



# **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  
Pálossy Miklós (PontTerv Zrt.)**

# **A kutatási feladat célkitűzése**

- 1. A hazai közúti hídállomány EC szerinti megfelelőségének vizsgálata**
- 2. EC csökkentett teherszintje szerinti erőtani számítás a parciális tényezős eljárással**
- 3. Teherbírési hiány esetén a megbízhatósági eljárással való felülvizsgálat alkalmazása**
- 4. A megfelelőségre 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:

$\gamma_g = 1,0 - 1,1$  ;  $\gamma_q = 1,2 - 1,3$  ;  $\Psi_i = 0,80$  illetve  $\Psi_i = 0,60$

*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<br>$q_{ik}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | Ikertengely<br>$Q_{ik}$ (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:*

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

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

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

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

TS - ikertengely, UDL - megoszló,  $q_{fk}$  - járda teher

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

$F_w$  – szélteher;  $T_k$  – hőmérsékleti hatás



# Tehercsoportosítás a részletes erőtani számításához

(csökkentett teherszint)

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

# Tehercsoportosítás a használhatósági határállapot vizsgálatához

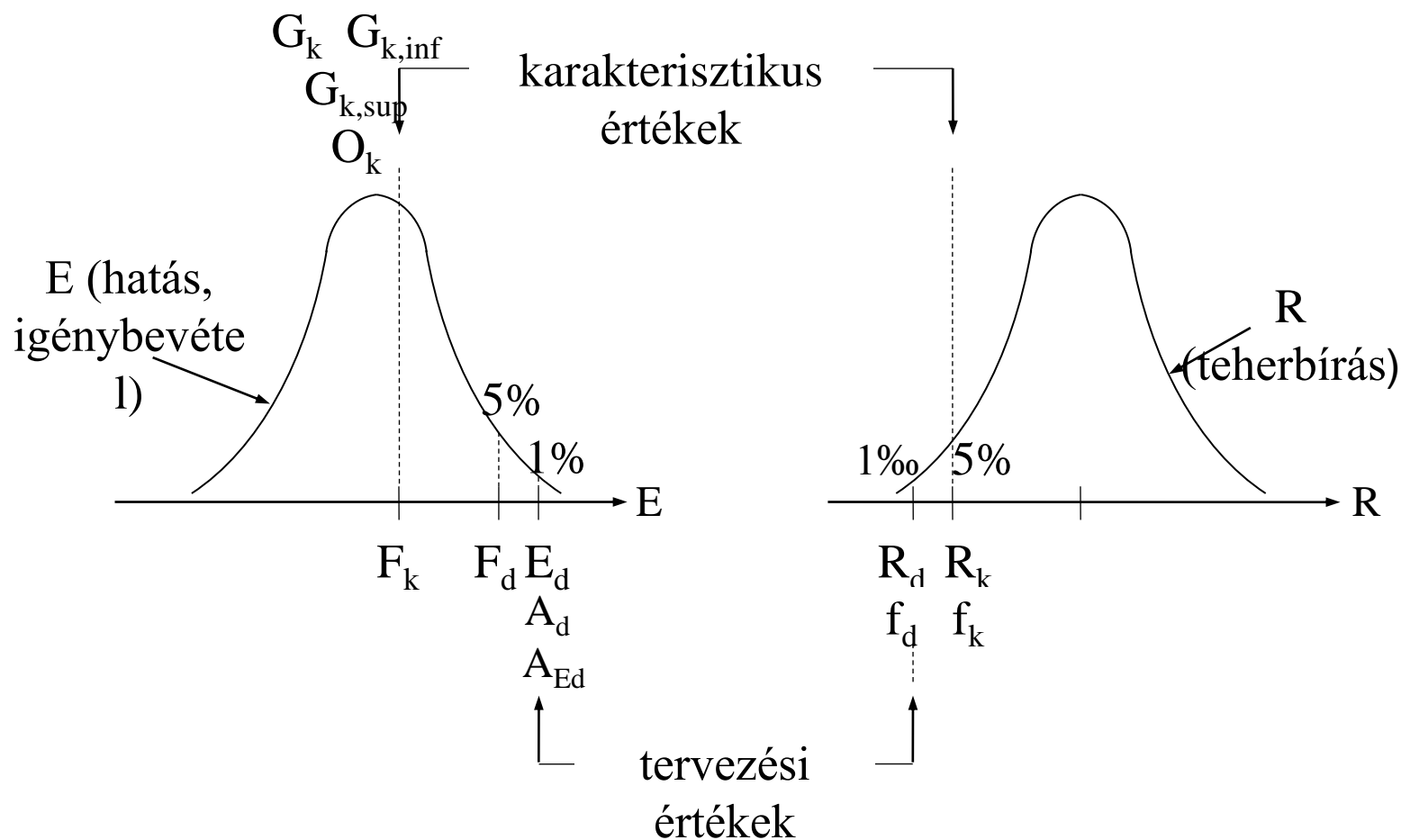
*Karakterisztikus kombináció*

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

*Gyakori kombináció*

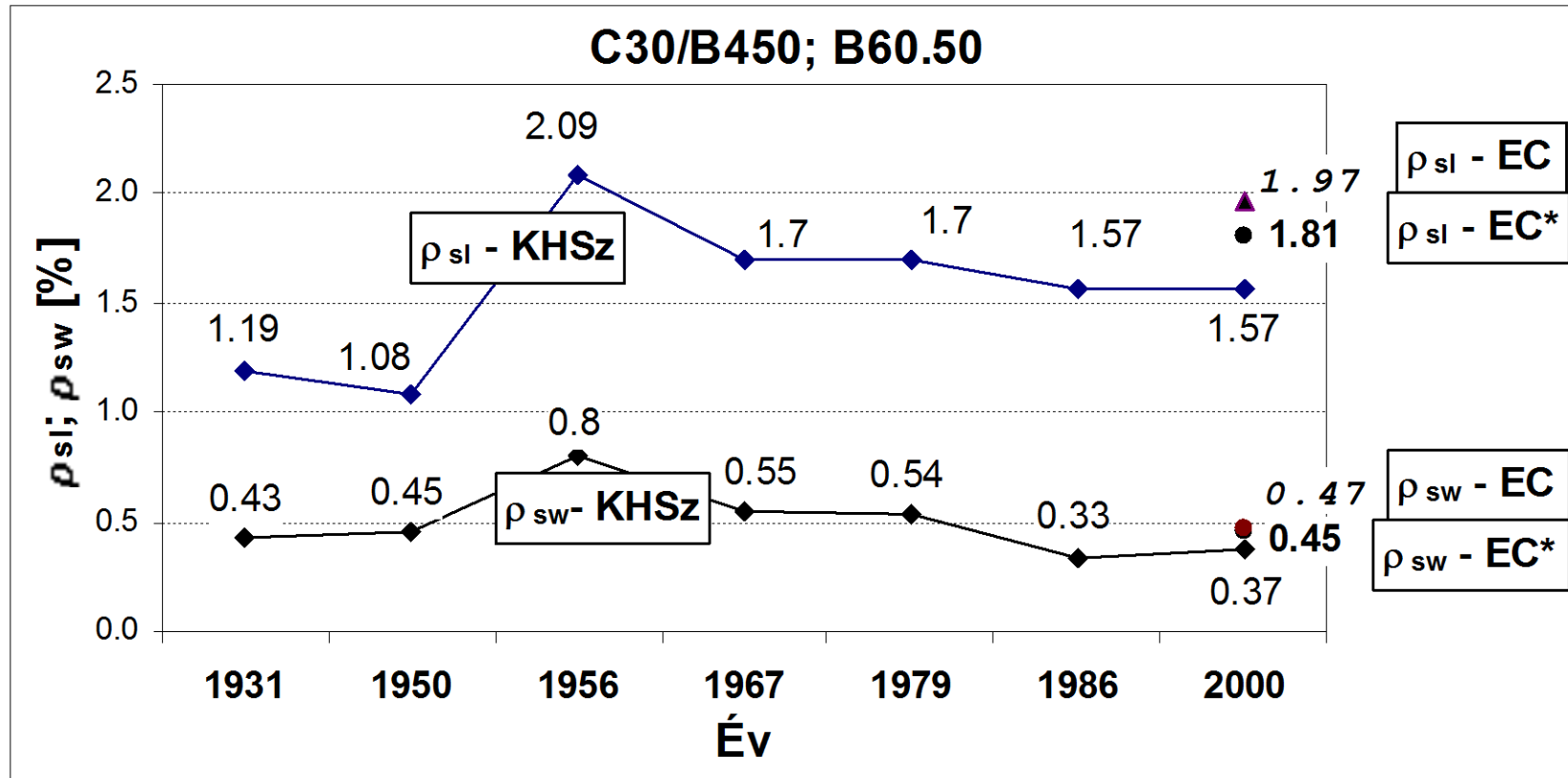
$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + (P_{k,inf} \text{ vagy } P_{k,sup}) + \begin{cases} (0,75TS + 0,4UDL + 0,4q_{fk}^*) + 0,5T_k \\ 0,75 gr1b \\ 0,75 gr4 \\ 0,6T_k \\ 0,2F_{wk} \end{cases}$$

# Mértezési paraméterek a parciális tényezős eljárásnál



| Sza-<br>Bály-<br>zat               | Hasznos terhek      |                                       | Mértékadó teherkombináció képzése   |   |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---|---|
|                                    | Jármű<br>[kN]       | Meg-<br>oszló<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Betonszerkezet  | Acél- és<br>öszvér-<br>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/<br>200      | 9,0/2,5/<br>2,5/2,5                   | $Y_{Ed} = 1,35 \cdot \Sigma Y_a + \gamma_q \cdot Y_e$   |   |
| EC <sup>1</sup><br>EC <sup>2</sup> | 600/<br>400/<br>200 | 9,0/<br>2,5/<br>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:

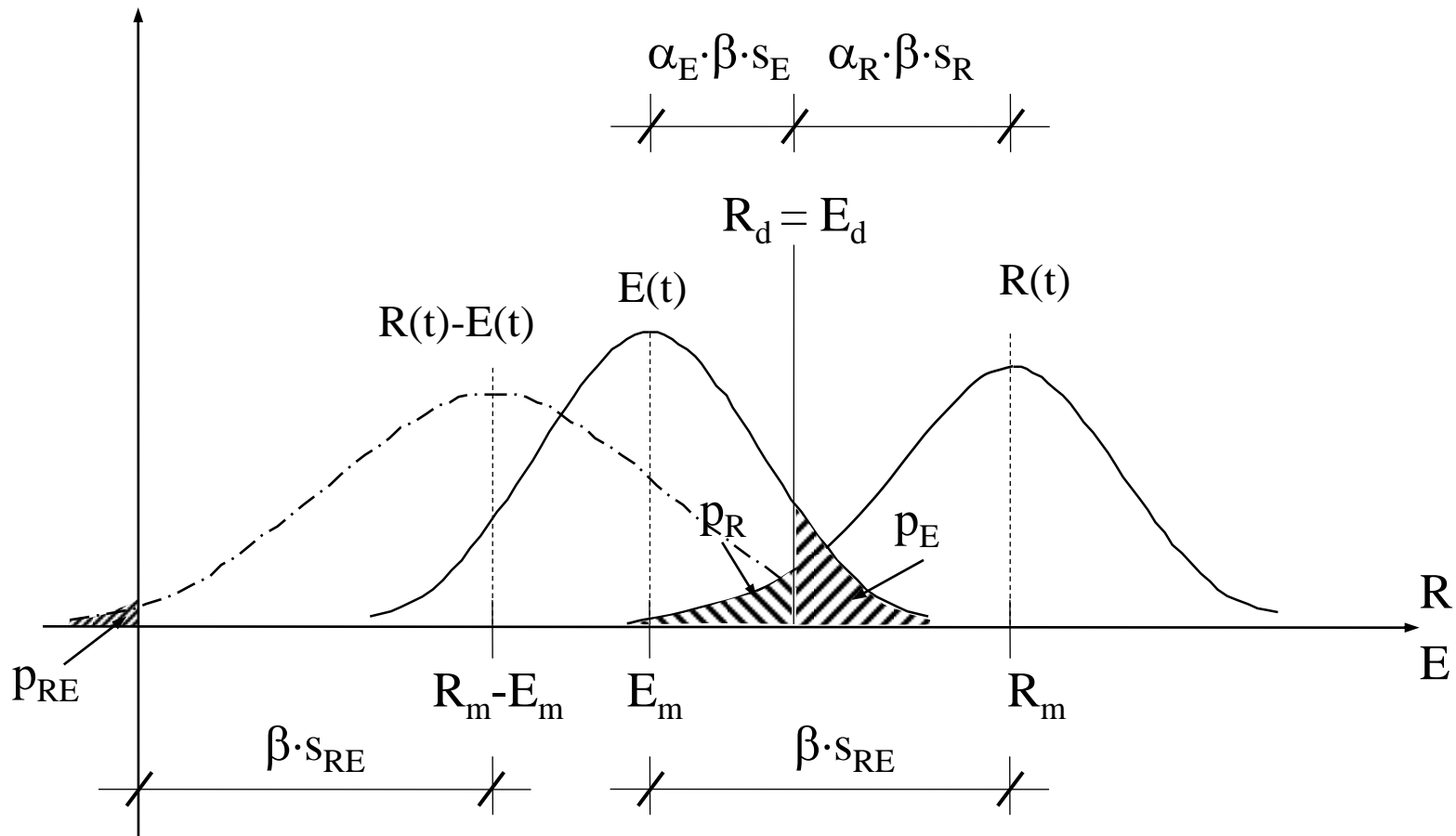
$$v_q = \sqrt{v_{qf}^2 + v_{qm}^2 + v_{qG}^2} = 0,213$$

- **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:  $\sum \alpha_i^2 = \alpha_R^2 + \alpha_G^2 + \alpha_Q^2 = 1$

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:

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

## 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:

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

$Q_m = \mu \cdot G_m$ ;  $W_m = \mu_w \cdot G_m$  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<br>-vétel | $E_d$ | $R_d$ | $\Delta_d$<br>(%) | $\gamma$ | $E_{mcal}$ | $R_m$ | $\Delta_m$<br>(%) |
|-------------------|-------|-------|-------------------|----------|------------|-------|-------------------|
| Átszűrő<br>-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,

$\Delta_d$  (%) =  $100 \cdot (R_d - E_d) / E_d$  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),

$\gamma_m$  – a globális biztonsági tényező,

$\Delta_m$  (%) =  $100 \cdot (R_m - E_{mcal}) / R_m$  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, megfelelésség 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.



# HIDAK ÉS SZERKEZETEK TANSZÉKE

**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET**

