

KÖZÚTI HIDAK TERHEI AZ EUROCODE SZERINT

Kovács Tamás*

1. Bevezetés

A tartószerkezetek tervezésére vonatkozó közös európai szabványrendszer, az Eurocode (EC) Magyarországon a 2009-2010. években válik teljeskörűvé azért, hogy a jelenleg hatályos szabványügyi kötelezettségek szerint a Magyar Szabványügyi Testületnek az Eurocode-dal ellentétes nemzeti szabványokat ezen időszakban vissza kell vonnia [1].

A jelen cikk az Eurocode szerinti tartószerkezeti tervezést bemutató cikksorozatba illeszkedik, témája a közúti hidak tervezés során figyelembe veendő terhek és hatások bemutatása, azok egyidejűségére és a belőlük képzett hatáskombinációk összeállítására vonatkozó szabályok ismertetése. Ennek keretében elsősorban a közúti hidak forgalmi terheinek és alkalmazási szabályainak részletes tárgyalására kerül sor, míg a tervezés alapjaival, valamint a nem kifejezetten hidakra jellemző hatásokkal kapcsolatban az említett cikksorozat megelőző részeire támaszkodik ([1]-[3]). A közúti hidak tervezésekor szintén figyelembe veendő, de nem a közúti forgalomból származó hatásokat és azok alkalmazási szabályait a jelen cikk csak hivatkozás formájában említi, azok részletes ismertetése és értelmezése a [4] irodalomban található meg. A közúti hidak tervezésének és egyben a jelen cikknek a témakörét teljes egészében az [5]-[12] Eurocode szabványok fedik le.

A közelmúltban több publikáció készült a jelen cikkhez kapcsolódó témakörben. Ezek egyik része csupán a közúti hidak Eurocode szerinti tervezésekor figyelembe veendő hatásokat ismertette, elemezte és értelmezte [13]-[15]. Mások a közúti (elsősorban vasbeton) hidak hatályos magyar előírások és az Eurocode szerinti tervezésekor figyelembe veendő hatások és erőtan követelmények összehasonlításával foglalkoztak, továbbá az ezekből leszűrhető általános következtetéseket fogalmazták meg [16]-[19].

2. A hidak tervezésének alapjai

A tartószerkezetek tervezésének Eurocode szerinti alapelveit [2] tartalmazza. Más tartószerkezetekhez hasonlóan a hidak tartószerkezetét is a határállapot-konceptió alapján a parciális tényezők módszerének alkalmazásával kell megtervezni.

A tervezés során teherbírási és használhatósági határállapotokat kell megkülönböztetni. Az egyes határállapotokhoz rendelt alapvető követelményeket [2] tartalmazza. A végleges létesítésű hidak előírányzott tervezési élettartama 100 év.

2.1. Tervezési állapotok

A tervezési állapotok megkülönböztetésével a vizsgált tartószerkezet alapvető működési körülményeit, ill. e működési körülmények közötti különbségeket lehet jellemezni. A tervezés során általában négy tervezési állapotot kell megkülönböztetni, melyek hidak esetén a következők lehetnek:

- 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 esetén).

* okl. építőmérnök, egyetemi adjunktus, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

A teherbírási határállapotokra vonatkozó erőtani követelmények teljesülését mindegyik tervezési állapotban igazolni kell. A használhatósági határállapotokat csak bizonyos, előírt tervezési állapotokban kell igazolni.

2.2. A hatások reprezentatív és tervezési értékei

A parciális tényezők módszere szerint az erőtani követelmények általában a hatás-oldali jellemzők (általában igénybevételek) tervezési értékeinek és az ellenállás-oldali jellemzők (általában igénybevételek) tervezési értékeinek az összehasonlítását jelentik [2].

A hatás-oldali igénybevételeket ill. azok tervezési értékét az egyes hatások reprezentatív (F_{rep}) ill. tervezési (F_d) értékéből és a geometriai méretek névleges (a_{nom}) ill. tervezési (a_d) értékéből kell meghatározni általánosan elfogadott statikai módszerek alkalmazásával. A hatások reprezentatív és tervezési értékeinek értelmezését [2] tartalmazza.

A hatás-oldali jellemzők előállításakor a hatásokat (általában a belőlük származó igénybevételeket) – tekintettel a hatások egyidejűségére és az eredő hatás-oldali jellemző (általában igénybevétel) előírányzott előfordulási valószínűségére – hatáskombinációkba kell csoportosítani. A hatások a hatáskombinációkban reprezentatív értékekkel szerepelnek. Egy hatásnak több reprezentatív értéke van, a hozzá tartozó előfordulási valószínűség mértékétől függően [2].

3. Hidakat terhelő erők és hatások

A hidakat terhelő hatások lehetnek állandó, esetleges, rendkívüli és szeizmikus hatások.

3.1. Állandó jellegű terhelő erők és hatások

Állandó jellegű terhelő erőn és hatáson olyan hatást kell érteni, mely a tartószerkezet tervezési élettartama során nagy valószínűséggel (~85%) mindvégig működik és nagyságának időbeni változása elhanyagolható, vagy ez a változás – egy bizonyos határérték eléréséig – mindvégig monoton.

Ha az állandó hatás változékonysága (pl. önsúly) elhanyagolható, akkor annak karakterisztikus értékét a várható értékkel (vagy a névleges méretekből meghatározott értékkel) kell azonosnak tekinteni (G_k).

Ha az állandó hatás változékonysága nem hanyagolható el (pl. földnyomás), akkor egy alsó ($G_{k,inf}$) és egy felső ($G_{k,sup}$) karakterisztikus értéket kell meghatározni a hatás változékonyságának mértékétől függően. Általában megfelelő, ha az alsó karakterisztikus értéket az 5%-os, a felső karakterisztikus értéket a 95%-os kvantilisben határozzák meg. Erre vonatkozó adatok hiányában általában a

$$G_{k,inf} = 0,95 G_k \quad \text{és} \quad G_{k,sup} = 1,05 G_k$$

összefüggések alkalmazhatók.

Közúti hidak esetén - ha ilyen fellép, akkor - állandó hatásként általában

- a tartószerkezeti és nem tartószerkezeti elemek önsúlyát
- földnyomást
- víznyomást
- támaszmozgásokat
- az időben lejátszódó lassú alakváltozások (a beton zsugorodása és kúszása, az acélok relaxációja) következményeit

- saruellenállást
- feszítést

kell figyelembe venni.

A tartószerkezeti és nem tartószerkezeti elemek önsúlyának G_k karakterisztikus értékét az anyagok térfogatsúlyai és a névleges geometriai méretek alapján kell meghatározni. Ha az önsúly egyes összetevői (pl. a nem tartószerkezeti elemek önsúlya) esetén a térfogatsúlyok vagy a geometriai méretek bizonytalansága számottevő, akkor célszerű lehet az önsúly alsó ($G_{k,inf}$) és felső ($G_{k,sup}$) karakterisztikus értékeinek az alkalmazása.

A földnyomások meghatározásakor a talajjellemzők változékonyságára tekintettel kell lenni. Emiatt sok esetben indokolt lehet a földnyomás alsó ($G_{k,inf}$) és felső ($G_{k,sup}$) karakterisztikus értékeinek az alkalmazása. A vízszintes földnyomások mértékének meghatározásakor a terhelt szerkezet elmozdulási lehetőségeire kiemelt figyelmet kell fordítani.

