła do nowego typu konstrukcji o układzie szkieletowym, złożonej ze słupów, kolumn i strzelistych sklepień o lekkiej powłoce sklepienia krzyżowego i ostrolukowego usztywnionego żebrami. Przekroje kolumn i wysokości żeber w sklepieniach dobierano przy pełniejszym wykorzystaniu właściwości mechanicznych materiałów. Kształt i forma gotyckich konstrukcji tworzyły harmonijną całość i uzewnętrzniały ich pracę statyczną. Ówczesne elementy konstrukcji wyprofilowano na drodze doświadczeń o takiej smukłości, że ich stateczność udowodnił teoretycznie dopiero w XVIII wieku znany badacz Euler. W okresie gotyku technika budowlana z kamienia osiągnęła niezwykle wysoki poziom tak w bogactwie formy, jak i w śmiałości oraz przejrzystości konstrukcji.

W okresie renesansu wypalana cegła coraz szerzej wypierała pracochłonny kamień w konstrukcjach nośnych. Wspaniałym przykładem z okresu renesansu jest niewątpliwie Bazylika św. Piotra w Rzymie. Szczególną uwagę zwraca tam kopuła o wewnętrznej średnicy 41,50 m. Ceglana konstrukcja kopuły składa się z dwóch warstw wzmocnionych żebrami przebiegających południkowo

i połączonych w jedną całość u podstawy wsporczej. U góry obydwie warstwy połączone są latarnią wprowadzającą światło do wnętrza.

Okresy baroku, rokoka i następne nie miały wyraźniejszego wpływu na rozwój technologii wytwarzania materiałów budowlanych, a tym samym nie było znaczących elementów w rozwoju konstrukcji. Poziom wytwarzania materiałów budowlanych i techniki budowlanej wywodzący się z tradycji rzymskich, udoskonalony w okresach gotyku i renesansu przetrwał właściwie aż do XVIII, a nawet XIX wieku.

Od czasów archaicznych aż do XIX wieku drewno było powszechnie stosowane do budowy stropów płaskich. Zmieniały się tylko układy belek nośnych i deskowania. Początkowo nośne belki były układane równolegle obok siebie bądź w takich odstępach, aby wolna przestrzeń przykrywana była deskami w układzie równoległym do belek. Dopiero w wieku IV wprowadzono zwiększone odstępki między belkami nośnymi, a wolne przestrzenie przykrywano deskami układanymi prostopadłe lub ukośnie do nich. Już wówczas w stropach o większych rozpiętościach stosowano podciąg jako dodatkową konstrukcję wsporczą dla belek głównych. Podwyższenie nośności podciągów zapewniano stosując siodła podparte zastrzałami. Zalety drewna w stosunku do kamienia czy cegły w zastosowaniu do konstrukcji stropów płaskich polegały zawsze na małej jego gęstości objętościowej, dobrej wytrzymałości na zginanie oraz łatwej obróbce. Ale mała trwałość drewna przy dostępie wilgoci oraz łatwopalność stanowią poważne wady tego materiału. Wskutek tych wad nie dochowały się drewniane stropy starsze niż z XIV wieku.

W wieku XVII i XVIII nastąpił wspaniały rozkwit nauk matematyczno-fizycznych, które stworzyły dobre podstawy rozwoju mechaniki budowli. Miało to znaczący wpływ na rozwój konstrukcji budowlanych w latach następnych. W literaturze technicznej zapisane zostały na trwałe z tego okresu takie nazwiska, jak: Izaaka Newtona, L. Eulera, D. Bernoulliego, J. L. Lagrange'a, P. S. Laplace'a, Ch. A. Coulomba czy L. Naviera.

