



A MAGYAR HIDAK EC SZERINTI MEGFELELŐSSÉGE

DR. FARKAS GYÖRGY
TANSZÉKVEZETŐ

BALATONFÜRED, 2008. OKTÓBER 10.



Témafelelősök

Farkas György – Szalai Kálmán

Betonhíd: Huszár Zsolt - Kovács Tamás
Horváth Roland (CÉH Zrt.)

Öszvérhíd: Szabó Bertalan
Teiter Zoltán (UVATERV Zrt.)

Acélhíd: Iványi Miklós - Horváth László
Pálóssy Miklós (PontTerv Zrt.)

A kutatási feladat célkitűzése

- 1. A hazai közúti hídállomány EC szerinti megfelelésségének vizsgálata**
- 2. EC csökkentett teherszintje szerinti erőtani számítás a parciális tényezős eljárással**
- 3. Teherbírási hiány esetén a megbízhatósági eljárással való felülvizsgálat alkalmazása**
- 4. A megfelelésségre és használhatóságra vonatkozó feltételeket megfogalmazása**



KH szerint tervezett hidak EC szerinti erőtani megfelelősége

Betonhíd: Dunakeszi felüljáró 313 jelű híd
tervező: CÉH Zrt.

Öszvérhíd: Szekszárdi Duna-ártéri híd
tervező: UVATERV Zrt.

Acélszerkezet: Szekszárdi Duna-mederhíd
tervező: PONT-TERV Zrt.

1. A teherbírás igazolása

1.1 mértékadó igénybevétel alapján $E_d \leq R_d$;

$$E_d = \text{Max}(E_{d1}, E_{d2})$$

$$E_{d1} = \gamma_g \sum_{i=1}^m G_i + \gamma_q (Q_1 + \sum_{i=2}^n \psi_i \cdot Q_i)$$

$$E_{d2} = (1,2 \text{ illetve } 1,3) \sum_{i=1}^m G_i$$

Betonszerkezetek:

γ_g - 1,0 – 1,1 ; γ_q = 1,2 - 1,3 ; Ψ_i = 0,80 illetve Ψ_i = 0,60

1.2 megengedett feszültségek alapján: $\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{eng}}$

$$E_{\text{ser}} = \sum_{i=1}^m G_i + Q_1 + \sum_{i=2}^n \psi_i \cdot Q_i$$

Acél- és öszvér szerkezetek: $\psi_i = 0,0$, vagy $\psi_i = 1,0$

Az 1. tehermodell karakterisztikus értékei

Sáv	Megoszló teher q_{ik} (kN/m ²)	Ikertengely Q_{ik} (kN)
1. sáv	9,0	300
2. sáv	2,5	200
3. sáv	2,5	100
Többi sáv	2,5	0
Fennmaradó terület	2,5	0

Terhelési osztályok

I. terhelési osztály (autópályák, autópálya-csomóponti ágak, országos főutak hídjai, továbbá Budapest főváros hídjai a gyűjtő- és lakóutak kivételével):

$$\alpha_{Qi} = \alpha_{qi} = \alpha_{qr} = 1,0 \quad (i = 1,2,3)$$

II. terhelési osztály (az alsóbbrendű országos utak, a Budapesten kívüli városok főforgalmi és forgalmi útjain lévő hidak, továbbá a budapesti gyűjtő- és lakóutak hídjai):

$$\alpha_{Q1} = \alpha_{q1} = 0,8; \quad \alpha_{Q2} = \alpha_{Q3} = \alpha_{qi, (i \geq 2)} = \alpha_{qr} = 1,0$$

III. terhelési osztály (községek forgalmi útjain és egyéb önkormányzati gyűjtő- és lakóutakon, továbbá közforgalom számára megnyitott magánutakon lévő hidak):

$$\alpha_{Qi} = \alpha_{qi} = 0,6; \quad \alpha_{qi, (i \geq 2)} = \alpha_{qr} = 1,0 \quad (i = 1,2,3)$$