A hidak tartószerkezeteit terhelő talajvíznyomás értékeit a fizikailag lehetséges talajvízszint-viszonyok figyelembevételével kell meghatározni. A tartószerkezetet tartósan körülvevő áramló víz esetén a víz áramlásából származó víznyomásokat megfelelő modell alapján kell meghatározni.

A tervezés során a hidak támaszainak várható süllyedéseire és ez alapján az egyes támaszok között fizikailag lehetséges süllyedés-különbségekre tekintettel kell lenni. Az egyes támaszok közötti relatív süllyedéskülönbségeket minden esetben a vizsgált hatás szempontjából legkedvezőtlenebb kombinációnak megfelelően kell feltételezni. A támaszok várható süllyedéseinek mértékét a talajmechanikai szakvélemény figyelembevételével célszerű felvenni, amelyben megadott értéket karakterisztikus értéknek ($G_{set,k}$) lehet tekinteni. Ha a süllyedések kialakulása során a tartószerkezet statikai váza változik, akkor a támaszsüllyedésnek csak azt a részét kell figyelembe venni, mely a tartószerkezetben igénybevételt okoz.

Betonhidak esetén a beton zsugorodásából és kúszásából származó lassú alakváltozásokat és azoknak a tartószerkezet erőjátékára gyakorolt hatásait általában figyelembe kell venni. A feszítőacélok relaxációjának hatását általában csak a feszítőerő aktuális értékének meghatározásakor kell figyelembe venni.

A mozgó és a fix saruk ellenállásából származó (vízszintes) erőket az alépítmények tervezése során mindig, a felszerkezet tervezés során akkor, ha az abból származó hatás jelentős, figyelembe kell venni. A saruellenállást akkor kell állandó jellegű hatásnak tekinteni, ha az más, állandó jellegűnek tekintett hatás (pl. zsugorodás) következtében jön létre.

3.1.1. Feszítés

Betonhidak esetén a feszítéséből származó hatásokat állandó hatásnak kell tekinteni.

A teherbírási határállapotok vizsgálata során a feszítés esetében általában elegendő egyetlen, a hatásos (effektív) feszítőerő várható értékével azonos karakterisztikus értéket alkalmazni ($P_k = P_{k,t}(x) = P_{m,t}(x)$), melynek tervezési értékét az adott határállapot jellegétől függő mértékű parciális tényező figyelembevételével kell meghatározni.

A használhatósági határállapotok vizsgálata során - ha a feszítőerőt a szerkezet üzemszerű működése során közvetlenül nem lehet mérni - a hatásos feszítőerő esetleges bizonytalanságaira való tekintettel általában célszerű a feszítőerő alsó ($P_{k,inf}$) és felső ($P_{k,sup}$) karakterisztikus értékét alkalmazni. A feszítőerő alsó és felső karakterisztikus értékének felvételét

$$P_{k,inf} = r_{inf} P_{m,t}(x) \quad \text{és} \quad P_{k,sup} = r_{sup} P_{m,t}(x)$$

formában célszerű felvenni, ahol $P_{m,t}(x)$ a feszítőerő várható értéke a t időpontban (a betonozás időpontjától számítva) a vizsgált helyen (a feszítés helyétől mért x távolságban). Az $r_{k,sup}$ ill. az $r_{k,inf}$ értékeit előfeszítés, vagy tapadásmentes feszítés esetén 1,05-re ill. 0,95-re, tapadásos utófeszítés esetén pedig 1,10-re ill. 0,90-re célszerű felvenni.

Külső kábeles feszítés esetén a feszítésnek a tartószerkezet alakváltozása miatt megváltozott külpontosságára tekintettel kell lenni.

3.2. Esetleges hatások

Egy esetleges hatásnak (Q) összesen négy reprezentatív értéke van, melyek az előfordulási valószínűség nagysága alapján különböznek egymástól. Ezek (jelöléssel együtt) a következők:

- karakterisztikus érték Q_k
- kombinációs érték $\psi_0 Q_k$
- gyakori érték $\psi_1 Q_k$
- kvázi-állandó érték $\psi_2 Q_k$

ahol a ψ_0 , ψ_1 és ψ_2 az ún. ψ -tényezők a 9. táblázat szerint.

A kombinációs értéket más esetleges hatásokkal való egyidejűség figyelembevétele esetén kell alkalmazni, a gyakori érték az adott hatás üzemszerű működési körülmények között felépő mértékét modellezi, míg a kvázi-állandó érték a hatás tartós részének figyelembevételére szolgál.

Meteorológiai jellegű hatások esetén (szélhatás, hőmérsékleti hatás) a karakterisztikus érték általában az egy éves referencia-időszakhoz tartozó, 0,02 meghaladási valószínűségű érték (mely 50 éves vissztérési időnek felel meg).

A hidak főtartószerkezeteinek vizsgálatánál figyelembe veendő forgalmi terhermodellek (1. és 2. terhermodell) karakterisztikus értékei 50 éves referencia-időszakhoz tartozó 0,05 meghaladási valószínűségű értékek (melyek 1000 éves vissztérési időnek felelnek meg). Ugyanezen terhermodellek gyakori értékei egy hét vissztérési időhöz meghatározott értékek.

A kvázi-állandó érték általában az adott referenciaidőszakhoz tartozó 0,5 meghaladási valószínűségű érték. Emiatt pl. hidak forgalmi terhei és a meteorológiai terhek esetén a kvázi-állandó érték általában zérus vagy nincs értelmezve.

Közúti hidak tervezése során esetleges hatásként

- tartós és ideiglenes tervezési állapotban a
 - hidak (közúti forgalomból származó) és a hídfők mögötti töltések forgalmi terheit
 - szélhatást
 - hőmérsékleti hatásokat
 - jég, az áramló víz és a hullámverés által okozott hatásokat
 - saruellenállást
 - építési terheket
 - fáradást okozó hatásokat
- rendkívüli tervezési állapotban (rendkívüli hatások) a fentiekén kívül általában
 - a híd alatt vagy a hídon áthaladó járműveknek a híd tartószerkezeteivel való ütközéséből és
 - a hídon áthaladó járművek kerekeinek a gyalogjárdán vagy a kerékpárúton való megjelenéséből
- szeizmikus tervezési állapotban (szeizmikus hatás)
 - a földrengésből

származó hatásokat kell figyelembe venni.

A következőkben csak a közúti hidak járműforgalmából származó, tartós, ideiglenes és rendkívüli tervezési állapotokban figyelembe veendő hatásokat és azok alkalmazási szabályait tárgyaljuk. A tervezés során figyelembe veendő további (meteorológiai, építési, fáradást okozó) hatások ismertetését a [4] tartalmazza.

4. Járműforgalomból származó hatások közúti hidak esetén

Az $L \leq 200$ m terhelt hosszal rendelkező közúti hidak tervezésénél forgalmi (hasznos) terheként az

- útpályán (kocsipályán) a közúti forgalom hatását leíró függőleges (4.3. pont) és vízszintes (4.4. pont) tehermodelleket,
- a közúti hidak gyalogjárdáin pedig a 4.5. pont szerinti terheket kell alkalmazni.

A fáradásvizsgálathoz külön fáradási tehermodelleket kell figyelembe venni, melyeket a [4] tartalmaz.

Mindegyik tehermodell tartalmazza a forgalomból származó dinamikus hatást, azaz külön dinamikus tényező alkalmazására (egyedi, az illetékes hatóság által külön előírt esetektől eltekintve) nincs szükség.