Wiek XVIII przyniósł rozwój technologii wytwarzania materiałów budowlanych, a przede wszystkim sztucznych spoiw mineralnych. Najpierw wyprodukowano wapno hydrauliczne, ale już w roku 1796 wynaleziono cement romański. Był to początek nie znanego wcześniej wielkiego rozwoju technologii wytwarzania i praktycznego stosowania materiałów wiążących. Otworzyły one nowe i ogromne możliwości w projektowaniu i kształtowaniu konstrukcji budowlanych w porównaniu ze znanymi wcześniej spoiwami o naturalnych właściwościach wiążących, takimi jak glina, wapno czy gips. Wapno hydrauliczne było pierwszą odmianą spoiwa, które obok tlenku wapnia CaO zawierało od 6 do 20% domieszek tlenku krzemu SiO_2 , tlenku glinu Al_2O_3 i tlenku żelaza Fe_2O_3 . Podczas procesu wypalania składniki te tworzyły związki krzemianów, glinianów i żelazoglinianów wapnia, a po zmieleniu do postaci drobnoziarnistej mączki i zmieszaniu z wodą, tak przygotowane wapno wykazywało zdolność wiązania i twardnienia zarówno na powietrzu, jak i w wodzie. Cement romański to produkt, w odróżnieniu od wapna hydraulicznego, o zwiększonej zawartości składników hydraulicznych, wypalany w podwyższonej temperaturze do 1000°C . Datą przelomową był rok 1824, kiedy to wynaleziono właściwe, mineralne spoiwo nazwane cementem portlandzkim. Cement ten otworzył wielkie nie znane wcześniej możliwości wytwarzania betonu – nowego tworzywa – poprzez spojenie okruszków skalnych o różnych wielkościach i kształtach geometrycznych w monolityczny sztuczny kamień. Zalety betonu jako ma-

teriału budowlanego polegające na łatwości wykonania, możliwości regulowania właściwości fizycznych i mechanicznych w szerokich granicach, łatwym formowaniu elementów konstrukcji o rozmaitych wielkościach przestrzennych i kształcie przekrojów poprzecznych zostały szybko dostrzeżone. Spowodowało to szerokie stosowanie tego materiału w praktyce budowlanej oraz kontynuację badań odkrywających coraz nowsze obszary jego wykorzystania.

Innym materiałem, obok betonu, mającym ogromny wpływ na rozwój konstrukcji budowlanych począwszy od XIX wieku była i jest nadal stal. Opanowanie przemysłowej metody wytwarzania stali oraz technologii produkcji stalowych wyrobów walcowanych około połowy ubiegłego stulecia miało decydujące znaczenie dla szerokiego rozpowszechniania konstrukcji stalowych w budownictwie. Doskonale rozwinięta technika łączenia najpierw poprzez nitowanie, a następnie spawanie pojedynczych elementów walcowanych w duże zespoły konstrukcji kratowych i szkieletowych otworzyły ogromne możliwości projektowania i wykonywania konstrukcji wsporczych o znacznie większych rozpiętościach i wysokościach. Jednym z przykładów tych możliwości była zbudowana przez znakomitego francuskiego konstruktora G. A. Eiffela w latach 1887–1889 stalowa wieża widokowa wysokości 300,5 m jako akcent przyszłościowy na otwarcie Wystawy Światowej w Paryżu. Wieża ta w nie zmienionym pierwotnym kształcie istnieje w dalszym ciągu i cieszy się nie słabnącą popularnością wśród turystów w Paryżu jako wysokościowy punkt obserwacyjny panoramy tego miasta. Stalowa konstrukcja wieży była wówczas nie tylko dobrym przykładem ówczesnych możliwości stali jako materiału budowlanego, ale była również zapowiedzią perspektywy wspaniałego rozwoju oraz szerokiego zastosowania stali do konstrukcji budowlanych w XX wieku. Potwierdzają to liczne realizacje w budownictwie przemysłowym, wysokościowych drapaczach chmur użyteczności publicznej czy w mostownictwie. Do rozpowszechnienia łączenia pojedynczych elementów w konstrukcjach stalowych poprzez spawanie przyczynił się wydatnie S. W. Bryła, polski pionier w tej dziedzinie, profesor Politechniki Lwowskiej od 1921 r. oraz Politechniki Warszawskiej od 1934 r. Był on twórcą pierwszego w Europie spawanego mostu drogowego na rzece Słudwi w 1927 r., wieżowca „Prudential” w Warszawie w 1932 r., a także opracował pierwsze w świecie normy techniczne spawania konstrukcji stalowych.