Tehercsoportosítás teherbírási határállapothoz

Alapkombináció:

$$\sum_{j \geq 1} (1,00 \text{ vagy } 1,35) G_{kj} + 1,0 P_k + \begin{cases} 1,35 gr1a + 1,5 \times \min(0,6 F_{wk}, F_w^*) \\ 1,35 gr1b \\ 1,35 gr1_{i=2,3,4,5} \\ 1,5 T_k + 1,35 (0,75 TS + 0,4 UDL + 0,4 q_{fk}^*) \\ 1,5 F_{wk} \end{cases}$$

$$gr1a = \alpha_{qQi} (TS + UDL + q_{fk})$$

$$\psi_i \cdot gr1a = \alpha_{qQi} (0,75 TS + 0,4 UDL + 0,4 q_{fk})$$

$gr1_{i=2,3,4,5}$ – teherrendszer elemei a forgalmi tehercsoportok

TS - íkertengely, UDL - megoszló, q_{fk} - járda teher

α_{qQi} -terhelési osztálytól függő tényező (1,0; 0,8; 0,6)

F_w – szélteher; T_k – hőmérsékleti hatás

Tehercsoportosítás a részletes erőtani számításhoz

(csökkentett teherszint)

$$\max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} (1,00 \text{ vagy } 1,35) G_{kj} + 1,0 P_k + 1,35 (0,75 TS + 0,4 UDL + 0,4 q_{fk}^*) + 1,5 \times \min (0,6 F_{wk}, F_w^*) \\ \sum_{j \geq 1} (1,00 \text{ vagy } 0,85 \times 1,35) G_{kj} + 1,0 P_k + \begin{cases} 1,35 gr1a + 1,5 \times \min (0,6 F_{wk}, F_w^*) \\ 1,35 gr1b \\ 1,35 gr_{i=2,3,4,5} \\ 1,5 T_k + 1,35 (0,75 TS + 0,4 UDL + 0,4 q_{fk}^*) \\ 1,5 F_{wk} \end{cases} \end{array} \right.$$