A forgalmi terhekből származó hatás több-összetevőjű hatás, vagyis a 3.1. és 3.2. pontokban megadott hatáskombinációkban a forgalmi terhek függőleges és vízszintes modelljei nem önmagukban, hanem ún. forgalmi tehercsoportokba ($gr_1 \dots gr_5$) rendezve szerepelnek. A forgalmi tehercsoportok összeállításának szabályait a 4.6. pont tartalmazza.

Az e forgalmi tehercsoportok eredményeként adódó forgalmi hatást a továbbiakban, mint egyetlen esetleges hatást kell a többi esetleges hatással kombinálni az 5.1. és 5.2. pontokban szereplő hatáskombinációkban.

Az $L > 200$ m terhelt hosszal rendelkező közúti hidakat az illetékes hatósággal egyetértésben egyedi forgalmi tehermodellek alapján is lehet tervezni. A jelen 4. pont szerinti tehermodellek $L > 200$ m terhelt hosszal rendelkező közúti hidak esetén történő alkalmazása általában a biztonság javára történik.

4.1. Terhelési osztályok

A hídon várható forgalom összetételétől, sűrűségétől és az áthaladó járművek sajátosságaitól függően a közúti hidak terhelési osztályba sorolását az α és β terhelési osztályba sorolási tényezőkkel kell elvégezni, melyek értékei Magyarország területén a következők:

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

ahol i a 4.2. pont szerint a forgalmi sáv sorszámát jelöli, továbbá

$$\beta_Q = \alpha_{Q1}.$$

A fenti α tényezőket a 4.3.1. pontbanban szereplő 1. tehermodell, a β tényezőt pedig a 4.3.2. pontban szereplő 2. tehermodell (azonos indexű) karakterisztikus értékeinek szorzótényezőiként kell alkalmazni.

4.2. Forgalmi sávok

A tehermodellek alkalmazásához az útpályát forgalmi sávokra kell osztani a következő 1. táblázat szerint.

1. táblázat: Az útpálya felosztása forgalmi sávokra

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

* Az $\text{int}()$ jelölés a zárójelben szereplő érték „egész részét” jelöli.

Ha a hídon az útpálya szélessége változik, a forgalmi sávok száma a következő:

- 1, ahol $w < 5,4$ m;
- 2, ahol $5,4 \text{ m} \leq w < 9$ m;
- 3, ahol $9 \text{ m} \leq w < 12$ m.

Ha egy útpályát egy középső, rögzített elválasztó szerkezet fizikailag két részre oszt, a fenti sávfelosztást mindegyik útpályarészre külön el kell végezni. Ha az elválasztó szerkezet eltávolítható, akkor a teljes útpályaszélességet alapul véve kell a sávfelosztást végrehajtani.

A sávokat a vizsgált hatás szempontjából, a rajtuk elhelyezett tehermodellek kedvezőtlen hatásának mértéke alapján számozni kell. A legkedvezőtlenebb hatást eredményező sáv száma 1, a második legkedvezőtlenebb hatást eredményezőé 2, stb.. A fennmaradó terület több részletben is kiosztható.

Ha egy felszerkezeten fizikailag két különálló részre osztott útpálya található, – a fentiek szerint külön-külön elvégzett sávfelosztás után – egyetlen sávszámozást kell alkalmazni. Ha a két különálló útpálya külön felszerkezeten helyezkedik el, a felszerkezet tervezése során mindkét útpálya sávjait külön kell számozni.

Ha két különálló felszerkezetet egyetlen alépítmény (pl. hídfő) támaszt alá, akkor az alépítmény tervezése esetén a két útpályára egyetlen sávszámozást kell alkalmazni.

4.3. Függőleges tehermodellek

Az alábbi tehermodellekben a függőleges terhek karakterisztikus értékekkel szerepelnek.

Az egyes tehermodellek megkülönböztetése az alapján történik, hogy mely tervezési állapotban és milyen jellegű vizsgálatra (általános vagy helyi) alkalmazhatók.

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

4.3.1. Az 1. tehermodell (LM1)

A tehermodell két azonos tengelyű, sávonként különböző összsúlyú koncentrált járműterhekből (ikertengelyek, Tandem System, TS) és sávonként (ill. maradó területenként) különböző intenzitású, egyenletesen megoszló terhekből (Uniformly Distributed Load, UDL) áll.

Az ikertengelyek tengelysúlyai: $\alpha_{Qi}Q_{ik}$, (az egy tengelyeken lévő keréksúlyok azonosak); az egyenletesen megoszló terhek intenzitása: $\alpha_{qi}q_{ik}$ ill. $\alpha_{qr}q_{rk}$, ahol i a 4.2. pont szerinti

sávszámot jelenti. A koncentrált és megoszló terhek karakterisztikus értékei a 2. táblázatban találhatóak. Az α_{Qi} , α_{qi} és α_{qr} terhelési osztályba sorlási tényezők értékeit a 4.1. pont tartalmazza.

2. táblázat: Az 1. tehermodell karakterisztikus értékei

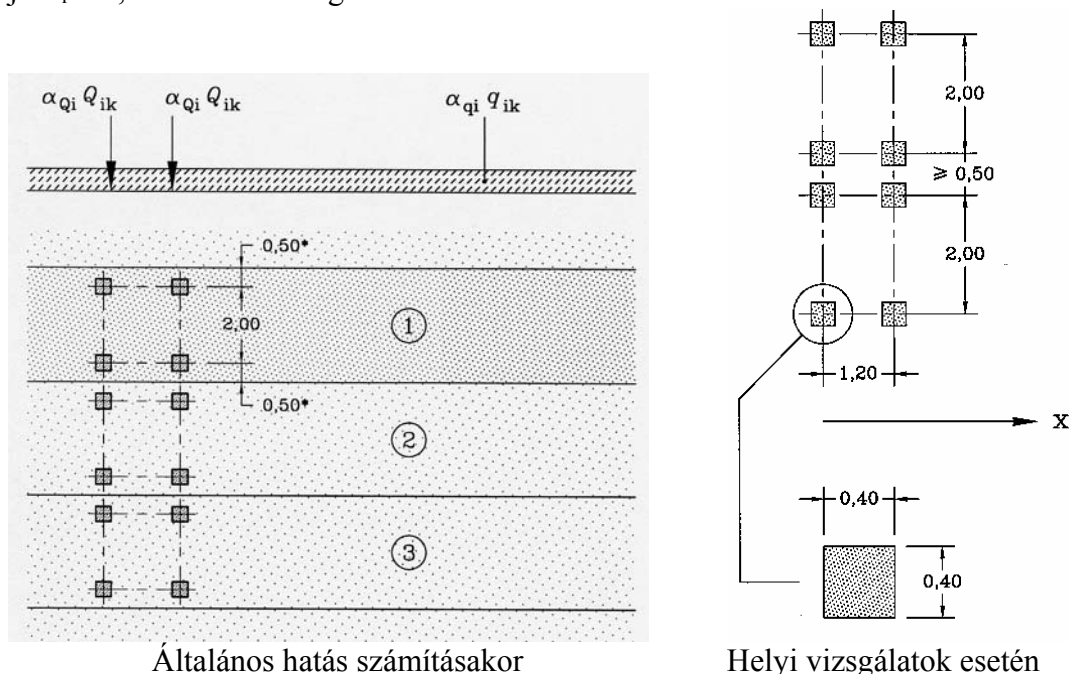
Sáv	Megoszló teher	Ikertengely
	q_{ik} (vagy q_{rk}) [kN/m ²]	Q_{ik} [kN]
1. sáv	9,0	300
2. sáv	2,5	200
3. sáv	2,5	100
Többi sáv	2,5	0
Fennmaradó terület	2,5	0

A koncentrált kerékterhelés az 1. ábra szerinti érintkezési felületen egyenletesen megoszlónak tekinthető, és a pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvonaláig terjedően - 45° -osnak tetelezhető fel.

