

FYZIKÁLNÍ MODEL - MODELOVÁ PODOBNOST

FYZIKÁLNÍ MODEL

- **HMOTNÝ A REÁLNÝ OBJEKT SESTAVENÝ NA**
 - **SHODNÉM FYZIKÁLNÍM PRINCIPU**
 - **NA ANALOGICKÉM FYZIKÁLNÍM PRINCIPU**
- **FYZIKÁLNÍ MECHANICKÝ MODEL**
 - **JEHO DEFORMACE, NAPĚTÍ atd.**
 - **ODPOVÍDAJÍ DEFORMACÍM A NĚPĚTÍ NA REÁLNÉ KONSTRUKCI**
- **POŽADAVKY NA VLASTNOSTI A MĚŘÍTKA MODELU**
 - **→ ZÁKONY MODELOVÉ PODOBNOSTI**
 - **SLOŽITĚJŠÍ PŘÍPADY → DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZA**

FYZIKÁLNÍ MODEL - MODELOVÁ PODOBNOST

ZÁKONY MODELOVÉ PODOBNOSTI

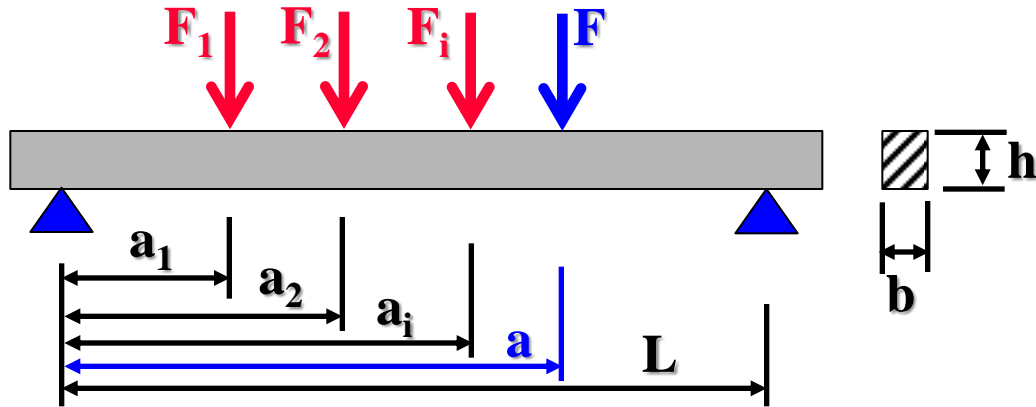
- **Dva děje si jsou podobné, když sobě si odpovídající fyzikální veličiny obou dějů jsou v KONSTANTNÍM POMĚRU**

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ KLOUBOVĚ ULOŽENÝCH NEBO DOKONALE VETKNUTÝCH

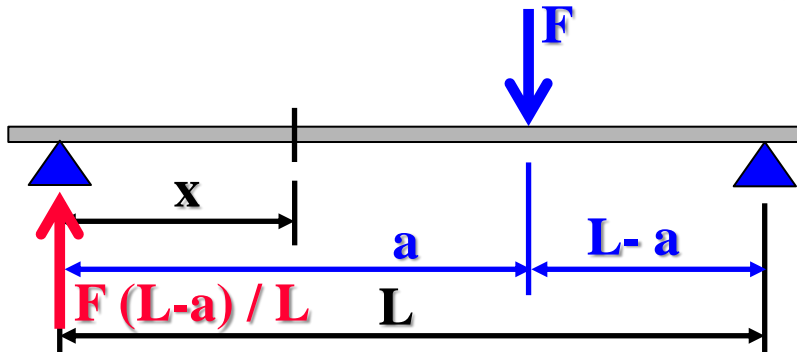
- **TYPY ZATÍŽENÍ**
 - **OSAMĚLÉ BŘEMENO**
 - **SPOJITÉ ZATÍŽENÍ**
 - **VLASTNÍ TÍHA**

