

PŘI PŘÍPRAVĚ PŘEDNÁŠKY BYLY VYUŽITY VÝSTUPY PROJEKTU:
A/CZ0046/2/0013 ASSESSMENT OF HISTORICAL IMMOVABLES

WWW.HERITAGE.CVUT.CZ

Fond na podporu výzkumu

1. Evropské kulturní dědictví

1.1 Ochrana historických nemovitostí se zaměřením na průmyslové dědictví s lidovou architekturou

Dílčí součinitele a metoda FORM

Milan Holický

Kloknerův ústav ČVUT v Praze

1. Úvod
2. FORM
3. Návrhové hodnoty
4. Dílčí součinitele
5. Příklady



FORM a dílčí součinitele v EN

(1) Součinitele citlivosti metody FORM

$$\alpha_{Xi} = \frac{\frac{\partial g(\mathbf{U})}{\partial U_i}}{\sqrt{\sum_j \left(\frac{\partial g(\mathbf{U})}{\partial U_j} \right)^2}} \left[\frac{\pm \sigma_{Xi}^e}{\sqrt{\sum_j (\sigma_{Xj}^e)^2}} \right]$$

EN 1990: $\alpha_E \approx -0,7$ $\alpha_R \approx 0,8$

(2) Návrhové hodnoty $\Phi_{Xi}(x_{id}) = \Phi_U(-\alpha_{Xi}\beta)$

EN 1990: $\beta = 3,8$ pro 50 let

(3) Dílčí součinitele γ_{Xi}

Pro $\alpha_{Xi} < 0$, zatížení $\rightarrow \gamma_{Xi} = x_{id} / x_{ik}$

Pro $\alpha_{Xi} > 0$, odolnost $\rightarrow \gamma_{Xi} = x_{ik} / x_{id}$

Metoda návrhových bodů

Podmínka $g(X_i) > 0$ se nahrazuje

$$g(x_{di}) = g(x_{d1}, x_{d2}, x_{d3}, \dots) > 0$$

kde návrhový bod x_{di} základní veličiny X_i se stanoví:

pro libovolné rozdělení

$$\Phi_{X_i}(x_{di}) = \Phi(-\alpha_i\beta)$$

pro normální rozdělení

$$x_{di} = \mu_i(1 - \alpha_i\beta V_i)$$

pro lognormální rozdělení

$$x_{di} = (\mu_i / \sqrt{1 + V_i^2}) \exp(-\alpha_i\beta \sqrt{\ln(1 + V_i^2)}) \cong \mu_i \exp(-\alpha_i\beta V_i)$$

Zjednodušené pravděpodobnostní pojetí spolehlivosti v Eurokódech

- **Index spolehlivosti** $\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G} = \frac{\mu_R - \mu_E}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}}$
- **Návrhové hodn.** $R_d = \mu_R - \beta\alpha_R\sigma_R, E_d = \mu_E - \beta\alpha_E\sigma_E$

- **Váhové součinitele
a aproximace v EC**

$$\alpha_R = \frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}} \approx 0.8$$

$$\alpha_E = -\frac{\sigma_E}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}} \approx -0.7$$

Normované součinitele α_i

X_i

α_i

Odolnost: Dominantní odolnost 0,8

Ostatní 0,32 = 0,4 × 0,8

Zatížení: Dominantní zatížení -0,7

Ostatní -0,27 = -0,4 × 0,7

Příklad: Pro funkci $g(X) = R - E$ a normální R a E , podmínka

$g(x_{d1}, x_{d2}, x_{d3}, \dots) > 0$ zní

$$\mu_R(1 - \alpha_R \beta V_R) - \mu_E(1 - \alpha_E \beta V_E) > 0$$

Pro $\beta = 3,8$

$$\mu_R(1 - 3,04 V_R) - \mu_E(1 + 2,66 V_E) > 0$$

Pro $V_R = 0,1$ a $V_E = 0,3$ vychází podmínka pro průměry

$$\mu_R > \mu_E(1,8/0,7) \cong 2,6 \mu_E$$

Metoda návrhových bodů pro $E < R$

$$E_d \leq R_d, \quad \text{pro } \beta = \frac{\mu_R - \mu_E}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}}$$

$$E_d = \mu_E - \alpha_E \beta \sigma_E \quad R_d = \mu_R - \alpha_R \beta \sigma_R$$

$$E_d = R_d \Rightarrow \beta = \frac{\mu_R - \mu_E}{\alpha_R \sigma_R - \alpha_E \sigma_E}$$