Az általános hatás számítása során a terhek mértékadó elhelyezésekor az ikertengelyeket a sávok hossz tengelyei mentén mozognak kell feltételezni, a megoszló terhet pedig csak a sáv kedvezőtlen hatást eredményező részén kell működtetni.

Helyi vizsgálatok esetén az ikertengelyeket nem kell a sávok tengelyvonalában elhelyezni, azok kerekeinek tengelyei keresztirányban legfeljebb 0,5 m-re megközelíthetők egymást.

Az általános hatás számítására és a helyi vizsgálatok esetére egy gyakori elhelyezési példát, az ikertengely geometriai méreteit és a kerekek felfekvési felületének méreteit az 1. ábra mutatja $w_1 = 3,0$ m sávszélesség esetén.



1. ábra: Az 1. tehermodell alkalmazása

Alternatív egyszerűsítési lehetőségek az általános hatás számítása során:

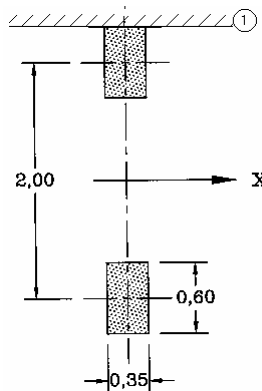
- A 2. és a 3. sz. sávban lévő ikertengely helyettesíthető egyetlen, a 2. sz. sávban elhelyezett ikertengellyel, melynek tengelysúlya: $(\alpha_{Q2}200 + \alpha_{Q3}100)$ kN.

- 10 m-nél nagyobb támaszköz esetén az ikertengelyek mindegyik sávban velük azonos súlyú, egytengelyű járművel helyettesíthetők. Ekkor az egyes sávokon működő tengelysúlyok:
 - $\alpha_{Q1}600$ kN az 1. sávon;
 - $\alpha_{Q2}400$ kN a 2. sávon;
 - $\alpha_{Q3}200$ kN a 3. sávon.

4.3.2. A 2. tehermodell (LM2)

E tehermodell egyetlen $\beta_Q Q_{ak} = \beta_Q 400$ kN tengelysúlyból, vagy ha az mértékadó, akkor egyetlen $\beta_Q 200$ kN nagyságú koncentrált erőből áll a 2. ábra szerinti geometriai méretekkel. A tengelyteher keréksúlyai azonosak. E modell az útpályán bárhol elhelyezkedhet.

A koncentrált kerékterhelés az ábra szerinti érintkezési felületen egyenletesen megoszlónak tekinthető, és a pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvezetékéig terjedően - 45° -osnak tételezhető fel.



2. ábra: A 2. tehermodell

4.3.3. A 3. tehermodell (LM3)

E tehermodellhez tartozó járműmodellek olyan különleges járművek hatásait írják le, melyek a közúti forgalomban csak engedéllyel közlekedhetnek. A különleges járműveket (azok geometriai és súlyadatait) nemzetileg egyedi módon lehet meghatározni, az EC azonban ajánlott járműveket ad meg.

Az EC által ajánlott modellek 150, 200 vagy 240 kN tengelysúlyú, a 3 táblázatban és a 3 ábrán látható tengelyelrendezésű és geometriai méretű járművekből állnak, ahol n a tengelyek számát, e pedig a tengelytávolságot jelenti. Az egyes modellek jelölései a 3 táblázatban dőlt betűvel szerepelnek. A különleges járművek útpályán való elhelyezkedésére vonatkozóan az EC részletes szabályokat ad meg.

3. táblázat: A különleges járművek ajánlott modelljei

Összsúly	150 kN súlyú tengelyek	200 kN súlyú tengelyek	240 kN súlyú tengelyek
600 kN	600/150 $n = 4 \times 150$ $e = 1,50$ m		
900 kN	900/150 $n = 6 \times 150$ $e = 1,50$ m		
1200 kN	1200/150 $n = 8 \times 150$ $e = 1,50$ m	1200/200 $n = 6 \times 200$ $e = 1,50$ m	
1500 kN	1500/150 $n = 10 \times 150$ $e = 1,50$ m	1500/200 $n = 1 \times 100 + 7 \times 200$ $e = 1,50$ m	
1800 kN	1800/150 $n = 12 \times 150$ $e = 1,50$ m	1800/200 $n = 9 \times 200$ $e = 1,50$ m	
2400 kN		2400/200 $n = 12 \times 200$ $e = 1,50$ m 2400/200/200 $n = 6 \times 200 + 6 \times 200$ $e = 5 \times 1,5 + 12 + 5 \times 1,5$ m	2400/240 $n = 10 \times 240$ $e = 1,50$ m
3000 kN		3000/200 $n = 15 \times 200$ $e = 1,50$ m 3000/200/200 $n = 8 \times 200 + 7 \times 200$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$ m	3000/240 $n = 1 \times 120 + 12 \times 240$ $e = 1,50$ m
3600 kN		3600/200 $n = 18 \times 200$ $e = 1,50$ m	3600/240 $n = 15 \times 240$ $e = 1,50$ m 3600/240/240 $n = 8 \times 240 + 7 \times 240$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$ m

A tervezés során azt lehet feltételezni, hogy a különleges járművek vagy kis sebességgel (≤ 5 km/h), vagy szokásos (70 km/h) sebességgel közlekednek. Szokásos sebességgel közlekedőnek feltételezett különleges járművek esetén a különleges járműre a következő dinamikus tényezőt kell figyelembe venni.

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} \geq 1,0$$

ahol L a kedvezőtlen hatást eredményező terhelt hossz [m]-ben.

A különleges járművek fentiek szerint feltételezett sebességétől függően az egyes modellek útpályán való elhelyezkedésére és azoknak a nem különleges járművekkel való egyidejűségére (4.6. pont) vonatkozóan az EC további szabályokat ad meg.

4.3.4. A 4. tehermodell (LM4)

E tehermodell egy $q_{tk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$ intenzitású, egyenletesen megoszló teherből áll. E terhet az útpálya vizsgált hatás szempontjából kedvezőtlen részén kell működtetni.

4.4. Vízszintes tehermodellek

Forgalmi hatásként fékező- és gyorsítási erőket és centrifugális erőket kell figyelembe venni.

A vízszintes tehermodellekben szereplő alábbi mennyiségek karakterisztikus értékeket jelentenek.

4.4.1. Fékező- és gyorsítási erők

Az útpálya szintjében, a híd hossz tengelyének irányában működő Q_{tk} -val jelölt fékező- vagy gyorsítási erő nagysága:

$$\alpha_{Ql} 180 \text{ kN} \leq Q_{tk} = 0,6 (2 \alpha_{Ql} Q_{lk}) + 0,10 \alpha_{ql} q_{lk} w_l L \leq 900 \text{ kN}$$

ahol L a függőleges teherrel terhelt hossz, w_l pedig az 1. sz. sáv szélessége.