Tehercsoportosítás a használhatósági határállapot vizsgálatához

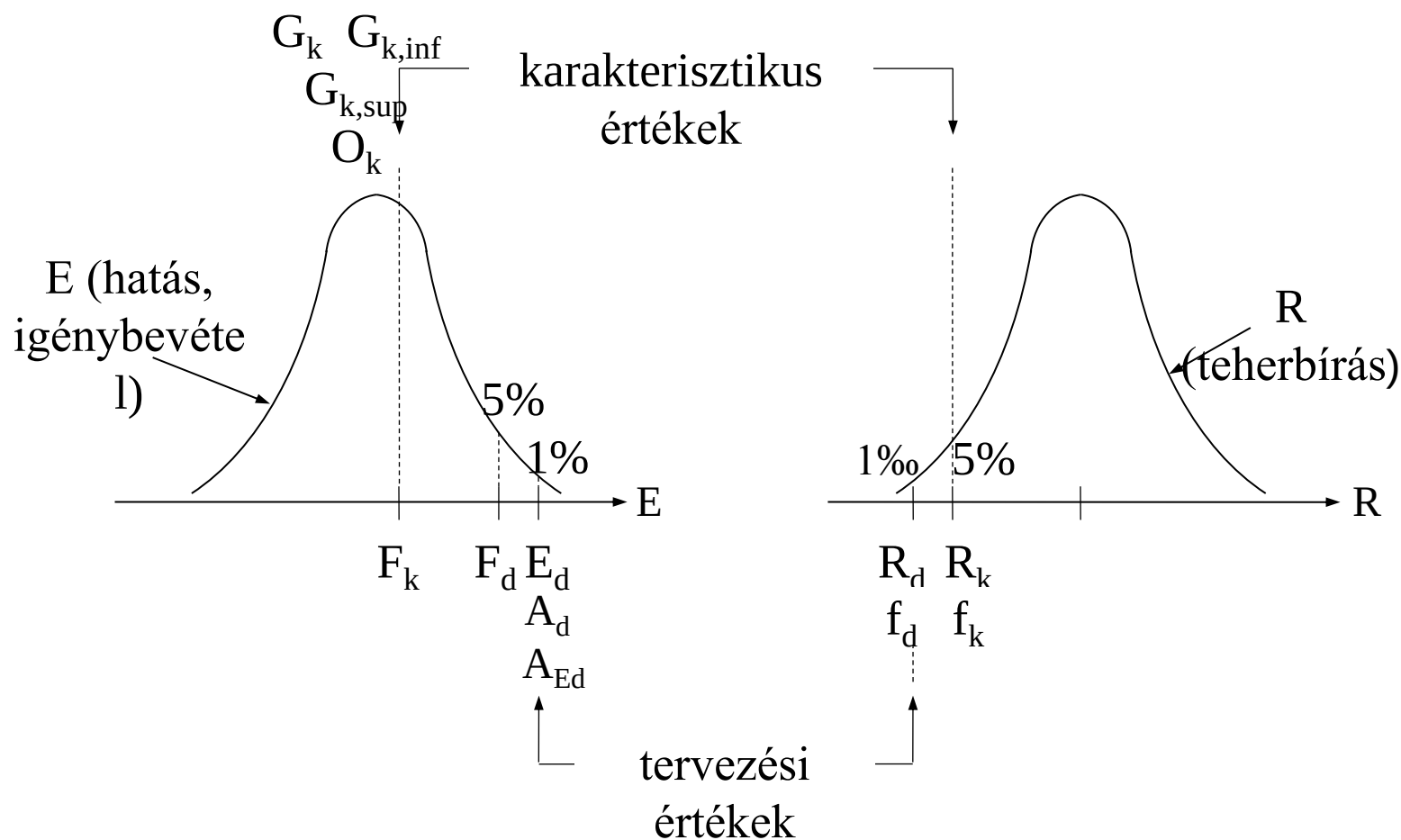
Karakterisztikus kombináció

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + (P_{k,inf} \text{ vagy } P_{k,sup}) + \begin{cases} gr1a + \min(0,6F_{wk}, F_w^*) \\ gr1a + 0,6T_k \\ gr1b \\ gr_{i=2,3,4,5} + 0,6T_k \\ T_k + (0,75TS + 0,4UDL + 0,4q_{fk}^*) \\ F_{wk} \end{cases}$$

