

# Hidak terhei

## Állandó, ill. tartós jellegű hatások

- ▶ a tartószerkezet és egyéb szerkezeti elemek önsúlya;
- ▶ földnyomás;
- ▶ víznyomás;
- ▶ támaszmozgások;
- ▶ az időben lejátszódó lassú alakváltozások (a beton zsugorodása és kúszása, az acélok relaxációja);
- ▶ saruellenállás (tartós teherből);
- ▶ feszítés.

## Esetleges hatások

- ▶ Forgalmi terhek (tehermodellekből)
- ▶ Szélhatás
- ▶ Hőmérsékleti hatás
- ▶ Saruellenállás
- ▶ Jég és víz hatásai
- ▶ Építési terhek
- ▶ Esetleges hatások reprezentatív értékei:
  - Karakterisztikus érték:  $Q_k$
  - Kombinációs (ritka) érték:  $\psi_0 Q_k$
  - Gyakori érték:  $\psi_1 Q_k$
  - Kvázi-állandó érték:  $\psi_2 Q_k$

## Az útpálya felosztása forgalmi sávokra

Az útpálya szélessége ( $w$ )	A forgalmi sávok (egész) száma $n_1$	Egy forgalmi sáv szélessége	A fennmaradó terület szélessége
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3m	$w - 3\text{m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_1 = 2$	$w / 2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{int}(w/3)$	3m	$w - 3 n_1$

Sávok számozása: 1. a legkedvezőtlenebb hatást előidéző sáv;  
2. a következő legkedvezőtlenebb;  
stb.

## Függőleges tehermodellek

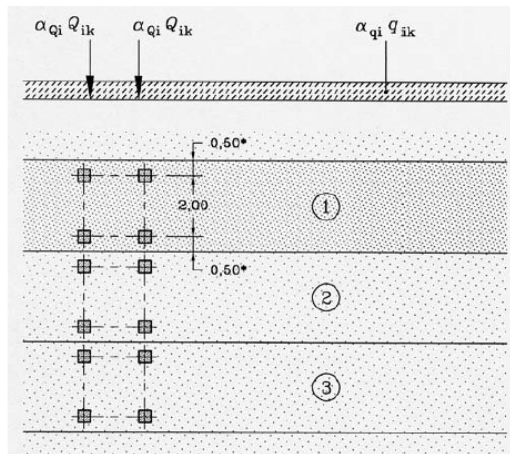
LM1	A közúti személy és teherforgalom hatásait írja le. Tartós és ideiglenes tervezési állapotban veendő figyelembe, általános és helyi vizsgálatra egyaránt.
LM2	Az igen rövid tartószerkezeti elemen fellépő dinamikus hatást modellezi. Tartós és ideiglenes tervezési állapotban, csak helyi vizsgálatra kell figyelembe venni.
LM3	Különleges járművek modellje. Csak ideiglenes tervezési állapotban, általános és helyi vizsgálatra.
LM4	Embertömeg-modell. Csak ideiglenes tervezési állapotban, kizárólag általános vizsgálatra.

- A tehermodellek értékei a dinamikus hatást is tartalmazzák.
- Fáradásvizsgálathoz más tehermodellek vannak.

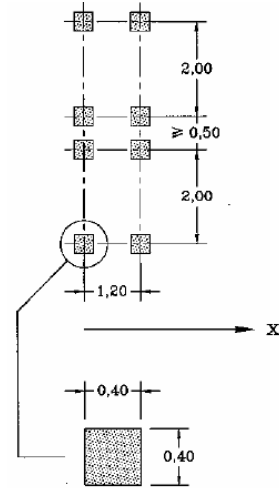
## Az 1. tehermodell (LM1)

Sáv	Megoszló teher (UDL)	lkertengely (TS)
	$q_{ik}$ (vagy $q_{rk}$ ) [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{ik}$ [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