E teher bármelyik sáv tengelyében működhet, kis külpontosság esetén azonban az útpálya tengelyében működőnek is feltételezhető. A függőleges teherrel terhelt hosszon vonal mentén egyenletesen megoszlóként veendő figyelembe.

4.4.2. Centrifugális erők

Az útpálya szintjében, az ívben fekvő híd hosszának tetszőleges pontjában, a híd tengelyre merőleges irányban működő, Q_{tk} -val jelölt koncentrált centrifugális erő nagyságát a híd tengely vízszintes r sugarának függvényében a 4. táblázat adja meg.

4. táblázat: A centrifugális erők nagysága

ha $r < 200 \text{ m}$	$Q_{tk} = 0,2 Q_v \text{ [kN]}$
ha $200 \leq r \leq 1500 \text{ m}$	$Q_{tk} = 40 Q_v / r \text{ [kN]}$
ha $r > 1500 \text{ m}$	$Q_{tk} = 0$

ahol Q_v az 1. tehermodell összes ikertengelyeinek súlya, azaz: $Q_v = \sum_{i=1}^{\max 3} \alpha_{Qi} (2 Q_{ik})$.

A híd hossz tengelyével nem párhuzamos irányú fékezés hatását a következő, Q_{trk} -val egyidejűleg működő, Q_{trk} keresztirányú fékezőerővel lehet figyelembe venni. A Q_{trk} keresztirányú fékezőerő legkisebb értékét a következőképpen kell felvenni:

$$Q_{trk} = \begin{cases} 0,25 Q_{lk} & \text{ha } r < 200 \text{ m} \\ 0,25 Q_{lk} \frac{1500 - r \text{ [m]}}{1300} & \text{ha } 200 \text{ m} \leq r < 1500 \text{ m} \\ 0 & \text{ha } r > 1500 \text{ m} \end{cases}$$

4.5. Közúti gyalogjárdák, kiemelt szegélyszalékok és kerékpárutak terhe

A közúti hídon lévő gyalogjárdákat és kerékpárutakat egy $q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$ karakterisztikus értékű, egyenletesen megoszló teherrel (UDL), vagy – ha ez kedvezőtlenebb – egy 0,1 m oldalhosszúságú négyzetfelületen megoszló, $Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$ nagyságú, koncentrált erővel kell terhelni.

A kiemelt szegélyszalékokat e teherrel nem kell terhelni, ha a kocsi pályája felőli szélén vezetőkorlát van, vagy ha a hídon járda van, és azt a kiemelt szegélyszaléktól förtartó vagy korlát választja el.

A megoszló teher a 4.6. pont 5. táblázata szerinti gr1a tehercsoportban (az 1. tehermodellel egyidejűen) figyelembe vett kombinációs értéke:

$$q_{fk}^* = 1,0 \text{ kN/m}^2.$$

A koncentrált teher pályaszerkezeten keresztüli szétterjedése - a szerkezeti lemez középvonaláig terjedően - 45° -osnak tételezhető fel.

4.6. Forgalmi tehercsoportok

A forgalmi tehercsoportokat külön kell definiálni a tartós és az ideiglenes tervezési állapotokban.

4.6.1. Tartós tervezési állapot

A 4.3.-4.5.pontokban ismertetett forgalmi terhek függőleges és vízszintes tehermodelljeit, valamint a gyalogjárdák és kerékpárutak terheit a gr1a, gr1b, gr2, ..., gr5-tel jelölt forgalmi tehercsoportokba kell sorolni az 5. táblázat szerint. (A 2.5. táblázatban az egyes tehercsoportok domináns összetevőit kiemeltük.)

A 2. tehermodell (gr1b) semmilyen más forgalmi teherrel nem szabad egyidejűen feltételezni.

5. táblázat: A forgalmi tehercsoportok összeállítása

		ÚTPÁLYA						GYALOGJÁRDÁK 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 gyor- sítási 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				

4.6.2. Ideiglenes tervezési állapot

Ideiglenes tervezési állapot esetén ugyanazokat a forgalmi tehercsoportokat, változatlan összetételben kell alkalmazni, mint a tartós tervezési állapot esetére a 4.6.1. pontban bemutatott tehercsoportokat, egyetlen kivétellel. A fenti 5. táblázatban tartós tervezési állapotra megadott gr1 tehercsoportban az 1. tehermodell ikertengelyeinek karakterisztikus értékei helyett azok 0,8-szorosát kell figyelembe venni. Minden egyéb reprezentatív érték változatlan.

4.6.3. A tehermodellek reprezentatív értékei

Az egyes tehermodellek reprezentatív értékei a 3.1. pontban szereplő ψ kombinációs tényezők alkalmazásával állíthatók elő. Pl. a gr2 tehercsoportban szereplő 1. tehermodell gyakori értéke az 1. tehermodell összetevőinek (a TS és az UDL tehernek) a 3.1. pont 3.2. táblázata alapján rájuk vonatkozó ψ_1 kombinációs tényezőkkel való szorzása révén állítható elő (az ikertengelyhez és a megoszló teherhez más-más kombinációs tényező tartozik).

4.6.4. A forgalmi tehercsoportok reprezentatív értékei

A fenti 5. táblázat szerint előállított – egymást kölcsönösen kizáró - forgalmi tehercsoportokat a 3.1. és 3.2. pontokban szereplő hatáskombinációkban - a megfelelő reprezentatív értékekkel - egyetlen esetleges teherként kell figyelembe venni. A forgalmi tehercsoportok reprezentatív értékei a következők:

- A forgalmi tehercsoportok karakterisztikus értékei:
Azonosak a fenti 5. táblázatban megadott gri tehercsoportokkal.
- A forgalmi tehercsoportok gyakori értéke:
Azonos az 1. tehermodell gyakori értéke, vagy a 2. tehermodell gyakori értéke, vagy a közúti gyalogjárdák, kerékpárutak gyakori értéke közül a legkedvezőtlenebbikkel.
- A forgalmi tehercsoportok kvázi-állandó értéke:
Általános esetben értéke zérus.

4.7. A hídfők mögötti töltésekre ható terhek

A hídfők és a hídfőkhöz csatlakozó szárnyfalak, támfalak és egyéb, talajjal érintkező szerkezetek méretezésekor a hídfő mögötti útpályán a 4.7.1. pont szerinti függőleges és a 4.7.2. pont szerinti vízszintes terheket kell figyelembe venni.

4.7.1. Függőleges terhek

A hídfők mögötti (a háttöltés feletti) útpályán a 4.3.1. pont szerinti 1. tehermodellt kell figyelembe venni, melynek során az ikertengelyek súlyát egy 3,0 m széles és 2,2 m hosszú téglalap alakú felületen egyenletesen megoszló teherként (q_{eq}) szabad működtetni.

A függőleges erők háttöltésben való szétterjedésének függőlegessel bezárt szögét – erre vonatkozó egyéb előírás hiányában – 30^0 -nak lehet feltételezni.

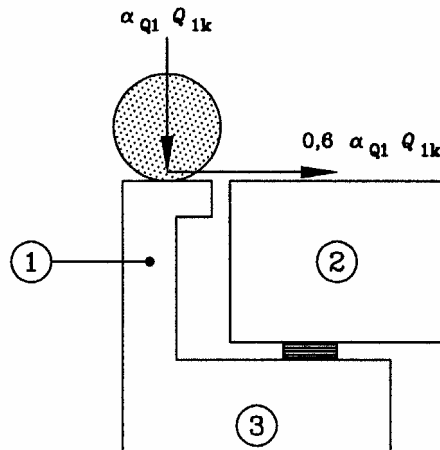
E helyettesítő teher számításba vétele során a híd vagy terheletlen, vagy azon csak az 1. tehermodell szerinti megoszló terhet (UDL) szabad alkalmazni, ha ez utóbbi megoszló teher a vizsgált igénybevételek szempontjából kedvezőtlenebb, mint a terheletlen híd esete.