Gyakori kombináció

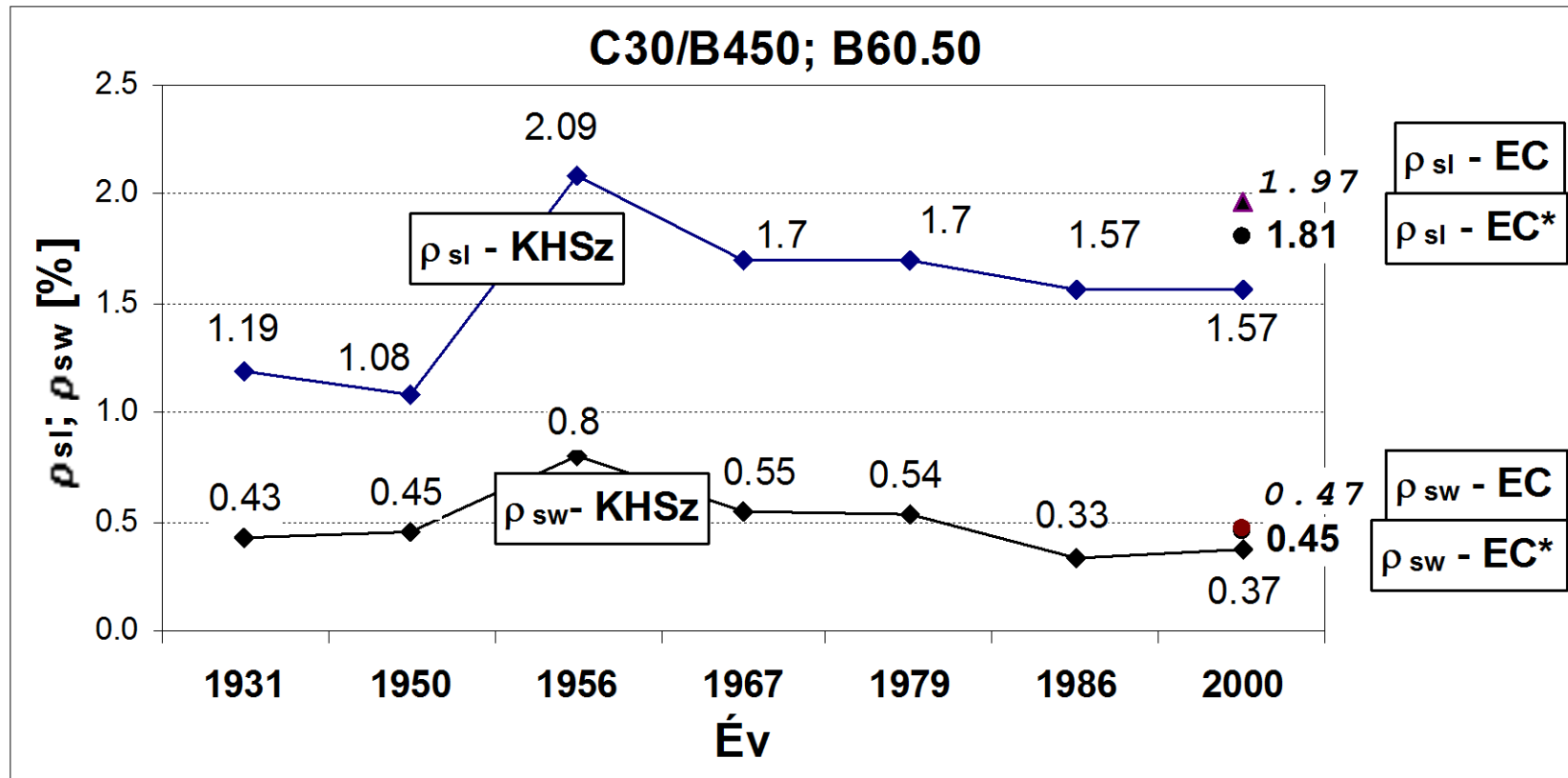
$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + (P_{k,inf} \text{ vagy } P_{k,sup}) + \begin{cases} (0,75TS + 0,4UDL + 0,4q_{fk}^*) + 0,5T_k \\ 0,75 gr1b \\ 0,75 gr4 \\ 0,6T_k \\ 0,2F_{wk} \end{cases}$$

Mértezési paraméterek a parciális tényezős eljárásnál



Sza- Bály- zat	Hasznos terhek		Mértékadó teherkombináció képzése	
	Jármű [kN]	Meg- oszló [kN/m²]	Betonszerkezet	Acél- és öszvér- szerkezet
1931	2×120	-	$Y_m = \Sigma Y_a + Y_e$	$\Sigma \sigma =$ $\Sigma \sigma_a + \mu \cdot \Sigma \sigma_e$
1950	2×240	-	$Y_M = \Sigma Y_a + 1,5 \cdot \mu \cdot Y_e$	
1956	600	3,0	$Y_M = 1,1 \cdot (1,1 \cdot \Sigma Y_a + 1,4 \cdot \mu \cdot Y_e)$	
1967	800	4,0	$Y_M = \Sigma Y_a + 1,2 \cdot \mu \cdot Y_e$	
2000	800	4,0	$Y_M = 1,1 \cdot \Sigma Y_a + 1,3 \cdot \mu \cdot Y_e$	
EC	600/40/ 200	9,0/2,5/ 2,5/2,5	$Y_{Ed} = 1,35 \cdot \Sigma Y_a + \gamma_q \cdot Y_e$	
EC ¹ EC ²	600/ 400/ 200	9,0/ 2,5/ 2,5/2,5	$Y_{Ed} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,35 \cdot \Sigma Y_a + 1,35 \cdot \psi_o \cdot Y_e \\ 1,15 \cdot \Sigma Y_a + 1,35 \cdot Y_e \end{array} \right\}$	
$Y_e = (TS) + (UDL) + (q_{fk})$				