## Az LM1 alkalmazása



Általános hatás vizsgálatára



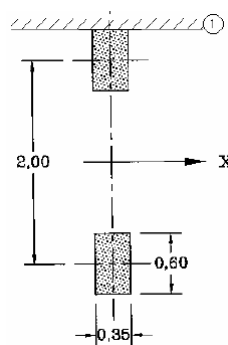
Helyi hatás vizsgálatára

## Az LM2, LM3 és LM4

- ▶ LM2:  $\beta_Q Q_{ak} = \beta_Q 400$  kN tengelysúly, vagy  $\beta_Q 200$  kN koncentrált erő.
- ▶ LM3: EC által ajánlott modellek (dinamikus hatás nélkül)

$$\varphi = 1,4 - \frac{L[m]}{500} \geq 1$$

- ▶ LM4:  $q_{fk} = 5,0$  kN/m<sup>2</sup>



LM2

## Terhelési osztályok

- ▶  $\alpha$  (LM1-hez) és  $\beta$  (LM2-höz) osztályba sorolási tényezők
- ▶ I. terhelési osztály (autópályák, országos főutak és Budapest hídjai):  $\alpha_{Qi} = 1,0$  ( $i = 1,2,3$ )  $\alpha_{qi} = \alpha_{qr} = 1,0$
- ▶ II. terhelési osztály (az alsóbbrendű országos utak, a Budapesten kívüli városok főforgalmi és forgalmi útjain lévő hidak):  
 $\alpha_{Q1} = 0,8; \alpha_{Q2} = \alpha_{Q3} = 1,0$   
 $\alpha_{q1} = 0,8; \alpha_{qi}, (i \geq 2) = \alpha_{qr} = 1,0$
- ▶ III. terhelési osztály (községek forgalmi útjai és egyéb önkormányzati utak, közforgalmú magánutak):  
 $\alpha_{Qi} = 0,6; (i = 1,2,3) \alpha_{q1} = 0,6; \alpha_{qi}, (i \geq 2) = \alpha_{qr} = 1,0$
- ▶  $\beta_Q = \alpha_{Q1}$ .

## Vízszintes tehermodellek

- ▶ Fékező- és gyorsítási erő:  
 $\alpha_{Q1} 180 \text{ kN} \leq Q_{\ell k} = 0,6 (2 \alpha_{Q1} Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{1k} w / L \leq 900 \text{ kN}$
- ▶ Centrifugális erő (csak  $r < 1500$  m esetén):  
ha  $r < 200$  m  $Q_{tk} = 0,2 Q_v$  ;  
ha  $200 \leq r \leq 1500$  m  $Q_{tk} = 40 Q_v / r$  [m].  
 $Q_v$  az 1. tehermodell összes ikertengelyeinek súlya.
- ▶ Keresztirányú fékezőerő (csak  $r < 1500$  m esetén):  
ha  $r < 200$  m  $Q_{trk} = 0,25 Q_{\ell k}$  ;  
ha  $200 \leq r \leq 1500$  m  $Q_{trk} = 0,25 Q_{\ell k} (1500 - r [\text{m}]) / 1300$ .

## Közúti gyalogjárda, kiemelt szegélyszávok és kerékpárutak

- ▶  $q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$ , vagy
- ▶  $Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$   $10 \times 10 \text{ cm}$ -en
- ▶ LM1-gyel együtt:  $q_{fk}^* = 1,0 \text{ kN/m}^2$ .

## Forgalmi tehercsoportok

Egymást kölcsönösen kizárják.

		ÜTPÁLYA					GYALOGJÁRDAK ÉS KERÉKPÁR- UTAK	
A teher típusa		Függőleges erők			Vízszintes erők		Csak függő- leges erők	
Teherrendszer		LM1 (TS és UDL rendszerek)	LM2 (egyetlen ten- gely)	LM3 (különleges járművek)	LM4 (embertömeg teher)	Fékező és gyo- rítási erők	Centrifugális és egyéb kereszt- irányú erők	Egyenletesen meg- oszló teher
Teher- csoportok	gr1a	Karakterisztikus értékek						Kombinációs érték
	gr1b		Karakterisztikus érték					
	gr2	Gyakori érték				Karakterisztikus érték	Karakterisztikus érték	
	gr3							Karakterisztikus érték
	gr4				Karakterisztikus érték			Karakterisztikus érték
gr5	Gyakori érték		Karakterisztikus érték					