W latach 1849–1861 został wynaleziony żelbet, powstały z zespolenia betonu i wiotkich prętów stalowych w jedną współpracującą całość, chociaż te dwa materiały mają wyraźnie zróżnicowane właściwości fizyczne i mechaniczne. W żelbecie wykorzystane są właściwości wytrzymałościowe betonu na ściskanie, a prętów stalowych na rozciąganie. Jest to widoczne szczególnie wyraźnie w żelbetowych belkach zginanych, w których beton przenosi naprężenia w strefie ścisanej, a pręty stalowe w strefie rozciąganej. Żelbet jako nowe tworzywo budowlane otworzył wówczas tak wielkie możliwości rozwoju konstrukcji, że przekroczyły one znacznie granice wyznaczone przez tradycyjne materiały – drewno, kamień czy ceramikę. Stąd wiek XX jest okresem, w którym wśród materiałów konstrukcyjnych dominują powszechnie beton i stal. Tradycyjne masywne mury z kamienia lub cegły zastąpione zostały szkieletową konstrukcją nośną. Stalowa bądź żelbetowa konstrukcja szkieletowa stała się powszechnie stosowanym podstawowym układem nośnym, przenoszącym na fundamenty wszystkie obciążenia pionowe i poziome realizowanej budowli. Wskutek tego nastąpiła całkowita zmiana

funkcji ścian zewnętrznych i wewnętrznych. Funkcje te zostały ograniczone do roli przegród termicznych i akustycznych. Mogły być one zatem wykonane z materiałów o wysokiej porowatości, małej gęstości objętościowej i dobrych właściwościach izolacyjnych. Stąd przyjęła się nazwa tych przegród jako ściany osłonowe bądź kurtynowe.

Wraz z zastosowaniem betonu i stali w praktyce inżynierskiej prowadzone były równolegle intensywne teoretyczne i doświadczalne badania wzbogacające wiedzę o ich właściwościach fizycznych, chemicznych i mechanicznych. Wiek XIX był okresem stosowania betonu i żelbetu do najprostszych konstrukcji o schematach obliczeniowych statycznie wyznaczalnych, jak stropy, słupy czy ściany oporowe. W miarę poznawania struktury oraz właściwości fizycznych i mechanicznych tych tworzyw budowlanych obejmowano projektowaniem i wykonywaniem coraz bardziej złożone ustroje pod względem statycznym i konstrukcyjnym, jak np. ramy, luki, zbiorniki, silosy czy mosty. Z reguły były to już konstrukcje o charakterze monolitycznym.

Schematy statyczne tych konstrukcji budowlanych były w zasadzie wielokrotnie statycznie niewyznaczalnymi układami. Obliczeniowe ich rozwiązanie dla wyznaczenia wielkości niezbędnych do wymiarowania poszczególnych przekrojów stało się osiągalne wskutek znaczących postępów nauki w dziedzinie teorii konstrukcji oraz elektronicznej techniki obliczeniowej w obecnym stuleciu.

W pierwszym okresie wprowadzania żelbetu do praktyki inżynierskiej wymiarowano poszczególne elementy konstrukcji metodą liniowego rozkładu naprężeń. W latach 1935 – 1939 nakreślono nową teorię odkształceń plastycznych, opierającą się na zasadzie wyczerpania nośności wskutek równoczesnego zniszczenia zbrojenia rozciąganego oraz ściskanej strefy betonu. Wykorzystanie tej teorii do bardziej śmiałych cienkościennych konstrukcji w formie kopuł, łupin czy powłok potwierdzają piękne przykłady budowy zrealizowanych w latach sześćdziesiątych bieżącego stulecia, takich jak: Pałac Sportu w Rzymie, Opera w Sydney czy port lotniczy w Nowym Jorku. Następną innowacją w rozwoju metod wymiarowania konstrukcji budowlanych była teoria stanów granicznych, która rozpowszechniła się szeroko w ostatnich kilkunastu latach.

Kolejnym znaczącym krokiem w ciągłej ewolucji stosowania betonu zbrojonego była ogłoszona przez Freyssineta idea wprowadzenia czynnej siły do zginanych elementów z betonu, co było początkiem rozwoju konstrukcji wstępnie sprężonych. Koncepcja ta opiera się na znacznie wyższych wymaganiach jakościowych dla betonu oraz stali, przenoszących czynne siły sprężające oraz na wyższym poziomie wymagań jakościowych podczas realizacji konstrukcji sprężonych. Dla betonu niezbędna jest wyższa wytrzymałość na ściskanie oraz ograniczone jego cechy reologiczne obejmujące skurcz i pęcznienie, a dla stali przenoszącej siły sprężające wytrzymałość na rozciąganie zwiększona co najmniej pięciokrotnie przy zmniejszonej relaksacji i nieco zwiększonym wydłużeniu.