A szükséges acélmennyiség a KH és az EC szerint



A parciális tényező értékei az ellenállási oldalon

- *betonszerkezeteknél* tartós és ideiglenes tervezési állapothoz
 - betonra: $\gamma_c=1,5$, -- acélra: $\gamma_s=\gamma_p=1,15$
- *acélszerkezeteknél:*
 - $\gamma_0=1,0$ általában
 - $\gamma_{M1}=1,1$ – stabilitási vizsgálatoknál
 - $\gamma_{M2}=1,25$ – mechanikus kapcsolatoknál.

Az ellenállási oldali parciális tényezők összetevőinek értelmezése

$$R = f \cdot m \cdot G$$

f – a szilárdság húzási vizsgálattal megállapított értéke,

m – a számítási modell bizonytalansága

G – a geometriai adatok bizonytalansága

A parciális tényező, a v_f -mérési adat, a v_m -számítási- és v_G -geometriai modell relatív szórása ahol

$$\gamma_m = \frac{1 - 1,645 \cdot v_f}{1 - 3,09 \cdot v_R}$$

$$v_R = \sqrt{v_f^2 + v_m^2 + v_G^2}$$

Az ellenállási oldali relatív szórások

Betonszerkezetek esetén a relatív szórások:

- beton szilárdsághoz: ($\gamma_c=1.5$ esetén)

$v_{cf}=0,15$; $v_{cm}=0,05$; $v_{cG}=0,05$ felvételével:

$$v_c = \sqrt{v_{cf}^2 + v_{cm}^2 + v_{cG}^2} = 0,166$$

-acélbetét szilárdságához ($\gamma_s = \gamma_p = 1.15$ esetén),

$v_{sf}=0,05$; $v_{sG}=0,035$; $v_{sm}=0,04$ alapján:

$$v_s = v_p = \sqrt{v_{sf}^2 + v_{sm}^2 + v_{sG}^2} = 0,073$$

Acél- és öszvérszerkezeteknél (feltételezhető) relatív szórás értéke, $v_{sf}=0,05$; $v_{sm}=0,01$; $v_{sG}=0,01$ alapján

$$v_s = \sqrt{v_{sf}^2 + v_{sm}^2 + v_{sG}^2} = 0,02$$

A hatás oldali parciális tényezők értelmezése az EC szerint

5 %-os küszöbértékének és e hatás karakterisztikus (várható) értékének hányadosa, mely

$$\gamma_E = 1 + 1,645 \cdot v_E$$

ahol

$$v_E = \sqrt{v_{Ef}^2 + v_{Em}^2 + v_{EG}^2}$$

$$v_g = \sqrt{v_{gf}^2 + v_{gm}^2 + v_{gG}^2} \quad v_q = \sqrt{v_{qf}^2 + v_{qm}^2 + v_{qG}^2}$$

- a) a hatás mérési adatainak szórása: v_{Ef} v_{gf} v_{qf}
- b) a számítási modell bizonytalansága: v_{Em} ; v_{gm} ; v_{qm}
- c) a geometriai adatok bizonytalansága: v_{EG} ; v_{gG} , v_{qG}

A hatás oldali relatív szórások értékei

- **az állandó teher** ($\gamma_g=1.15$ esetén):

$v_{gf}=0,07$; $v_{gG}=0,03$; $v_{gm}=0,05$ feltételezéssel:

$$v_g = \sqrt{v_{gf}^2 + v_{gm}^2 + v_{gG}^2} = 0,091$$

- **kiemelt esetleges teher** ($\gamma_q=1.35$ esetén)