4.7.2. Vízszintes terhek

A hídfők mögötti (a háttöltés feletti) útpályán vízszintes terhet nem kell figyelembe venni.

A térdfalak méretezése során egy $0,6\alpha_{Q1}Q_{1k}$ karakterisztikus értékű, az 1. tehermodell $\alpha_{Q1}Q_{1k}$ súlyú, függőleges tengelyterhével egyidejűleg működő, hosszirányú vízszintes (fékező)erőt is figyelembe kell venni a 3. ábra szerint.

Ez esetben a hídfő mögötti (háttöltés feletti) útpályán függőleges irányú forgalmi terhet nem kell figyelembe venni.



3. ábra: A térdfalra működő erők

4.8. Rendkívüli hatások

A közúti hidak tervezése során figyelembe veendő rendkívüli hatások származhatnak

- a híd alatt áthataldó járműveknek a híd valamelyik tartószerkezeti elemével való ütközéséből,
- a hídon áthaladó járműveknek a kiemelt szegélyhez, korláthoz, terelőfalhoz vagy a híd tartószerkezetéhez történő ütközéséből,
- a hídon áthaladó járművek kerek(ei)nek a gyalogjárdán vagy kerékpárúton való váratlan megjelenéséből.

A rendkívüli hatásokat csak rendkívüli tervezési helyzetben kell figyelembe venni. A rendkívüli hatásoknak csak tervezési értékük van (ld. a 3.1. pont szerinti, rendkívüli tervezési állapotban figyelembe veendő hatáskombinációt).

4.8.1. A híd alatt áthaladó járművek ütközéséből származó erők

A járművek ütközőerejét figyelembe kell venni, ha az alátámasztások, a keretlábak, továbbá a tartószerkezet végső elemei (pl. portál, végoszlop) helyzetükből kifolyólag vagy a következőkben foglaltak szerint a járművek nekiütközésétől nincsenek védve.

A 3.1. pont szerinti hatáskombinációkban a megtámasztó szerkezeti elemekre működő, jelen 4.8.1. pont szerinti ütközési erőkkel egyidejűleg szereplő forgalmi tehercsoport 4.6.4. pont szerinti gyakori értékét kell figyelembe venni.

A tervezés során a híd alatt elhaladó járműveknek a híd tartószerkezetével történő ütközés figyelembevételekor általában a közúti és vasúti járműveknek a híd megtámasztó szerkezeti elemeivel és a híd felszerkezetével való ütközését kell figyelembe venni. Ezek közül a következőkben a leggyakoribb esetet, a híd alatt elhaladó közúti járműnek a híd megtámasztó elemeivel való ütközését tárgyaljuk, míg a többi esetet a [4] ismerteti.

A közúti hidak hídpilléreinek vagy egyéb megtámasztó szerkezeteinek közúti járművel való ütközésekkel szembeni védelmével kapcsolatban a következőket kell figyelembe venni:

- Ha a szerkezeti elemet a forgalmi sávtól legalább 0,4 m mély árok vagy 3,0 m széles forgalommentes sáv vagy biztonsági vezetőkorlát választja el, akkor elegendő a következőkben megadott ütközőerő 0,5-szeresével számolni.
- Ha a szerkezet helyzeténél fogva vagy külön ebből a célból készített, legalább 0,25 m magas és legalább 0,50 m széles, az erre vonatkozó előírásoknak megfelelő kialakítású biztonsági vezetőkorlattal ellátott kiemelt szegéllyel a közúti járművek ütközésétől védve van, akkor ütközőerővel számolni nem kell.

A közúti járművekkel való ütközésből származó erőket a 6. táblázat szerint kell felvenni, ha az ütköző jármű tervezett haladási iránya és a vizsgált megtámasztó szerkezeti elem tehetetlenségi főtengelye által bezárt szög legfeljebb 10^0 . Ha a bezárt szög nagyobb, mint 10^0 , akkor a ferde hajlításra tekintettel kell lenni. Ez utóbbi esetben a vizsgálat közelítően úgy is elvégezhető, hogy az ütközési erőket a vizsgált megtámasztó szerkezeti elem tehetetlenségi főirányban működtetik, de ekkor mindkét főirányban végzett vizsgálat során a jármű tervezett haladási irányában megadott (nagyobb) ütközési erőt ($F_{d,x}$) kell működtetni.

6. táblázat: A hid alatt áthaladó közúti járművek ütközéséből származó erők

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, parkolóházak (< 20 km/h)	Személygépjármű	50	25
	Tehergépjármű	150	75

a) Az $F_{d,x}$ erőt a jármű tervezett haladási irányában, az $F_{d,y}$ erőt arra merőlegesen kell működtetni.

Az egymásra merőleges irányban működő $F_{d,x}$ és $F_{d,y}$ ütközési erőket nem kell egyidejűnek feltételezni.

Az ütközési erőket tehergépjárművel való ütközés esetén a terepszint felett 1,25 m magasságban, személygépjárművel való ütközés esetén a terepszint felett 0,5 m magasságban kell működtetni.

4.8.2. A hídon áthaladó járművek ütközéséből származó erők

A hídon áthaladó járművek ütközéséből ütközőerők léphetnek fel

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

4.8.2.1. Ütközőerő a jármű-visszatartó rendszer elemein

Az e bekezdésben szereplő ütközési erőkkel egyidejűleg a felszerkezeten más esetleges terhet nem kell figyelembe venni és az ütközési erőket az alátámasztó tartószerkezet szempontjából rendkívüli tehernek kell tekinteni.

Az útpálya mentén elhelyezett korlátokat (terelőfalakat) - azok visszatartási fokozatától függően - meg kell feleltetni a következő 7. táblázatban szereplő korlát-osztályoknak. A 7. táblázat szerinti ütközőerőket keresztirányban 0,5 m hosszú vonal mentén működő vízszin-

tes erőt az adott korlát felső síkja alatt 100 mm-re vagy az útpálya, illetve a gyalogjárda szintje felett 1,0 m-re lévő szintek közül az alacsonyabb szintben kell működtetni.

7. táblázat: Ütközési erők a jármű-visszatartó rendszer elemein

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

A vízszintes irányú ütközési erővel csak akkor kell egyidejűleg függőleges erőt is működtetni, ha ez a vizsgált tartószerkezet szempontjából kedvezőtlenebb hatást eredményez. Ez esetben a függőleges erő mértékét $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$ értékűre kell felvenni.

A korlát (terelőfal) bekötését és az azt megtámasztó tartószerkezetet a bekötés teherbírása 1,25-szörösének megfelelő rendkívüli teherre kell méretezni.