W latach pięćdziesiątych konstrukcje wstępnie sprężone przyjęły się już w praktyce inżynierskiej, zwłaszcza w zastosowaniu do budowy hal przemysłowych. Wprowadzone wówczas wstępnie sprężone dźwigary dachowe o większych rozpiętościach pozwalały na zwiększenie odstępów między słupami wsporczymi, co umożliwiło bardziej racjonalne zagospodarowanie, a tym samym lepsze wykorzystanie powierzchni użytkowych tych hal. Niestety, w latach sześćdziesiątych po wystąpieniu kilku poważnych awarii wskutek niedopełnienia wyższych wymagań jakościowych dotyczących zarówno stosowanych materiałów, jak i technologii wykonawstwa, nastąpiło załamanie się szybko rozpowszechniających się konstrukcji

sprężonych. W rezultacie spadło wyraźnie zainteresowanie tymi konstrukcjami. Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych PK pozostał właściwie jedynym, który utrzymał ciągłość tak w prowadzeniu badań doświadczalnych, jak i w propagowaniu dalszego stosowania konstrukcji sprężonych w Polsce. Przy współpracy Instytutu zrealizowano szereg pięknych obiektów, jak np. hala widowiskowa w Katowicach, tzw. Spodek, czy zbiorniki na ciecze i materiały sypkie.

Lata po drugiej wojnie światowej przyniosły szerokie upowszechnienie stosowania betonu ze szkodą dla innych materiałów budowlanych, a szczególnie dla ceramiki budowlanej. Nastąpiło także uprzemysłowienie techniki budowlanej, zwłaszcza w budownictwie mieszkaniowym. Doprowadziło to do przyspieszonego wielkiego rozwoju wielkopłytywnej technologii, która w latach siedemdziesiątych stała się dominującą. Świadczy o tym chociażby to, że w okresie szczytowym było w Polsce ponad 170 wytwórni wielkiej płyty, tzw. fabryk domów, w tym 4 wytwórnie na terenie miasta Krakowa. Skrócenie cyklu budowy mieszkań i zwiększenie liczby budowanych mieszkań były podstawowymi argumentami zasadności rozwoju budownictwa wielkopłytyowego. Niestety w wielu przypadkach w mieszkaniach wybudowanych w tej technologii obok usterek wykonawczych ujawniły się wady podczas użytkowania, polegające na rozwoju grzybów z klasy workowców, czyli pleśni. Grzyby te powodują z reguły szkodliwe oddziaływanie biologiczne na zdrowie człowieka będącego użytkownikiem tego mieszkania. Przyczynami rozwoju grzybów były dogodne warunki cieplno-wilgotnościowe w mieszkaniach, stwarzane wskutek niedostatecznego oporu cieplnego ścian zewnętrznych z wielkich płyt. Aby zdecydowanie przeciwdziałać i ograniczyć rozwój pleśni niezbędne jest przywrócenie suchego mikroklimatu w tych mieszkaniach. W tym celu w wielu budynkach z wielkiej płyty przeprowadzane są z konieczności zabiegi ich ocieplania poprzez nałożenie na zewnętrzną powierzchnię ścian odpowiedniej grubości warstwy termoizolacyjnej, np. płyt styropianu jako jednego z wielu możliwych skutecznych rozwiązań. Tak więc upowszechnianie przemysłowej prefabrykacji wielkopłytyowych elementów z betonu przyniosło duże przyspieszenie budownictwa mieszkaniowego, ale spowodowało także negatywne skutki obniżenia poziomu jakościowego konstrukcji obiektów mieszkaniowych. Usuwanie tych usterek jest uciążliwe dla użytkowników oraz powoduje zwiększenie kosztów eksploatacyjnych omawianych budynków.

W innych sektorach budownictwa, takich jak obiekty przemysłowe, hydrotechniczne czy komunikacyjne beton wprawdzie dominował w realizacjach ich konstrukcji budowlanych, lecz stal miała także tutaj bardzo znaczny udział. Proces rozwoju konstrukcji stalowych był wydatnie wspierany ciągłością w kontynuacji teoretycznych i doświadczalnych badań. Wyniki z tych badań przyczyniły się do rozwijania, obok udoskonalonych układów prętowych, równoległe konstrukcji zespolonych czy konstrukcji powłokowych. Praktycznym przykładem tych ostatnich jest most na rzece Wiśle w Krakowie, wybudowany na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych bieżącego stulecia.