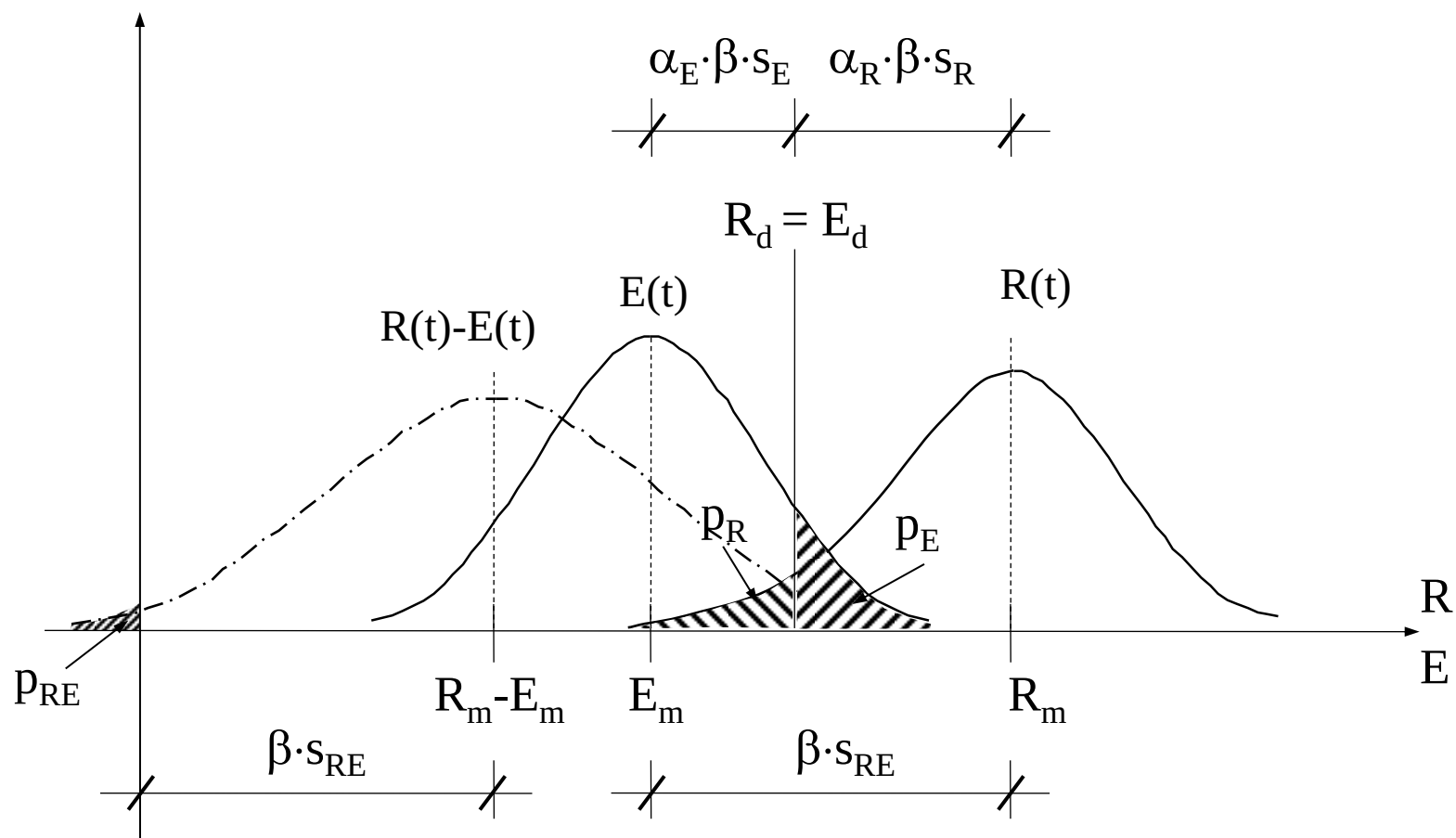
$v_{qf}=0,14$; $v_{qG}=0,01$; $v_{qm}=0,125$ feltételezéssel:

$$v_q = \sqrt{v_{qf}^2 + v_{qm}^2 + v_{qG}^2} = 0,213$$

- **járulékos esetleges teher** (pl. $\gamma_w = \gamma_T = 1,5$ esetén, w -szél-, T –hőhatás), $v_{wf}=0,24$; $v_{wG}=0,15$; $v_{wm}=0,1$