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

SOUSTAVA OSAMĚLÝCH BŘEMEN



OHYBOVÝ MOMENT $M(x)$ OD F

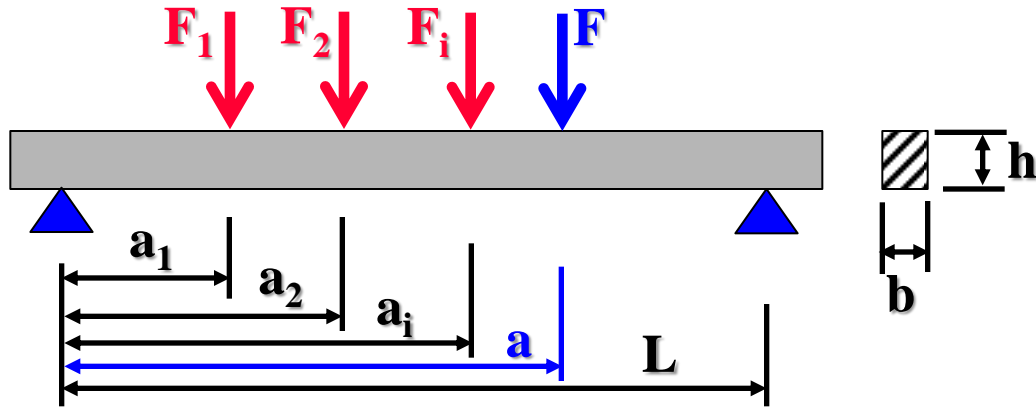


$$M(x) = F \frac{L-a}{L} x = F x \left(1 - \frac{a}{L}\right)$$

$$M(x) = F x \left(1 - \frac{a}{L}\right) = F (c_1 L) \left(1 - \frac{c_2 L}{L}\right) = F L c_1 (1 - c_2) = C F L$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

M(x) OD SOUSTAVY OSAMĚLÝCH BŘEMEN



$$M(x) = C F L + C_1 F_1 L + C_2 F_2 L + \dots$$

$$F_1 = p_1 F \quad F_2 = p_2 F$$

$$M(x) = F L (C + C_1 p_1 + C_2 p_2 + \dots) = F L D$$

D – KONST. shodná pro MODEL i REÁLNOU KONSTRUKCI

NAPĚTÍ $\sigma(x)$ OD SOUSTAVY OSAMĚLÝCH BŘEMEN

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{W} = \frac{F L D}{W} = \frac{F L D}{\frac{b h^2}{6}} = \frac{6 F L D}{b h^2}$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

MĚŘÍTKA FYZIKÁLNÍCH VELIČIN

měřítka sil :

$$F_P = \frac{F_R}{F_M} = \frac{F_{1,R}}{F_{1,M}} = \frac{F_{2,R}}{F_{2,M}} = \dots$$

měřítka rozpětí :

$$L_P = \frac{L_R}{L_M}$$

měřítka výšky průřezu :

$$h_P = \frac{h_R}{h_M}$$

měřítka šířky průřezu :

$$b_P = \frac{b_R}{b_M}$$

měřítka modulu pružnosti:

$$E_P = \frac{E_R}{E_M}$$

Model:

$$M_M = F_M L_M D$$

Reálná konstrukce:

$$M_R = F_R L_R D$$

$$F_P = \frac{F_R}{F_M} \Rightarrow F_R = F_M F_P$$

$$L_P = \frac{L_R}{L_M} \Rightarrow L_R = L_M L_P$$

$$M_R = F_R L_R D = (F_M F_P)(L_M L_P) D = F_M L_M D F_P L_P = M_M F_P L_P$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

PŘEVEDENÍ VÝSLEDKŮ Z FYZIKÁLNÍHO MODELU NA REÁLNOU KONSTRUKCI

$$M_R = F_M L_M D F_P L_P = M_M F_P L_P$$

- Pokud je dodrženo, že D je shodné
 - na FYZIKÁLNÍM modelu
 - i na REÁLNÉ konstrukci
- NEMUSÍ se D vyčíslovat !!!

- Je-li experimentálně určen VÝSLEDEK na FYZIKÁLNÍM modelu,
- lze jej přetransformovat na výsledek platící na REÁLNÉ konstrukci.

$$M_M \Rightarrow M_R = M_M F_P L_P$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