Wprowadzenie gospodarki rynkowej w Polsce w roku 1990 otworzyło szerokie możliwości uruchomienia i rozwoju produkcji materiałów budowlanych. Wkrótce doprowadziło to do pojawienia się w obrocie handlowym i nasycenia rynku różnymi materiałami o zróżnicowanych właściwościach chemicznych, fizycznych i mechanicznych. Nastąpiły także istotne zmiany w technologiach stosowanych w budownictwie. Tak szeroko rozpowszechniona technologia wielkopłytyowa w okresie

ostatnich kilku dekad została w dużej mierze ograniczona, a fabryki domów w większości zlikwidowane bądź przekształcone na przedsiębiorstwa o innym profilu produkcji.

Doświadczenia w sektorze produkcji materiałów i wykonawstwa obiektów budowlanych w latach 1950–1989 wykazują, że preferowano wówczas przede wszystkim ilościowe efekty, natomiast nie doceniano bądź nawet zaniedbywano jakość budownictwa. Skłania to do wyrażenia poglądu, że w obecnych warunkach gospodarczych jednym z najważniejszych zadań budownictwa obok wzrostu ilościowego jest podniesienie poziomu jego jakości. Zadanie to jest istotnym wyzwaniem w obliczu niedalekiej perspektywy przystąpienia Polski do Unii Europejskiej.

W sektorze materiałów budowlanych nastąpiły i dalej zachodzą korzystne zmiany polegające na ożywieniu produkcji różnorodnych wyrobów, a rynkowa konkurencja znacząco wpływa na jakość tych produktów. Aby materiały były odpowiednio dobrane i poprawnie wykonana z nich konstrukcja, nieodzowne jest docenianie wymagań jakościowych już na etapie projektowania i realizacji danego obiektu. Oznacza to, że na tym etapie powinna być dokonana szczegółowa analiza optymalizacji projektowanych rozwiązań technicznych wraz z równoległą optymalizacją ekonomiczną. Podczas projektowania nie mogą być również pominięte zagadnienia trwałości konstrukcji, wymaganego jej bezpieczeństwa, przewidywanych kosztów eksploatacji i prognozowanego okresu pełnej sprawności użytkowanego obiektu. Ważne jest także rozpoznanie i uwzględnienie czynników środowiskowych, socjalnych i estetycznych, rzutujących na końcowy efekt projektowanego obiektu. Zasadność tak szerokiej i wnikliwej analizy nakłada na projektanta i realizatora poszerzone obowiązki i odpowiedzialność, ale jest to najlepsza droga do osiągnięcia właściwego poziomu jakości realizowanych budowli.

Wśród wielu materiałów budowlanych wytwarzanych przemysłowo beton i stal wyróżniają się tym, że są najszerzej rozpowszechnione w zastosowaniu do realizacji różnorodnych nośnych konstrukcji, a szczególnie w odniesieniu do obiektów inżynierskich, jak np. przemysłowych, komunikacyjnych czy wysokościowych gmachów użyteczności publicznej itp. Natomiast ceramika budowlana i drewno plasowały się na drugorzędnych pozycjach pod względem wykorzystania w Polsce, nie wyłączając nawet budownictwa mieszkaniowego. Gospodarka rynkowa sprawia, że obserwuje się coraz wyraźniejszy powrót różnych i coraz lepszej jakości wyrobów ceramiki budowlanej, które znajdują szerokie zastosowanie w niskim budownictwie o kilku kondygnacjach. Pojawia się nadzieja wyraźniejszego zaznaczenia przełomu XX i XXI wieku w polskim budownictwie tym, że upowszechniono strome dachy domów, a wskutek tego także panoramy miast i osiedli w naszym kraju będą coraz bardziej malowniczo ożywione piękną kolorystyką dachówki ceramicznej.