$$v_w = v_T = \sqrt{v_{wf}^2 + v_{wm}^2 + v_{wG}^2} = 0,3$$

A megbízhatósági eljárás



Négyparaméteres eset

Kiindulási adatok:

$$R_d = R_m \exp (-\beta \cdot \alpha_R (+) \cdot v_R)$$

$$G_d = G_m (1 - \beta \cdot \alpha_G (-) \cdot v_G)$$

$$Q_d = Q_m (1 - \beta \cdot \alpha_Q (-) \cdot v_Q)$$

$$W_d = W_m (1 - \beta \cdot \alpha_W (-) \cdot v_W)$$

Kiindulási értékek: $\alpha_R=0.6$; $\alpha_G=0,6$; $\alpha_Q=0,4$

Feltétel: $\Sigma \alpha_i^2 = \alpha_R^2 + \alpha_G^2 + \alpha_Q^2 = 1$

Fokozatos közelítéssel nyert végértékek (pld.-ban):

$$\alpha_{Rn}=0.66; \alpha_G=0,321; \alpha_Q=0,599; \alpha_w=0,32$$

A hatás tervezési értéke:

$$R_d = G_m(1 - \beta \cdot \alpha_G^{(-)} \cdot v_G) + Q_m(1 - \beta \cdot \alpha_Q^{(-)} \cdot v_Q) + W_m(1 - \alpha_W^{(-)} \cdot v_W)$$

érzékenységi tényezők:

$$\alpha_R = \frac{R_d \cdot v_R}{\Sigma(\kappa_i)^2}$$

$$\alpha_G = \frac{G_m \cdot v_G}{\Sigma(\kappa_i)^2}$$

$$\alpha_Q = \frac{Q_m \cdot v_Q}{\Sigma(\kappa_i)^2}$$

$$\alpha_W = \frac{W_m \cdot v_W}{\Sigma(\kappa_i)^2}$$

$$\sqrt{\Sigma \kappa_i^2} = \sqrt{(R_d \cdot v_R)^2 + (G_m \cdot v_G)^2 + (Q_m \cdot v_Q)^2 + (W_m \cdot v_W)^2}$$

A teherbírás szükséges várható értéke:

$$R_{m,eff} \geq \exp\left(\beta \cdot \alpha_R^{(+)} \cdot v_R\right) \cdot \left[\begin{array}{l} G_m (1 - \beta \cdot \alpha_G^{(-)} \cdot v_G) + \\ Q_m (1 - \beta \cdot \alpha_Q^{(-)} \cdot v_Q) + \\ W_m (1 - \beta \cdot \alpha_W^{(-)} \cdot v_W) \end{array} \right]$$

$Q_m = \mu \cdot G_m$; $W_m = \mu_w \cdot G_m$ jelöléssel, kiemelés és rendezés után:

$$\gamma_m = \exp(\beta \alpha_R^{(+)} v_R) \cdot \left[\begin{array}{l} \frac{1 - \beta \cdot \alpha_G^{(-)} \cdot v_G}{1 + \mu + \mu_w} + \frac{\mu \cdot (1 - \beta \cdot \alpha_Q^{(-)} \cdot v_Q)}{1 + \mu + \mu_w} + \\ + \frac{\mu_w \cdot 0.6 \cdot (1 - \beta \cdot \alpha_W^{(-)} \cdot v_W)}{1 + \mu + \mu_w} \end{array} \right]$$

A teherbírási követelmény

$$R_{m,eff} \geq \gamma_m \cdot \gamma_{Sd} \cdot E_m$$

ahol

$$E_m = \max \left[\begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} G_{kj} + (0,75TS + 0,4UDL + 0,4q_{fk}) + \min(0,6F_{wk}, F_w) \\ \sum_{j \geq 1} G_{kj} + 0.6 \cdot T_k + (TS + UDL + q_{fk}) \\ \sum_{j \geq 1} G_{kj} + T_k + (0,75TS + 0,4UDL + 0,4q_{fk}) \end{array} \right]$$