VZTAHY PRO NAPĚTÍ σ_R , POMĚRNOU DEFORMACI ε_R A PRŮHYB w_R

Model:

$$\sigma = \frac{6FLD}{bh^2} = \frac{FLD^*}{bh^2}$$

$$\sigma_M = \frac{F_M L_M D^*}{b_M h_M^2}$$

Reálná konstrukce:

$$\sigma_R = \frac{F_R L_R D^*}{b_R h_R^2}$$

$$\sigma_R = \frac{F_M F_P L_M L_P D^*}{b_M b_P h_M^2 h_P^2} = \frac{F_M L_M D^*}{b_M h_M^2} \frac{F_P L_P}{b_P h_P^2} = \sigma_M \frac{F_P L_P}{b_P h_P^2}$$

$$\varepsilon_R = \frac{\sigma_R}{E_R} = \frac{\sigma_M}{E_M E_P} \frac{F_P L_P}{b_P h_P^2} = \frac{\sigma_M}{E_M} \frac{F_P L_P}{E_P b_P h_P^2} = \varepsilon_M \frac{F_P L_P}{E_P b_P h_P^2}$$

$$w_R = K \frac{F_R L_R^3}{E_R I_R} = K \frac{F_R L_R^3}{E_R \frac{1}{12} b_R h_R^3} = K \frac{F_M F_P L_M^3 L_P^3}{E_M E_P \frac{1}{12} b_M b_P h_M^3 h_P^3} \Rightarrow w_R = w_M \frac{F_P L_P^3}{E_P b_P h_P^3}$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

NĚKTERÁ MĚŘÍTKA JE VHODNÉ VOLIT SHODNĚ

- **NAPŘ. $L_P = b_P = h_P = K_P$**
- **Lepší vystižení VEDLEJŠÍCH VLIVŮ**
 - **Vliv přetvárné práce smykových napětí na deformace**

$$\sigma_R = \sigma_M \frac{F_P L_P}{b_P h_P^2} = \sigma_M \frac{F_P K_P}{K_P K_P^2} = \sigma_M \frac{F_P}{K_P^2}$$

$$\varepsilon_R = \varepsilon_M \frac{F_P L_P}{E_P b_P h_P^2} = \varepsilon_M \frac{F_P K_P}{E_P K_P K_P^2} = \varepsilon_M \frac{F_P}{E_P K_P^2}$$

$$w_R = w_M \frac{F_P L_P^3}{E_P b_P h_P^3} = w_M \frac{F_P K_P^3}{E_P K_P K_P^3} = w_M \frac{F_P}{E_P K_P}$$

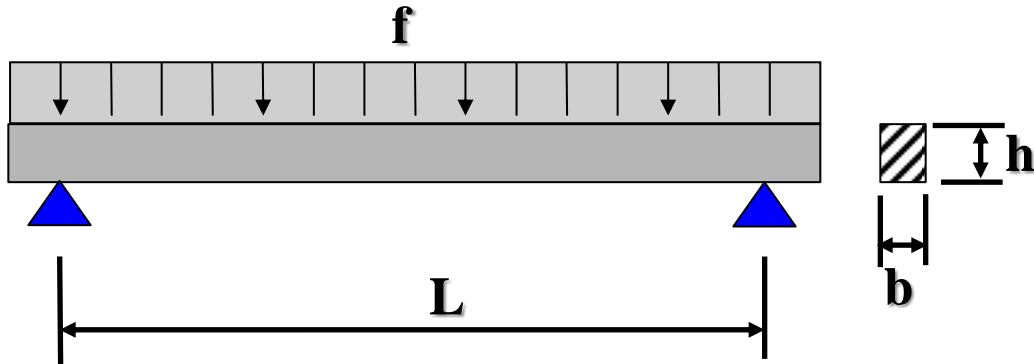
MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

VOLBA MĚŘÍTEK JE OMEZENA POUZE POŽADAVKY

- **Shodný charakter REALNÉ konstrukce a FYZIKÁLNÍHO modelu.**
- **Předpoklad platnosti Navierovy hypotézy pro REALNOU konstrukci i FYZIKÁLNÍ model.**
- **Velikost měřítka sil F_p musí vyhovovat podmínce, aby nebyla překročena mez úměrnosti.**