Váhové součinitele:

$$\alpha_R = \frac{\sigma_R}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}}, \quad \alpha_E = -\frac{\sigma_E}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}}$$

Dílčí součinitele

$$E_d = \gamma_E E_k, \quad R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

$$E_d = \mu_E - \alpha_E \beta \sigma_E \quad R_d = \mu_R - \alpha_R \beta \sigma_R$$

$$\gamma_E = \frac{E_d}{E_k} = \frac{\mu_E - \alpha_E \beta \sigma_E}{\mu_E + u_p \sigma_E}, \quad \gamma_R = \frac{R_k}{R_d} = \frac{\mu_R + u_p \sigma_R}{\mu_R - \alpha_R \beta \sigma_R}$$

EN 1990 pro dominantní: $\alpha_E = -0,7$; $\alpha_R = 0,8$

pro nedominantní: $-\alpha_E = \alpha_R = 0,4$

Dílčí součinitele pro stálé zatížení G

$$G_d = \gamma_G G_k, \quad G_k = \mu_G$$

$$\gamma_G = \frac{G_d}{G_k} = \frac{\mu_G - \alpha_E \beta \sigma_G}{\mu_G} = 1 + 0,7 \times 3,8 \times w_G$$

w_G	0	0,05	0,1	0,15
γ_G	1,0	1,13	1,27	1,40

Dílčí součinitele spolehlivosti - úroveň I

- **Zatížení - návrhové veličiny** $F_d = \gamma_F F_k$
- **Vlastnosti materiálů - n. v.** $f_d = f_k / \gamma_f$
- **Rozměry - náhodné veličiny** $a_d = a_k \pm \Delta a$

$$E_d(F_d, f_d, a_d) < R_d(F_d, f_d, a_d)$$

$$\langle E_d \rangle = \mu_E + 0.7 \beta \sigma_E, \langle R_d \rangle = \mu_R - 0.8 \beta \sigma_R$$

- **Nedostatky**
 - rozdílné pravděpodobnosti poruchy nosných prvků z různých materiálů
 - nedostatek reprezentativních dat

Návrhové hodnoty E_d a R_d

DOMINANTNÍ VELIČINY

$$P\{E > E_d\} = \Phi(+\alpha_E \beta) = \Phi(-0,7 \beta) = \Phi(-2,66) = 0,00391$$

$$P\{R < R_d\} = \Phi(-\alpha_R \beta) = \Phi(-0,8 \beta) = \Phi(-3,04) = 0,00118$$

NEDOMINANTNÍ VELIČINY

$$P\{E > E_d\} = \Phi(+0,4 \alpha_E \beta) = \Phi(-0,28 \beta) = \Phi(-1,064) = 0,143$$

$$P\{R < R_d\} = \Phi(-0,4 \alpha_R \beta) = \Phi(-0,32 \beta) = \Phi(-1,216) = 0,112$$

Odolnost v Eurokódech

$$R_d = R \left\{ X_k / \gamma_M, a_{\text{nom}} \right\} \quad \text{ENV 1992 a 1995}$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left\{ X_k, a_{\text{nom}} \right\} \quad \text{ENV 1993}$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \left\{ X_k / \gamma_m, a_{\text{nom}} \right\} \quad \text{ENV 1994}$$

Závěrečné poznámky

- Teoretické postupy metody FORM umožňují stanovit dílčí součinitele pro zadanou úroveň spolehlivosti.
- Dílčí součinitele závisejí na β , variačním koeficientu V základních veličin a v případě proměnných zatížení také na poměru referenčních intervalů N .
- Dílčí součinitele doporučené v Eurokódech přihlížejí k nejistotám modelů odolnosti a účinku zatížení.
- Operativní postupy stanovení dílčích součinitelů se uplatňují při diferenciaci spolehlivosti nových, existujících i historických konstrukcí.

PŘI PŘÍPRAVĚ PŘEDNÁŠKY BYLY VYUŽITY VÝSTUPY PROJEKTU:
A/CZ0046/2/0013 ASSESSMENT OF HISTORICAL IMMOVABLES

WWW.HERITAGE.CVUT.CZ

Fond na podporu výzkumu

1. Evropské kulturní dědictví

1.1 Ochrana historických nemovitostí se zaměřením na průmyslové dědictví s lidovou architekturou

Děkuji za pozornost.

Milan Holický
Kloknerův ústav ČVUT v Praze