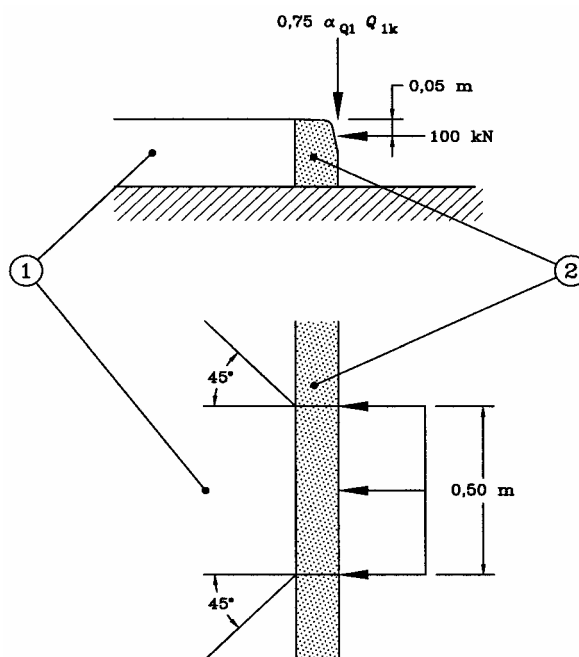
4.8.2.2. Ütközőerő a tartószerkezet elemein

Az e bekezdésben szereplő ütközési erőkkel egyidejűleg más esetleges terhet nem kell figyelembe venni.

Az útpálya szintje felett elhelyezkedő tartószerkezeti elemek hídon áthaladó közúti járművekkel való ütközésével szembeni védelmével kapcsolatban a 4.8.1. pont szerint kell eljárni. A fenti védelem hiányában az ütközési erők nagyságát és támadáspontját szintén a 4.8.1. pont szerint kell felvenni.

4.8.2.3. Ütközőerő a kiemelt szegélyen

A kiemelt szegélynek ütköző jármű hatását egy, a 4. ábra szerinti 100 kN nagyságú erővel kell figyelembe venni.



4. ábra: Járművek ütközése a kiemelt szegélyhez

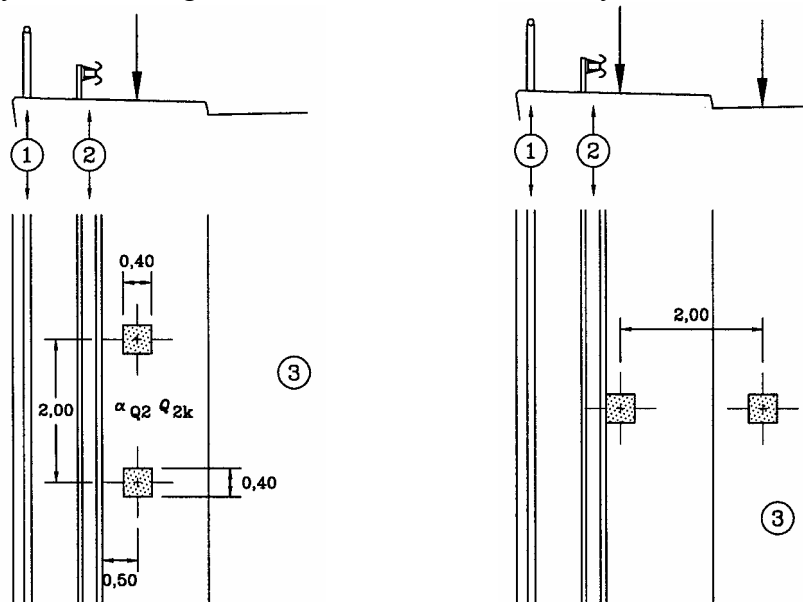
Ezt az erőt általában egy 0,5 m hosszúságú vonal mentén működőnek kell tekinteni, mely a kiemelt szegélyen keresztül adódik át a tartószerkezeti elemekre. Merev szerkezeti elemek esetén a teher szétterjedését általában 45^0 -osnak kell feltételezni.

Ha az kedvezőtlenebb, akkor az ütközési erővel egyidejűleg egy $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$ nagyságú függőleges forgalmi terhet is figyelembe kell venni.

4.8.3. Jármű a gyalogjárda vagy a kerékpárúton

Megfelelő vissztartási fokozatú korlát vagy terelőfal vagy legalább 0,25 m magas kiemelt szegély alkalmazása esetén a korlát vagy a terelőfal mögött a gyalogjárda vagy kerékpárúton jármű megjelenésére nem kell számítani.

A fentiek megléte esetén a gyalogjárda vagy kerékpárút nem védett részén, valamint korlát (terelőfal) hiányában a felszerkezet széléig terjedő zónában egy $\alpha_{Q2}Q_{2k}$ nagyságú tengelyterhet úgy kell elhelyezni és irányítani a felszerkezet nem védett részén az 5. ábra szerint, hogy az a korlát környezetében a legkedvezőtlenebb hatást eredményezze



5. ábra: Közúti hidak gyalogjárdaín és kerékpárútjain figyelembe veendő rendkívüli járműterhek

E teherrel egyidejűleg a hídon más esetleges terhet feltételezni nem kell.

5. A hatáskombinációk összeállítása

Közúti hidak tervezése során a teherbírasi határállapotok erőteni követelményeinek teljesülését a 2.1. pont szerinti összes tervezési állapotban, a használhatósági határállapotok erőteni követelményeinek teljesülését csak tartós és ideiglenes tervezési állapotokban kell igazolni.

A hatáskombinációk képzése során

- tartós és ideiglenes tervezési állapotban a 3.1. pont szerinti állandó, illetve tartós jellegű terhelő erőket és hatásokat, továbbá a 3.2. pontban ismertetett esetleges jellegű terhelőerőket és hatásokat kell figyelembe venni.
- rendkívüli tervezési állapotban a 3.1. pont szerinti állandó, továbbá a 3.2. pont szerinti esetleges és rendkívüli hatásokat is figyelembe kell venni.

- szeizmikus tervezési állapotban a 3.1. pont szerinti állandó, továbbá a 3.2. pont szerinti esetleges és szeizmikus hatásokat kell figyelembe venni.

a valóságban lehetséges legkedvezőtlenebb összeállításban, a forgalmi terhek esetében tekintettel a 4.6. pont szerinti forgalmi tehercsoportokra.

5.1. Teherbírási határállapotok

E vizsgálat során igazolni kell, hogy a figyelembe veendő terhekből és terhelő hatásokból az alábbi módon összeállított hatás oldali jellemző (általában igénybevétel) tervezési értéke (E_d) nem nagyobb, mint a teherbírás tervezési értéke (R_d), azaz:

$$E_d \leq R_d$$

A hatás oldali jellemző (általában igénybevétel) E_d tervezési értékét a [2]-ben szereplő, teherbírási határállapothoz tartozó hatáskombinációk eredményeként kell előállítani.

A fáradás részletes vizsgálatához a 3.1. pontban említett, [4]-ben ismertetett külön tehermodellek állnak rendelkezésre.

A földrengésvizsgálat során figyelembe veendő szeizmikus hatást, a szeizmikus tervezési állapot szerinti követelményeket és a földrengésvizsgálat módját [20] és [21] tartalmazza.