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

VLIV SPOJITÉHO ZATÍŽENÍ



měřítka spojitého zatížení :

$$f_P = \frac{f_R}{f_M} \Rightarrow f_R = f_M f_P$$

$$M_R = M_M f_P L_P^2$$

$$\left(M_{\text{EXT}} = \frac{1}{8} f L^2 \right)$$

$$\sigma_R = \sigma_M \frac{f_P L_P^2}{b_P h_P^2}$$

$$\left(\sigma = \frac{M}{W} \quad W = \frac{1}{6} b h^2 \right)$$

$$\varepsilon_R = \varepsilon_M \frac{f_P L_P^2}{E_P b_P h_P^2}$$

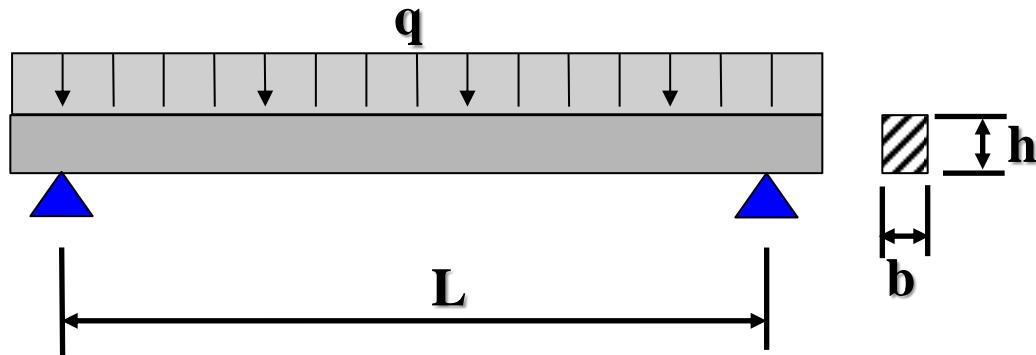
$$\left(\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \right)$$

$$w_R = w_M \frac{f_P L_P^4}{E_P b_P h_P^3}$$

$$\left(w_{\text{EXT}} = \frac{5}{384} \frac{f L^4}{E I} \quad I = \frac{1}{12} b h^3 \right)$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

VLIV ZATÍŽENÍ VLASTNÍ TÍHOU



měřítka objemové tíhy :

$$\gamma_P = \frac{\gamma_R}{\gamma_M} \quad \Rightarrow \quad \gamma_R = \gamma_M \gamma_P$$

měřítka vlastní tíhy : $q = b h \gamma \quad \Rightarrow \quad q_R = b_R h_R \gamma_R \quad q_M = b_M h_M \gamma_M$

$$q_P = \frac{q_R}{q_M} = \frac{b_R h_R \gamma_R}{b_M h_M \gamma_M} = b_P h_P \gamma_P$$

$$M_R = M_M f_P L_P^2 = M_M b_P h_P \gamma_P L_P^2$$

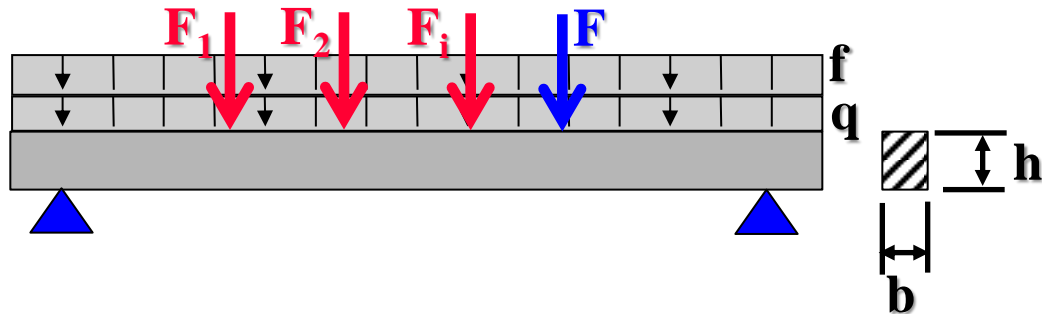
$$\sigma_R = \sigma_M \frac{f_P L_P^2}{b_P h_P^2} = \sigma_M \frac{b_P h_P \gamma_P L_P^2}{b_P h_P^2}$$

$$\varepsilon_R = \varepsilon_M \frac{f_P L_P^2}{E_P b_P h_P^2} = \varepsilon_M \frac{b_P h_P \gamma_P L_P^2}{E_P b_P h_P^2}$$

$$w_R = w_M \frac{f_P L_P^4}{E_P b_P h_P^3} = w_M \frac{b_P h_P \gamma_P L_P^4}{E_P b_P h_P^3}$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