Kombinációs érték →  $\Psi_0$

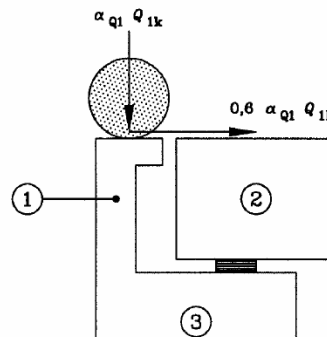
Gyakori érték →  $\Psi_1$

# Kombinációs tényezők

Hatás	Jelölés	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$	
Forgalmi terhek	gr1a (LM1)	0,75	0,75	0	
		Megoszló és járdateher (UDL)	0,40	0,40	0
	gr1b	Egytengelyű modell (LM2)	0	0,75	0
	gr2 (vízszintes erők)	0	0	0	
	gr3 (gyalogosforgalomból származó terhek)	0	0	0	
	gr4 (LM4) (embertömeg)	0	0,75	0	
	gr5 (különleges járművek)	0	0	0	
Szélhatás	$F_{wk}$	0,6	0,2	0	
	$F_{p*}$	1,0	-	-	
Hőmérsékleti hatás	$T_k$	0,6	0,6	0,5	
Építési teher	$Q_c$	1,0		1,0	

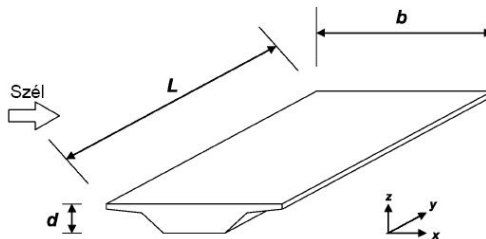
# A hídfők mögötti töltések terhei

- ▶ Függőleges erők:  
LM 1 ikertengelyek súlya 3 x 2,2 m-en,  
30°-os erőszétterülés.
- ▶ Vízszintes erő csak a térdfalon.  
 $0,6\alpha_{Q1}Q_{1k}$  vízszintes erő  
 $\alpha_{Q1}Q_{1k}$  függőleges erővel együtt.



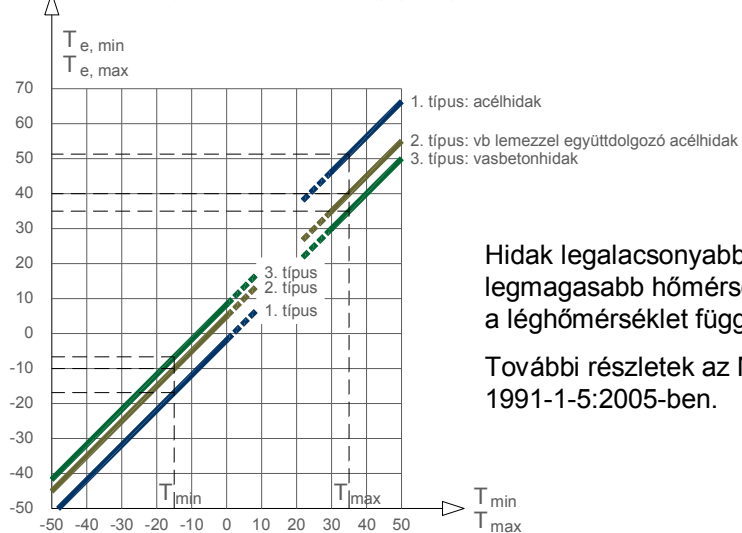
# Szélteher

A hidakon fellépő szélhatások irányai:



További részletek az MSZ EN 1991-1-4:2007-ben.

# Hőmérsékletváltozás



Hidak legalacsonyabb és legmagasabb hőmérséklete a léghőmérséklet függvényében

További részletek az MSZ EN 1991-1-5:2005-ben.



## Rendkívüli hatások

- ▶ A híd alatt áthaladó járműveknek a híd valamelyik tartószerkezeti elemével való ütközése;
- ▶ A hídon áthaladó járműveknek a kiemelt szegélyhez, korláthoz, terelőfalhoz vagy a híd tartószerkezetéhez történő ütközése;
- ▶ A hídon áthaladó járművek kerek(ei)nek a gyalogjárdán vagy kerékpárúton való váratlan megjelenése.

## A híd alatt (és a hídon\*) áthaladó közúti járművek ütközése

A forgalom jellege	Az ütköző jármű típusa	$F_{d,x}$ [kN]	$F_{d,y}$ [kN]
Autópálya	Tehergépjármű	1000	500
Országút	Tehergépjármű	750	375
Városi terület	Tehergépjármű	500	250
Udvarok, parkoló-házak ( $v < 20$ km/h)	Személygépjármű Tehergépjármű	50 150	25 75

\* : csak akkor, ha a szerkezetet megfelelő korlát nem védi.