A teherbírási határállapotok (a fáradási határállapot kivételével) erőtan követelményeinek igazolásakor a hatás oldali jellemző (általában igénybevétel) tervezési értékének (E_d) meghatározásához (a [2] szerinti összefüggésekben szereplő $\gamma_{sd} = 1,0$ feltételezésével) hidak esetén a következő hatáskombinációkat kell alkalmazni:

a) Tartós és ideiglenes tervezési állapotban:

- közelítő számítás esetén (alapkombináció)

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

- részletes erőtan számítás esetén:

$$\max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{o1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{oi} Q_{ki} \\ \sum_{j \geq 1} (0,85 \gamma_{Gj, \text{sup}} G_{kj} + \gamma_{Gj, \text{inf}} G_{kj}) + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{oi} Q_{ki} \end{array} \right.$$

b) Rendkívüli tervezési állapotban:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_d + \Psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2i} Q_{ki}$$

c) Szeizmikus tervezési állapotban:

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

ahol:

- 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
- γ_G - az állandó hatás parciális tényezője tartós és ideiglenes tervezési állapotban
- γ_P - a feszítés parciális tényezője tartós és ideiglenes tervezési állapotban
- γ_Q - az esetleges hatás parciális tényezője tartós és ideiglenes tervezési állapotban

Ψ_0, Ψ_1, Ψ_2 - kombinációs tényezők a 9. táblázat szerint.

A parciális tényezők közötti hidakra vonatkozó értékeit a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: 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 ^(*)	kedvezőtlen	γ_{Gsup}	1,35	1,00
	kedvező	γ_{Ginf}	1,00	1,00
Feszítőerő	γ_P	1,00 ^(**)		1,00
Süllyedés	γ_{Gset}	1,00		
Forgalmi hatások	kedvezőtlen	γ_Q	1,35	1,00
	kedvező		0	0
Egyéb esetleges hatások	kedvezőtlen	γ_Q	1,50	1,00
	kedvező		0	0
Rendkívüli hatások	γ_A			1,00

(*) A zsugorodás, mint állandó jellegű terhelő hatás biztonsági tényezője: $\gamma_{sh}=1,0$.

(**) A legtöbb teherbírasi határállapotban a feszítőbetéttel bevitt feszítés kedvező hatású, ezért $\gamma_{P,fav}=1,0$. Stabilitási vizsgálatoknál, ahol a feszítőerő növekedése kedvezőtlen hatású (pl. külső kábeles feszítés) $\gamma_{P,unfav}=1,3$. Lokális vizsgálatoknál $\gamma_{P,unfav}=1,2$ értéket kell alkalmazni.

A Ψ tényezők közötti hidakra vonatkozó értékeit a következő 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat: Kombinációs tényezők a közúti hidak tervezéséhez

Hatás	Jelölés	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
Forgalmi terhek	gr1a (LM1)	Ikertengely (TS)	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_{W*}	1,0	-	-	
Hőmérsékleti hatás	T_k	0,6	0,6	0,5	
Építési teher	Q_c	1,0		1,0	

5.2. Használhatósági határállapotok

A használhatósági határállapotok erőteni követelményeit csak tartós és ideiglenes tervezési állapotban kell igazolni, e vizsgálatokhoz közúti hidak esetén a következő hatáskombinációkat kell alkalmazni:

a) Karakterisztikus kombináció

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} Q_{ki}$$

b) Gyakori kombináció

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki}$$

c) Kvázi-állandó kombináció

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

A ψ tényezők értékei a fenti 9. táblázatban találhatóak.

Összefoglalás

A fenti cikk a közúti hidak tartószerkezeti tervezése során figyelembe veendő terhelő erőkkel és hatásokkal foglalkozik. Ezek közül részletesen ismerteti a közúti járműforgalomból származó hatásokat és az azok alkalmazásával kapcsolatos szabályokat. Tartalmazza továbbá az erőteni követelmények hatás oldali jellemzőinek meghatározásához szükséges hatáskombinációk összeállításának szabályait, az esetleges hatások egyidejűségére vonatkozó előírásokat, valamint a szükséges parciális és kombinációs tényezőket is. A közúti hidakat terhelő, de nem a közúti járműforgalomból származó egyéb esetleges hatásokat a cikk csak összefoglalásszerűen tartalmazza.

Summary

This paper deals with the actions to be taken into account for the structural design of highway bridges. It introduces the traffic loads and the relevant application rules in detail. It also contains the rules for the combination of actions needed to determine the action effects in the design requirements, the specifications for the simultaneity of variable actions as well as the relevant partial and combination factors. The variable actions on highway bridges other than traffic loads are only summarized in this paper.

IRODALOM

- [1] Farkas Gy.: A tartószerkezeti Eurocode-ok, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, LVI. évf., 1. szám
- [2] Farkas Gy. – Lovas A. – Szalai K.: A tartószerkezeti tervezés alapjai az Eurocode szerint, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, LVI. évf., 1. szám
- [3] Huszár Zs. - Lovas A. – Szalai K.: A tartószerkezeti hatások az Eurocode szerint, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, LVI. évf., 2. szám
- [4] Farkas Gy. – Huszár Zs. – Kovács T. – Szalai K.: *Betonszerkezetek Eurocode szerinti tervezése*, TERC, Budapest, 2006 (megjelenés alatt)
- [5] MSZ EN 1990:2005 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai
- [6] MSZ EN 1990:2002/A1:2006 Eurocode: A tartószerkezeti tervezés alapjai
- [7] MSZ EN 1991-1-1:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-1. rész: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei

- [8] MSZ EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás
- [9] MSZ EN 1991-1-5:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-5. rész: Általános hatások. Hőmérsékleti hatások
- [10] MSZ EN 1991-1-6:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-6. rész: Általános hatások. Hatások a megvalósítás során
- [11] MSZ EN 1991-1-7:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 1-7. rész: Általános hatások. Ütközésből és robbanásból származó rendkívüli hatások
- [12] MSZ EN 1991-2:2004 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások. 2. rész: Hidak forgalmi terhei
- [13] Kovács T.: Közúti hidak Eurocode szerinti forgalmi terhei, *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 51. évf., 3. szám, 2001., Budapest, pp. 115-121.
- [14] Kovács T.: Közúti hidak Eurocode szerinti forgalmi terhei, *A 41. Országos Hidmérnöki Konferencián elhangzó előadások tömörítvényei*, Szolnok, 2000. október 11-13. pp. 32-35.
- [15] Szalai K.(főszerk.) – Farkas Gy. – Erdélyi A. – Loykó M. – Koris K. – Kovács T. – Péczely A.: *Vasbetonhid kézikönyv és tervezési segédlet, 2.1 fejezet: Hidak forgalmi terhei és hatásai*, 1999., BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, Budapest, pp. 272-299.
- [16] Farkas Gy. – Kovács T. – Szalai K.: *Hídszabályzatok, Mélyépítő Tükörkép*, 2003. június, Budapest, pp. 32-33.
- [17] Kovács T.: A közúti vasbeton hidak Eurocode szabványai, *Betonévkönyv 2005* (főszerk.: Szalai K.), Magyar Betonszövetség, 2005, pp. 111-146.
- [18] H. Gulvanessian – Farkas, Gy – Kovács, T.: Comparative analysis on using Eurocode and two national codes in concrete bridge design, *Revue française de génie civil*, Vol.5–No.4, 2001, pp. 435-467.
- [19] Szalai K. – Kovács T.: Az MSZ szerinti teherbírási követelmények változása a XX. században, és azok összehasonlítása az Eurocode szerintiekkel, *Vasbetonépítés*, II. évf., 3. szám, 2000., Budapest, pp. 76-82.
- [20] MSZ EN 1998-1:2005 Eurocode 8: Tartószerkezetek földrengésállóságának tervezése. 1. rész: Általános szabályok, szeizmikus hatások és az épületekre vonatkozó szabályok
- [21] MSZ EN 1998-2:2006 Eurocode 8: Tartószerkezetek földrengésállóságának tervezése. 2. rész: Hidak