SOUČASNÉ ZATÍŽENÍ F , f a q



- Lze řešit oddělenými experimenty pro F a f a q
- Současné řešení při jediném experimentu:
 - Měřítko F_P , f_P a γ_P nelze volit libovolně, musí být navzájem závislé
 - Základní měřítko F_P

$$\Rightarrow f_P = \frac{F_P}{L_P}$$

$$\left(Q = f L \Rightarrow f = \frac{Q}{L} \right)$$

$$\Rightarrow \gamma_P = \frac{F_P}{L_P b_P h_P}$$

$$\left(Q = b h \gamma L \Rightarrow \gamma = \frac{Q}{L b h} \right)$$

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

SOUČASNÉ ZATÍŽENÍ F , f a q

Pro spojitě zatížení potom platí :

$$M_R = M_M f_P L_P^2 = M_M \frac{F_P}{L_P} L_P^2 = M_M F_P L_P \quad \Leftarrow \text{vztah pro } F$$

Pro spojitě zatížení potom platí :

$$M_R = M_M b_P h_P \gamma_P L_P^2 = M_M b_P h_P \frac{F_P}{b_P h_P L_P} L_P^2 = M_M F_P L_P \quad \Leftarrow \text{vztah pro } F$$

M_R , S_R , e_R , w_R se pak určí podle vztahů pro F

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

SOUČASNÉ ZATÍŽENÍ F , f a q - PROBLÉM

Pro FYZIKÁLNÍ model větší konstrukce :

$$L_P = b_P = h_P = 20 \quad (L_R = 100\text{m} \Rightarrow L_M = 5\text{m})$$

$$F_P = 100 \quad (F_R = 10\text{MN} \Rightarrow F_M = 100\text{kN})$$

$$\Rightarrow \gamma_P = \frac{F_P}{L_P b_P h_P} = \frac{100}{20 \cdot 20 \cdot 20} = \frac{100}{8000} = \frac{1}{80} = 0.0125$$

$$\gamma_P = \frac{\gamma_R}{\gamma_M} \Rightarrow \gamma_M = \frac{\gamma_R}{\gamma_P} = 80 \gamma_R$$

To je nereálné!

MODELOVÁ PODOBNOST PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

SOUČASNÉ ZATÍŽENÍ F , f a q - PROBLÉM

Pro FYZIKÁLNÍ model menší konstrukce :

$$L_R = 10\text{ m} \Rightarrow L_M = 2.5\text{ m} \Rightarrow L_P = \frac{L_R}{L_M} = \frac{10}{2.5} = 4$$

$$L_P = b_P = h_P = 4$$

stejný materiál $\Rightarrow \gamma_P = 1$

$$\gamma_P = \frac{F_P}{L_P b_P h_P} \Rightarrow F_P = \gamma_P L_P b_P h_P = 1 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$$

Měřítka sil je pevně dáno!

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZA MECHANICKÝCH MODELŮ:

- **ZÁKLADNÍ ROZMĚRY:**

- **Hmota** → označení **M**

- **Délka** → označení **L**

- **Čas** → označení **T**

- **Rozměry ostatních mechanických veličin lze vyjádřit v závislosti na základních rozměrech:**

- **Plocha** → **L²**

- **Objem** → **L³**

- **Síla** → **M L T⁻²**

$$\Rightarrow F = m \cdot a \Rightarrow [\text{kg}] \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

- **Napětí** → **M L⁻¹ T⁻²**

$$\Rightarrow \sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow [\text{kg}] \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \left[\frac{1}{\text{m}^2} \right]$$

- **E** → **M L⁻¹ T⁻²**

- **ε** → **1**

- **I** → **L⁴**

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

DIMENZIONÁLNÍ MATICE:

- DIMENZIONÁLNÍ MATICE PROMĚNNÝCH**

$\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_n$:

$$\Rightarrow x_i = M^{a_i} \cdot L^{b_i} \cdot T^{c_i}$$

	x_1	x_2	\dots	x_i	\dots	x_n
M	a_1	a_2	\dots	a_i	\dots	a_n
L	b_1	b_2	\dots	b_i	\dots	b_n
T	c_1	c_2	\dots	c_i	\dots	c_n

- DIMENZIONÁLNÍ MATICE PROMĚNNÝCH**

L, A, ε, F, E :

	L	A	ε	F	E
M	0	0	0	1	1
L	1	2	0	1	-1
T	0	0	0	-2	-2

	L	A	ε	F	E
M	0	0	0	1	1
L	1	2	0	1	-1
T	0	0	0	2	2

Hodnost této dimenzionální matice
 $r = 2$

$$\Rightarrow |D| = 1 \cdot (-1) - 1 \cdot 1 = -2$$

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ BEZROZMĚRNÉ SOUČINY:

- PRO PROMĚNNÉ

L, A, ε, F, E :

- JE MOŽNÉ SESTAVIT NEKONEČNĚ MNOHO SOUČINŮ:

$$\Rightarrow \mu_1 = L \cdot A^3 \cdot F^2 \cdot E$$

$$\Rightarrow \mu_2 = \varepsilon \cdot A$$

$$\Rightarrow \mu_3 = A \cdot L^3 \quad \dots$$

- OBECNÝ SOUČIN μ

$$\Rightarrow \mu = L^{k_1} \cdot A^{k_2} \cdot \varepsilon^{k_3} \cdot F^{k_4} \cdot E^{k_5}$$

- A JEHO ROZMĚR

$$(L)^{k_1} \cdot (L^2)^{k_2} \cdot (1)^{k_3} \cdot (M \cdot L \cdot T^{-2})^{k_4} \cdot (M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2})^{k_5} = M^{k_4+k_5} \cdot L^{k_1+2k_2+k_4-k_5} \cdot T^{-2k_4-2k_5}$$

- BEZROZMĚRNÝ SOUČIN $\pi \rightarrow$ EXPONENTY NULOVÉ

$$k_4 + k_5 = 0$$

$$k_1 + 2k_2 + k_4 - k_5 = 0$$

$$-2k_4 - 2k_5 = 0$$

- Čtyři mocnitély $k_1, k_2, k_4, k_5 \rightarrow$ tři podmínky
 \rightarrow nekonečně mnoho řešení

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

ÚPLNÁ SOUSTAVA BEZROZMĚRNÝCH SOUČINŮ:

- **PŘÍKLADY BEZROZMĚRNÝCH SOUČINŮ**

$$\pi_1 = A \cdot L^{-2} \Rightarrow (L)^2 \cdot (L)^{-2}$$

$$\pi_2 = F^{-1} \cdot E \cdot L^2 \Rightarrow (M \cdot L \cdot T^{-2})^{-1} \cdot (M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}) \cdot (L)^2$$

$$\pi_3 = F^{-1} \cdot E \cdot A \Rightarrow (M \cdot L \cdot T^{-2})^{-1} \cdot (M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}) \cdot (L)^2$$

$$\pi_4 = A^2 \cdot L^{-4} \Rightarrow (L^2)^2 \cdot (L)^{-4}$$

- **KOMBINACE**

$$\pi_3 = \pi_1 \cdot \pi_2 \quad \pi_4 = \pi_1^2$$

- **Soustava bezrozměrných součinnů je ÚPLNÁ, pokud každý součinn soustavy je NEZÁVISLÝ na jiném součinnu.**

$$s = n - r \Rightarrow s = 5 - 2 = 3$$

$$\pi_1 = A \cdot L^{-2} \quad \pi_2 = F^{-1} \cdot E \cdot L^2 \quad \pi_3 = \varepsilon$$

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

ÚPLNÁ MODELOVÁ PODOBNOST:

- **Úplná modelová podobnost mezi dvěma jevy existuje tehdy a jen tehdy, pokud numerické hodnoty sobě odpovídajících členů úplných soustav bezrozměrných součinů (skutečné konstrukce a jejího fyzikálního modelu) jsou stejné.**
- **Rozměrově homogenní rovnici lze převést na vztah mezi členy úplné soustavy bezrozměrových součinů.**

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

APLIKACE DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZY NA DOKONALE PRUŽNÉ STATICKY ZATÍŽENÉ KONSTRUKCE:

- Parametry dokonale pružné homogenní a izotropní konstrukce modul pružnosti **E** a Poissonova konstanta **μ**
- Parametry tvaru konstrukce rozpětí **L** a poměry ostatních rozměrů kce **r₁, r₂, r₃ ...**
$$r_1 = \frac{h}{L} \quad r_2 = \frac{b}{L} \quad \dots$$
- Zatížení konstrukce lze rozdělit do pěti skupin:
 - Velikost osamělých břemen → **F** a poměry **p₁, p₂, p₃ ...**
 - Velikost liniových spojitých zatížení → **f** a poměry **j₁, j₂, j₃ ...**
 - Velikost plošných spojitých zatížení → **m** a poměry **i₁, i₂, i₃ ...**
 - Objemové síly (vlastní tíha) → **q** a poměry **s₁, s₂, s₃ ...**
 - Okrajové deformace → **u** [m] a poměry **v₁, v₂, v₃ ...**
 - Směry působení zatížení → s osou x **α₁, α₂, α₃ ...**
s osou y **β₁, β₂, β₃ ...** s osou z **γ₁, γ₂, γ₃ ...**