Podobnie dla drewna zaczynają się rysować coraz lepsze perspektywy wykorzystania, zwłaszcza w budownictwie mieszkaniowym. Jedną z niezwykle istotnych, wyróżniających się cech drewna budowlanego jest możliwość odnawialności tego surowca, który w przyszłości może być dostarczony z trwałych upraw drzew o szybkim przyroście. Następne pozytywne cechy drewna to niska energochłonność obróbki tego materiału i jego pełne bezodpadowe wykorzystanie. Opracowane i znane są już nowoczesne metody eliminacji poważnych wad drewna, które zapewniają podwyższenie jego trwałości w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych oraz wyraźne ograniczenie łatwopalności. W tych warunkach będą

w pełni docenione doskonale właściwości fizyczne drewna, a przede wszystkim szczególnie przydatność tego materiału w budownictwie mieszkaniowym, ze względu na korzystne jego oddziaływanie na mikroklimat i zdrowie użytkowników mieszkań.

Przy obecnym stanie wiedzy i jej praktycznej użyteczności beton zapewnia w dalszym ciągu największe możliwości w budownictwie. Jest to bowiem kompozyt będący przedmiotem nieprzerwanych teoretycznych i eksperymentalnych badań, wskutek czego znajduje się w stanie ciągłej ewolucji. Polega ona na:

- rozpowszechnianiu w znaczącej obecnie skali stosowania dodatków i domieszek zapewniających uzyskanie wysokiej jakości i jednorodności betonów konstrukcyjnych,
- wprowadzaniu nowych, ulepszonych komponentów do betonów lekkich, zwykłych i wysokowartościowych,
- rozwoju betonów o wysokiej wytrzymałości dla odpowiedzialnych konstrukcji budowlanych, jak np. wielokondygnacyjnych konstrukcji szkieletowych poprzez zastosowanie dodatku mikrokrzemionki,
- szerokim stosowaniu kompozytów na spoiwach mineralnych modyfikowanych domieszkami organicznymi,
- wytwarzaniu betonu o wysokiej jakości, spełniającego wymagania techniczne do budowy trwałej nawierzchni autostrad.

Obszar zastosowania betonu w praktyce inżynierskiej jest obecnie bardzo rozległy i nieporównywalny z jakimkolwiek innym materiałem budowlanym. Możliwości te to szerokie granice zróżnicowanych właściwości technicznych wytwarzanych betonów, począwszy od lekkich betonów termoizolacyjnych, lekkich betonów konstrukcyjnych, betonów bezkruszywowych poprzez różne odmiany zwykłych betonów kruszywowych aż do najnowszej generacji betonów wysokowytrzymałościowych. Oznacza to, że projektanci i realizatorzy stosownie do rodzaju budowli planowanej do wykonania mogą poprawnie wyselekcjonować i dobrać beton o takich właściwościach, który będzie optymalnie odpowiadał wymaganiom wcześniej przeze mnie wymienionym. Te same zasady wyboru dotyczą również innych materiałów, poza betonem, dla nośnych konstrukcji budowlanych, aczkolwiek w znacznie mniejszym zakresie.

Wśród betonów o różnych cechach technicznych duże zainteresowanie wzbudzają najnowsze generacje betonów o wysokiej wytrzymałości. Ogólnie przyjęła się normatywna granica, że do betonów o wysokiej wytrzymałości zaliczane są te, których wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie wynosi co najmniej 50 MPa. Tak więc beton o wytrzymałości w przedziale $50 \div 100$ MPa nazywany jest betonem wysokowartościowym, o wytrzymałości w przedziale $100 \div 150$ MPa betonem bardzo wysokowartościowym oraz lekki beton wysokowartościowy o wytrzymałości w przedziale $60 \div 85$ MPa przy gęstości objętościowej $1850 \div 2000$ kg/m³. Realność wytwarzania wymienionych trzech rodzajów betonów została już potwierdzona konkretnymi zastosowaniami w praktyce inżynierskiej.

Jednym z czynników uzyskania tak wysokich wytrzymałości tych betonów jest modyfikacja właściwości wiążących cementu, wprowadzona w procesie jego wytwarzania. Produkowane obecnie cementy wysokich marek umożliwiają wykonanie betonu o wytrzymałości co najmniej 50 MPa, nawet bez dodatków uszlachetniają-

cych, jak np. mikrokrzemionki. Wprowadzenie dodatków mikrokrzemionki oraz superplastyfikatora zapewnia podwyższenie wytrzymałości do 100 MPa, a stosując dodatkowo inne składniki o wyjątkowo wysokiej jakości staje się osiągalna wytrzymałość na ściskanie nawet na poziomie 150 MPa. Wykonywanie współcześnie konstrukcji budowlanych z betonu wysokowartościowego do 100 MPa jest w pełni realne w praktyce inżynierskiej.