$\gamma_{Sd} = 1,1 - 0,9$ a megbízhatósági osztálytól függően

Megbízhatósági eljárás alkalmazása

Igénybe -vétel	E_d	R_d	Δ_d (%)	γ	E_{mcal}	R_m	Δ_m (%)
Átszűrő -dás	3523	3578	+1,58	1,47	4131	5276	+21,7
nyírás	334,0	300,5	-10,0	1,59	415,8	468,4	+11,2
hajlítás	904,3	815,2	-9,86	1,61	1146	1130	+1,43

E_d – a hatás tervezési értéke EC szerint,

R_d – az ellenállás tervezési értéke az EC szerint,

Δ_d (%) = $100 \cdot (R_d - E_d) / E_d$ a teherbírasi többlet, vagy hiány (%),

$E_{mcal} = \gamma \cdot E_m$ – a hatás várható értékének globális biztonsági tényezővel szorzott értéke,

E_m - a hatás várható értéke (a hatás karakterisztikus értéke),

γ_m – a globális biztonsági tényező,

Δ_m (%) = $100 \cdot (R_m - E_{mcal}) / R_m$ a teherbírasi többlet értéke (%),

A dunakeszi felüljáró vasbeton híd teherbírása csökkentett teherszinten

-*osztott biztonsági tényező*s eljárással számolva, csak a $\alpha_{Qi} = 0,8$ értékkel szorzott forgalmi terhekkel számolva tekinthető megfelelőnek,

-*megbízhatósági eljárás* alkalmazással és $\alpha_{Qi} = 1,0$ értékkel a számolva (egy vizsgálati helytől eltekintve, ahol 1% hiány van) azonban megfelelőnek nyilvánítható.

- *fáradásra* az 1. modell szerint számolva a szerkezeti betonja megfelelő, de a betonacél lengő feszültségre (25% körüli eltéréssel) azonban nem megfelelő.

A szekszárdi öszvérhíd megfelelt csökkentett teherszinten , mert

1. a **KH** szerinti számításhoz alkalmazott biztonsági tényező nagysága közel azonos az **EC** -szerinti hatás oldali parciális tényezőkkel,
2. az **MSZ-EN 1993-1-5** szabvány új tervezési eljárás lehetővé teszi a 4. osztályú keresztmetszet maximális kihasználhatóságát,
3. a **pályalemez** elegendően nagy keresztmetszeti jellemzőket biztosít és érzéketlen helyi hatásokra,
4. a **fárasztó teherből** számított feszültség tervezési értéke nem haladja meg az állandó amplitúdójú $\Delta\sigma_D$ fáradási határtényezővel osztott értékét

A szekszárdi mederhíd erőtani számításának eredményei, csökkentett teherszinten

- A híd főtartószerkezete a $\alpha_{Qi}=1,0$ alkalmazásával megfelelt.
- Az ortotróp pályaszerkezet az EC szerint magasabb kihasználtságot mutat a KH-hoz képest, megfelelőség csak $\alpha_{Qi}<1,0$ érték esetén igazolható.
- A bordák szilárdsági és fáradási ellenőrzésénél - az EC szerint túllépés mutatkozik (111% ill. 154%).
- A fáradásvizsgálatokhoz javasoljuk a vonatkozó EN előírások Nemzeti mellékleteinek kiegészítését.
- A meglévő hídállományra vonatkozóan $\alpha_{Qi}<1,0$ érték alkalmazását javasoljuk.

Javaslatok, további feladatok

1. EC szerinti megfelelőség vizsgálatát illetően célszerű lenne kiterjeszteni

- a nagyobb fesztávolságú betonhidakra,
- az öszvér-, illetve az acélhídnál kisebb fesztávolságra.

2. Az EC előírások csökkentett teherszinten való alkalmazását és ezzel együtt a használhatósági határállapot részletes vizsgálatát célszerű előírni.

3. A KH alapú további tervezéshez célszerű lenne előírni a parciális tényező értékeit az állandó teherre 1,15-re, illetve a járműterhekre 1,35 értékre módosítani.

4. Új kutatási feladatként javasoljuk kidolgozni a hidak fáradási, illetve földrengési ellenállásához alkalmazandó eljárást.



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET