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

APLIKACE DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZY NA DOKONALE PRUŽNÉ STATICKY ZATÍŽENÉ KONSTRUKCE:

- Napětí σ v konstrukci

$$\sigma = f \left(\begin{array}{l} x, y, z, E, \mu, L, r_1, r_2, r_3 \dots F, p_1, p_2, p_3 \dots f, j_1, j_2, j_3 \dots m, i_1, i_2, i_3 \dots \\ q, s_1, s_2, s_3 \dots u, v_1, v_2, v_3 \dots \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots \end{array} \right)$$

- Dimenzionální matice

	σ	x	y	z	E	μ	L	F	f	m	q	u	r_1	r_2		p_1	p_2	
M	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	...	0	0	...
L	-1	1	1	1	-1	0	1	1	0	-1	-2	1	0	0	...	0	0	...
T	-2	0	0	0	-2	0	0	-2	-2	-2	-2	0	0	0	...	0	0	...

	j_1	j_2		i_1	i_2		s_1	s_2		v_1	v_2		α_1	α_2		β_1	β_2		γ_1	γ_2	
...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...
...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...
...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...	0	0	...

Hodnost dimenzionální matice

$$r = 2$$

Úplná soustava bezrozměrných součinů

$$s = n - r \Rightarrow s = n - 2$$

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

APLIKACE DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZY NA DOKONALE PRUŽNÉ STATICKY ZATÍŽENÉ KONSTRUKCE:

- Možná úplná soustava bezrozměrných součinů

$$\frac{\sigma}{E}, \frac{x}{L}, \frac{y}{L}, \frac{z}{L}, \mu, \frac{F}{EL^2}, \frac{f}{EL}, \frac{m}{E}, \frac{qL}{E}, \frac{u}{L},$$

$$r_1, r_2, r_3 \dots p_1, p_2, p_3 \dots j_1, j_2, j_3 \dots i_1, i_2, i_3 \dots s_1, s_2, s_3 \dots$$

$$v_1, v_2, v_3 \dots \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots$$

- Základní rovnice fyzikálního modelu

$$\frac{\sigma}{E} = f_2 \left(\frac{x}{L}, \frac{y}{L}, \frac{z}{L}, \mu, \frac{F}{EL^2}, \frac{f}{EL}, \frac{m}{E}, \frac{qL}{E}, \frac{u}{L}, r_1, r_2, r_3 \dots p_1, p_2, p_3 \dots j_1, j_2, j_3 \dots \right. \\ \left. i_1, i_2, i_3 \dots s_1, s_2, s_3 \dots u, v_1, v_2, v_3 \dots \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots \right)$$

- Pokud vytvoříme fyzikální model

- soustava bezrozměrných součinů ve funkci f_2 shodná s reálnou konstrukcí
- → bezrozměrný součin na levé straně shodný na modelu a na reálné konstrukci

MODELOVÁ PODOBNOST SLOŽITĚJŠÍCH KONSTRUKCÍ

APLIKACE DIMENZIONÁLNÍ ANALÝZY NA DOKONALE PRUŽNÉ STATICKY ZATÍŽENÉ KONSTRUKCE:

- Vyhodnocení výsledků

$$\frac{\sigma_R}{E_R} = \frac{\sigma_M}{E_M} \Rightarrow \sigma_R = \sigma_M \frac{E_R}{E_M}$$

- Na odvozeném modelu

- → teorie 2. řádu → napětí závisí i na deformacích konstrukce
- → geometrická podobnost fyzikálního modelu a reálné konstrukce
- → materiál modelu a materiál reálné konstrukce → shodné μ
- → velikost zatížení dáno

$$F_M = F_R \frac{E_M}{E_R} \left(\frac{L_M}{L_R} \right)^2$$

$$f_M = f_R \frac{E_M L_M}{E_R L_R}$$

$$m_M = m_R \frac{E_M}{E_R}$$

$$q_M = q_R \frac{E_M L_R}{E_R L_M}$$