Jakie wnioski wynikają z charakterystyki betonu, a szczególnie z tych kilku podanych wielkości liczbowych charakteryzujących betony wysokowartościowe?

Nasuwa się nie budzące wątpliwości stwierdzenie, że beton we współczesnym budownictwie spełnia rolę podstawowego tworzywa budowlanego o coraz szerszym zakresie zastosowania, a betony wysokowartościowe otwierają nowe perspektywy, dotychczas nieosiągalne, w projektowaniu i realizacji śmiałych konstrukcji betonowych. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że będą to konstrukcje o mniejszych przekrojach słupów, o większych rozpiętościach przęseł, o wyższej trwałości w środowisku agresywnym, o mniejszym zużyciu materiałów itp. Co więcej, beton o tak wysokiej wytrzymałości stawał się będzie w przyszłości konkurencyjnym tworzywem w stosunku do stali, zwłaszcza w zastosowaniu do wielokondygnacyjnych szkieletowych konstrukcji wieżowców czy mostów o dużych rozpiętościach.

W zwięzłym ujęciu nakreślony zarys wpływu materiałów na rozwój konstrukcji budowlanych nie wyczerpuje całości zagadnień, lecz wskazuje na charakterystyczne cechy pojawiające się z upływem czasu i narastającą różnorodność materiałów budowlanych. Te charakterystyczne cechy pozostawiały znaczące piętno w rozwiązaniach konstrukcji budowlanych wraz z narastającą różnorodnością i dostatkami materiałów budowlanych. Otwiera to możliwości selektywnego ich doboru do projektowanych konstrukcji budowli, co w połączeniu z optymalizacją ekonomiczną oraz z nowoczesną technologią ich realizacji zapewni osiągnięcie właściwego poziomu budownictwa.

Interdependences between the growth of building materials and the development of building structures

Summary

The paper is an outline of building structures development in reference to the progress in materials technology and knowledge of these materials in a chronological aspect.

In ancient times human abodes were originally built from materials of natural resources. Later adobe brick and crude stone were used.

The Romans developed the knowledge of the properties of engineering materials known at the time and introduced new structural solutions.

The process of materials production and engineering technology, improved during the Gothic and Renaissance periods, were practically used by the 19th C.

The invention of the Portland Cement opened a new era of building technology. The Portland Cement and steel industrial production made new immense

design and engineering projects accessible. At the same time, comprehensive theoretical and experimental investigations produced a basis for daring engineering structures.

The permanent and continuous evolution of concrete and steel application in engineering practice made it possible to build objects more complex both in statics and structure.

A significant progress in concrete technology evolution was made by prestressed structures and the latest generation of high-grade concrete.



Otwarcie przez J M Rektora, prof. zw. dra hab. inż. Kazimierza J. Flagę uroczystości nadania tytułu doktora honoris causa prof. zw. drowi inż. Władysławowi Muszyńskiemu



Nadanie tytułu doktora honoris causa prof. zw. drowi inż. Władysławowi Muszyńskiemu przez J M Rektora, prof. zw. dra hab. inż. Kazimierza J. Flagę



Prof. zw. dr inż. Władysław Muszyński w czasie laudacji



Wykład prof. zw. dra inż. Władysława Muszyńskiego podczas uroczystości nadania tytułu doktora honoris causa



Składanie gratulacji prof. zw. drowi inż. Władysławowi Muszyńskiemu przez prof. zw. dra inż. Bronisława Kopycińskiego



Stuba Communis – wpis do Księgi Pamiątkowej

Spis treści

Wstęp prof. zw. dra hab. inż. Marcina Chrzanowskiego w jęz. pol.	4
Wstęp prof. zw. dra hab. inż. Marcina Chrzanowskiego w jęz. ang.	5
Prof. zw. dr hab. inż. Zenon Mróz	7
Prof. zw. dr hab. inż. arch. Wiktor Zin	35
Prof. zw. dr inż. Władysław Muszyński	49



S. 09

S. 20

10.00

Zarejestrowano
w OIN Biblioteki PK
BIBLIOGRAFIA

18.06.2008

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

II-330682



Inf. Nauk.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000226135