A haladási irányú ( $F_{d,x}$ ) és az arra merőleges ( $F_{d,y}$ ) ütközési erőt nem kell egyidejűnek feltételezni.

## A hídon áthaladó járművek ütközéséből származó erők

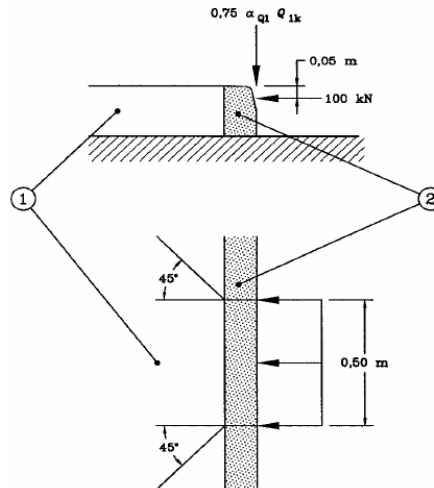
- ▶ a jármű–visszatartó rendszer elemein (korlátok, terelőfalak),
- ▶ a tartószerkezet elemein,
- ▶ a kiemelt szegélyen.

## Korlátok terhei

Korlát-osztály	Vízszintes erő [kN]
A	100
B	200
C	400
D	600

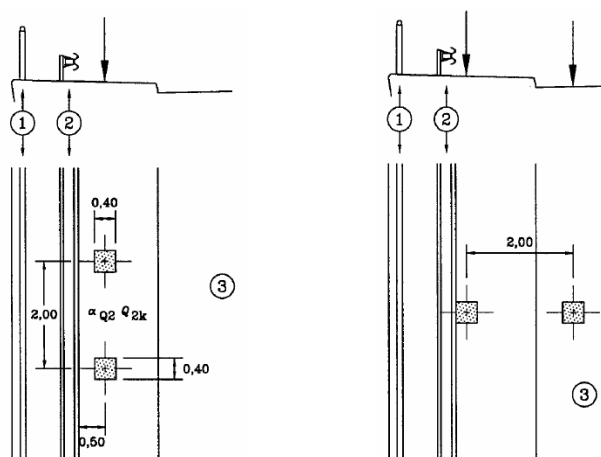
- A vízszintes erőt 0,5 m-en hosszon megoszló erő, a korlát felső síkja alatt 100 mm-re vagy az útpálya, illetve a gyalogjárda szintje felett 1,0 m-re lévő szintek közül az alacsonyabbikon.
- Egyidejű függőleges erő (csak ha mértékadó):  $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$
- A korlát bekötését 1,25-szörös erőre kell méretezni.

## Ütköző erő a kiemelt szegélyen



## Jármű a gyalogjárón vagy a kerékpárúton

Megfelelő visszatarthatási fokozatú korlát vagy terelőfal vagy legalább 0,25 m magas kiemelt szegély esetén nem kell figyelembe venni.



## Tervezési állapotok az *Eurocode* szerint

- ▶ Tartós tervezési állapot
  - üzemszerű működési körülmények
- ▶ Ideiglenes tervezési állapot
  - (átmeneti, rövid ideig tartó, nem üzemszerű működési körülmények, pl. építés, átépítés, felújítás, megerősítés, stb.)
- ▶ Rendkívüli tervezési állapot
  - kivételes esetekben előforduló működési és használati körülmények, pl. ütközések
- ▶ Szeizmikus tervezési állapot
  - földrengés

## A hatáskombinációk összeállítása határállapotok vizsgálatához

- ▶ Teherbírési határállapotok
  - erőtan követelmények vizsgálata az összes tervezési állapotban
- ▶ Használhatósági határállapotok
  - erőtan követelmények vizsgálata csak tartós és ideiglenes tervezési állapotban

## Jelölésrendszer

- ▶  $G_{kj}$  – a  $j$ -edik állandó hatás karakterisztikus értéke
- ▶  $P_k$  – a feszítési hatás karakterisztikus értéke
- ▶  $Q_{k1}$  – a kiemelt esetleges hatás karakterisztikus értéke
- ▶  $Q_{ki}$  – a nem kiemelt,  $i$ -edik esetleges hatás karakterisztikus értéke
- ▶  $A_d$  – a rendkívüli hatás értéke
- ▶  $A_{Ed}$  – a szeizmikus hatás értéke
- ▶  $\gamma_G$  – az állandó hatás parciális tényezője tartós és ideiglenes tervezési állapotban
- ▶  $\gamma_P$  – a feszítés parciális tényezője tartós és ideiglenes tervezési állapotban
- ▶  $\gamma_Q$  – az esetleges hatás parciális tényezője tartós és ideiglenes tervezési állapotban
- ▶  $\psi_0, \psi_1, \psi_2$  – kombinációs tényezők

## Hatáskombinációk tartós és ideiglenes tervezési állapotban

- ▶ közelítő számítás esetén (alapkombináció):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

- ▶ részletes erőtani számítás esetén:

$$\max \left( \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \psi_{01} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \\ \sum_{j \geq 1} (0,85 \gamma_{Gj, \text{sup}} G_{kj} + \gamma_{Gj, \text{inf}} G_{kj}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \end{array} \right)$$

„+” : csak akkor összegződik,  
ha a kedvezőtlen hatást növeli

## Hatáskombinációk rendkívüli és szeizmikus tervezési állapotban

- ▶ rendkívüli tervezési állapotban:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_d + \Psi_{11} Q_{11} + \sum_{i > 1} \Psi_{2i} Q_{ki}$$

- ▶ szeizmikus tervezési állapotban:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2i} Q_{ki}$$

## Parciális tényezők a közúti hidak tervezéséhez

Hatás	Jelölés	Tervezési állapot	
		Tartós és Ideiglenes	Rendkívüli
Állandó hatások: tartószerkezeti elemek és nem tartószerkezeti elemek önsúlya, földnyomás, talajvíznyomás és felszíni víznyomás <sup>(*)</sup>			
kedvezőtlen	$\gamma_{Gsup}$	1,35	1,00
kedvező	$\gamma_{Ginf}$	1,00	1,00
Feszítőerő	$\gamma_p$	1,00 <sup>(**)</sup>	1,00
Süllyedés	$\gamma_{Gset}$	1,00	
Forgalmi hatások	$\gamma_Q$		
kedvezőtlen		1,35	1,00
kedvező		0	0
Egyéb esetleges hatások	$\gamma_Q$		
kedvezőtlen		1,50	1,00
kedvező		0	0
Rendkívüli hatások	$\gamma_A$		1,00

## Vasúti hidak forgalmi terhei

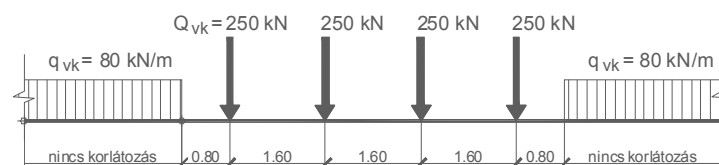
### ► Függőleges terhek

- LM 71 a fővonalakon szokásos vasúti teher;
- LM SW/0 folytatólagos többtámaszú szerkezetekhez a szokásos vasúti teher;
- LM SW/2 a nehéz vasúti teher;
- HSLM (High Speed Load Model) 200 km/ó-nál nagyobb sebességű személyszállító vonatok;
- az ún. „üres szerelvény” tehermodellje

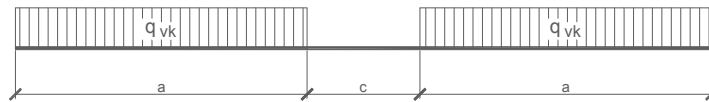
## Az LM 71 jelű teher

### ► Besorolási tényező $\alpha$

- a szokásostól eltérő (könnyebb vagy súlyosabb) terhelés figyelembevételére;
- $\alpha$  értékei:
  - 0,75 – 0,83 – 0,91 – 1,00 – 1,10 – 1,21 – 1,33 – 1,46

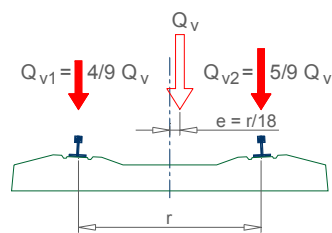


## Az SW/0 és az SW/2 jelű teher

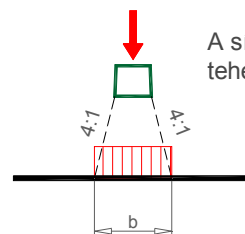
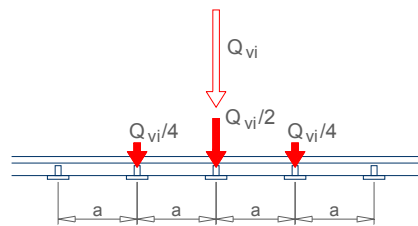


Tehermodell	$q_{vk}$ [kN/m]	$a$ [m]	$c$ [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

## Külpontosság, teherelosztás



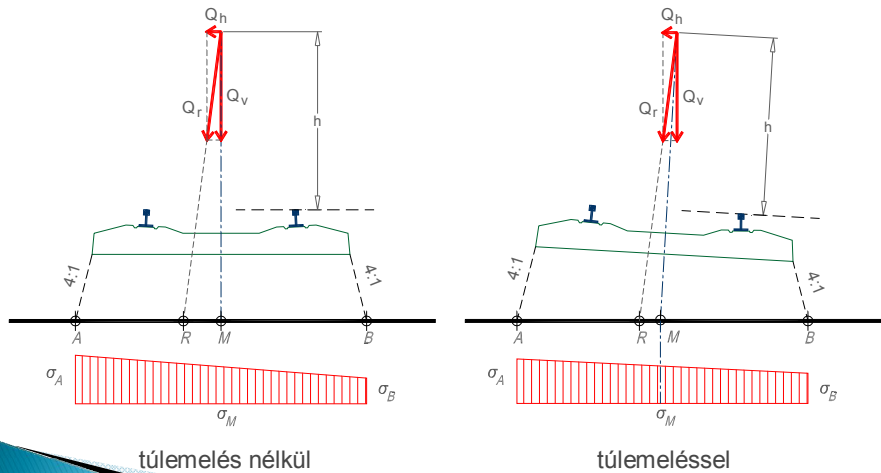
A függőleges terhek külpontossága



A sín és az ágyazat teherelosztó hatása



## A keresztalj és az ágyazat teherelosztó hatása



## Dinamikus hatások

- ▶ A dinamikai viselkedést befolyásoló tényezők:
  - a forgalom sebessége a hídon;
  - a vizsgált elem  $L$  fesztávolságának és lehajlási hatásábrájának hosszúsága;
  - a szerkezet tömege;
  - a teljes szerkezet és az alapvető szerkezeti elemek sajátfrekvenciája és az ezekhez tartozó sajátalakok a vágány mentén;
  - a tengelyek száma és terhelése, a tengelyek közti távolság;
  - a szerkezet csillapítása;
  - a vágány függőleges irányú szabálytalanságai;
  - a jármű rugózott és rugózatlan tömege, a felfüggesztés karakterisztikája;
  - a pályalemez illetve a vágány alátámasztásainak szabályos kiosztása (kereszttartók, keresztaljak stb.)
  - a jármű imperfekciói (lapos kerék, körhagyó kerék, felfüggesztési hibák stb.)
  - a vágány elemeinek (ágyazat, keresztalj stb.) dinamikai karakterisztikája.

## A dinamikai vizsgálat mellőzésének feltétele

A sajátfrekvencia felső határa:

$$n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748}$$

A sajátfrekvencia alsó határa:

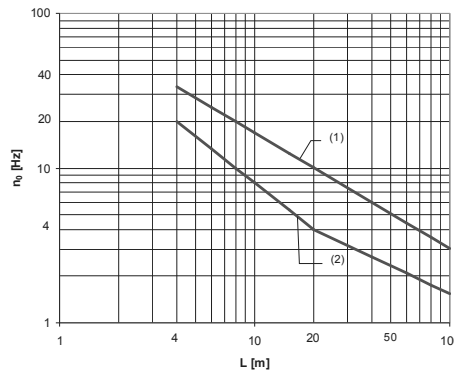
ha  $4\text{m} \leq L \leq 20\text{m}$ , akkor:

$$n_0 = \frac{80}{L};$$

ha  $20\text{m} < L \leq 100\text{m}$ , akkor:

$$n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592},$$

ahol  $L$  a híd támaszköze egyszerű szerkezetek esetén, egyébként pedig  $L=L_0$ , a vizsgált szerkezet ún. jellemző hosszúsága.



(1): a sajátfrekvencia felső határa

(2): a sajátfrekvencia alsó határa

## A sajátfrekvencia közelítőleg

- ▶ A csak hajlításra igénybevett egyszerű gerendahidak esetén:

$$n_0 [\text{Hz}] = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}}$$

$\delta_0$  a híd lehajlása mm-ben az állandó terhek hatására.

(Vasbetonhidak esetén a lehajlást - ennél a vizsgálatnál - a beton rövididejű terhekre vonatkozó rugalmassági modulusával kell számítani.)

## A $\Phi$ dinamikus tényező

- ▶ az LM 71, SW/0 és SW/2 tehermodellekhez teherbírési határállapotokhoz (ULS)  $\Phi_2$  és  $\Phi_3$  tényezők egyike.
- ▶ Gondos pályafenntartás esetén:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82;$$
$$1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67.$$

- ▶ Átlagos pályafenntartás esetén:

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73;$$
$$1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00.$$

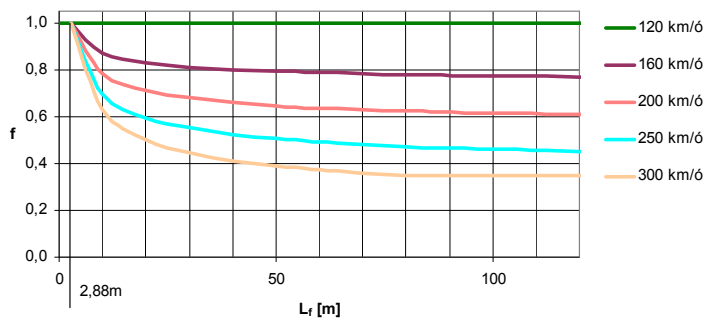
Dinamikus többlet nélkül szabad figyelembe venni a vasúti forgalom hatását a hídfőkön, alapozásokon, támfalakon, a földnyomás meghatározásánál, valamint az olyan oszlopokon amelyek karcsúsága kisebb 30-nál.

## A centrifugális erő

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} \cdot (f \cdot Q_{vk});$$
$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} \cdot (f \cdot q_{vk}),$$

$Q_{tk}$ ,  $q_{tk}$  a centrifugális erő karakterisztikus értéke [kN, kN/m];  
 $Q_{vk}$ ,  $q_{vk}$  a függőleges teher karakterisztikus értéke dinamikus tényező nélkül [kN, kN/m];  
 $f$  csökkentő tényező (lásd később);  
 $v$  a maximális sebesség [m/s];  
 $V$  a maximális sebesség [km/h];  
 $g$  a gravitációs gyorsulás [9,81 m/s<sup>2</sup>];  
 $r$  az ívsugár [m].

## Az $f$ csökkentő tényező



$$f = \left[ 1 - \frac{V - 120}{1000} \cdot \left( \frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right]$$

$L_f$  a vágány terhelt részének hosszúsága [m];  
 $V$  a maximális sebesség [km/h]  
 $f = 1$ , ha  $V \leq 120$  km/h, vagy  $L_f \leq 2,88$  m.

## Az oldallökő erő

- ▶ Egyetlen koncentrált vízszintes erő, mely a sínkoronán a vágánytengelyre merőlegesen hat. Íves és egyenes vágány esetén is figyelembe kell venni, mindig csak az egyik sínszálon, és csak függőleges teherrel együtt hathat. Karakterisztikus értéke 100 kN. Dinamikus tényezővel nem kell szorozni, de az  $\alpha$  besorolási tényezőt figyelembe kell venni, ha  $\alpha > 1$ .

## Az indító- és a fékező erő

- Vágányonként értendő, dinamikus tényezővel nem kell szorozni, de az  $\alpha$  besorolási tényezőt figyelembe kell venni.
- ▶ Indító erő:
  - $Q_{\text{lak}} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L_{a,b} \text{ [m]} \leq 1000 \text{ [kN]}$   
az LM 71, SW/0, SW/2 és HSLM jelű terhekre.
- ▶ Fékező erő:
  - $Q_{\text{fbk}} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L_{a,b} \text{ [m]} \leq 6000 \text{ [kN]}$   
az LM 71, SW/0 és HSLM jelű terhekre.
  - $Q_{\text{fbk}} = 35 \text{ [kN/m]} \cdot L_{a,b} \text{ [m]}$   
az SW/2 jelű teherre.