



Dr. Dulácska Endre

<https://doi.org/10.32969/VB.2022.4.2>

*Ez a cikk eredetileg megjelent a Forum Media Építési Hibák digitális folyóiratban. Szerző kérte azonban annak ismételt megjelentetését a VASBETONÉPÍTÉS folyóiratban, lévén, hogy a Építési Hibák folyóirat megszűnt, és az ott megjelent anyagok hosszútávon elérhetelenné váltak. Szerző kérésnek örömmel teszünk eleget, lévén, hogy Szerző nagyra becsült a VASBETONÉPÍTÉS cikkírói és olvasói körében.*

*Dr. Balázs L. György, főszerkesztő*

## BEVEZETÉS

Az interneten található hídkatasztrófák weblap katasztrófalistája szerint az USA-ban 1885 óta 68 híd omlott össze (Liste von Brückeneinstürzen, Wikipedia). Ugyanakkor ugyanez idő szerint Jakob Feld: Betonszerkezetek hibái könyv az USA-ban mintegy 600 híd összeomlásáról tesz említést.

A jegyzék szerint a nagy-britanniai hídkatasztrófák száma 14, a németországiaké 8. (A háború alatt felrobbantott, vagy lebombázott hidakat a lista nem tartalmazza.) Ugyanakkor a lista csak egyetlen magyar híd leomlását jelzi 1882-ből, mégpedig a Dráva folyó vasúti hídját. Úgy tűnik, (ha igaz a lista) hogy mi szerencsésebbek vagyunk, vagy pedig jobbak a hidásaink. (Én ennek a második lehetőségnek szurkolok.) A fentiek miatt a magyar mérnöktársadalom kevésbé ismeri azokat az okokat, melyek a világ sok országában hídromláshoz vezettek. Úgy gondolom, hogy a mások által elkövetett hibákból tanulni érdemes, és ezért döntöttem úgy, hogy néhány jelentős hídtörést ismertessek. A hibákat, és okaikat zömmel az interneten található anyagok alapján mutatom be, megjegyezve, hogy ott nagyon sok, fényképekkel, vagy videóval bemutatott hídkatasztrófát lehet találni.

## PRATERBRÜCKE, BÉCS, AUSZTRIA

Az 1967 és 1970 között épült Praterbrücke az A23 autópályának kétszer három sávú hídja a Duna 1925,8 kilométerénél, mely Bécs Lipótváros kerületébe vezet be. A híd egyrészt feszített beton szerkezetű, másrészt a szélesebbik Duna-ág felett acélszerkezetű. Az acélszerkezet a mederközépen egy pilonra van támasztva. A híd mai állapotát az 1. ábra mutatja.

Az 1969 novemberében, egy váratlan hideg napon a híd négy főtartója közül kettő a támaszok felett beroppan, és a híd megrogyott. Az első benyomások a hirtelen hőmérsékletváltozásban látták a hídtörés okát.

Természetesen bizottságot állítottak fel a baj okának kiderítésére. A bizottság végleges jelentése szerint a hídtörést több tervezési hiba együttesen okozta.

A főtartó szerkezeti magassága a pilonoknál 12,0 méter volt. A 12 mm vastag gerinclemez egyoldali átlapolással volt toldva, és ez kezdeti hullámosságot és külpontosságot adott. A támasz felett nem alkalmaztak függőleges merevítőt, az ortotrop gerinclemeznek csak vízszintes merevítői voltak. Így végül is a jelentős támaszerő nem volt kellően bevezetve a gerinclemezbe.

Érdekessége az ügynek, hogy a szereplők nem emlékeztek



1. ábra: A Praterbrücke oldalnézete (internet)

arra, hogy a törés délelőtt, vagy délután történt-e. Végül is a Szeizmológiai Intézet mérésadatai döntötték el a kérdést. A hibákat kijavították, és az 1. ábrán látható hidat (késéssel) 1970. december 22-én adták át. Az 1. ábrán jól látható a most már kellő erősségű merevítés a támasz felett.

## REICHSBRÜCKE, BÉCS, AUSZTRIA

A Reichsbrücke az egyik legismertebb híd Bécsben, a 8-as utat vezeti át a Dunán. Ez az egyetlen híd Bécsben, amely a háború során épségben megmaradt. Az eredeti öttámaszú híd 1876-ban épült, majd átépítették, és 1937-ben megnyitották az új hidat, mely 27,0 méter széles, két 30,0 méter magas pilonos acélszerkezetű, 241,0 méter nyílásközű lánchíd volt. Ez volt Európa harmadik legnagyobb lánchídja, melynek a képét a 2. ábra mutatja.

Az 1976 novemberében, egy vasárnapi napon, hajnali 4:43-kor a híd váratlanul, két perc alatt összeomlott (3. ábra).

Az összeomláskor a hídon 4 személyautó és egy autóbusz haladt át, melyek a híddal együtt a folyóba zuhantak. Egy halálos áldozat volt, egy fiatalember. Az összeomlott hidat a 3. ábrán láthatjuk. A hídronc évekig megakadályozta a hajózást.

A katasztrófa okait vizsgáló bizottság szerint az összeomlás oka a balparti pillér betonjában keletkezett károsodás volt, ami építési hiba miatt következhetett be. A pilonsarut alátámasztó acél tartórácsot korrózióvédelmi célokat szolgáló kibetonozással tervezték, azonban a tartórács közeit beton helyett jórészt homokkal töltötték ki, amelyet a



2. ábra: Az 1937-ben átadott Reichsbrücke (Internet)



3. ábra: Az összeomlott Reichsbrücke a folyóban (internet)

pillér gránitburkolata mögé szivárgó víz kimosott és a víz a tartórácsot alátámasztó betont károsította. A sarut alátámasztó betonfalazat leszakadt és a saru eredeti helyéről lecsúszott. A ma is álló új hidat 1980-ban adták át.

## A 9340 SORSZÁMÚ, I-35W MISSISSIPPI HÍD

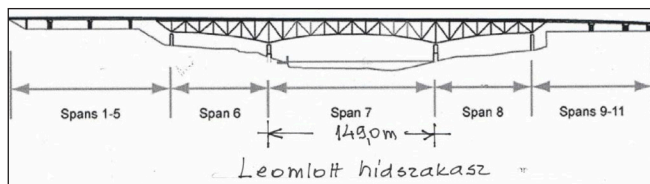
Az USA-ban a Nagy-tavak mellett, Minneapolisban épült az I-35W nevű, soknyílású, rácsos acél szerkezetű híd a Mississippi folyó felett. A híd folyó feletti középső szakaszának nyílásköze 149 méter. A középső három nyílás épült rácsos szerkezettel. A híd oldalnézeti képét a 4. ábra mutatja.

A hidat 1964-ben kezdték építeni, és 1967-ben adták át a napi 140000 járműből álló forgalomnak. Az 581 méter hosszúságú teljes híd középső 7. számú legnagyobb nyílásának támaszköze 149 méter volt, a kétszer négy sávú útpálya pedig 34,5 méter szélességű. A közbenső támaszok karsú betonlábból készültek. Az elkészült híd képe az 5. ábrán látható.

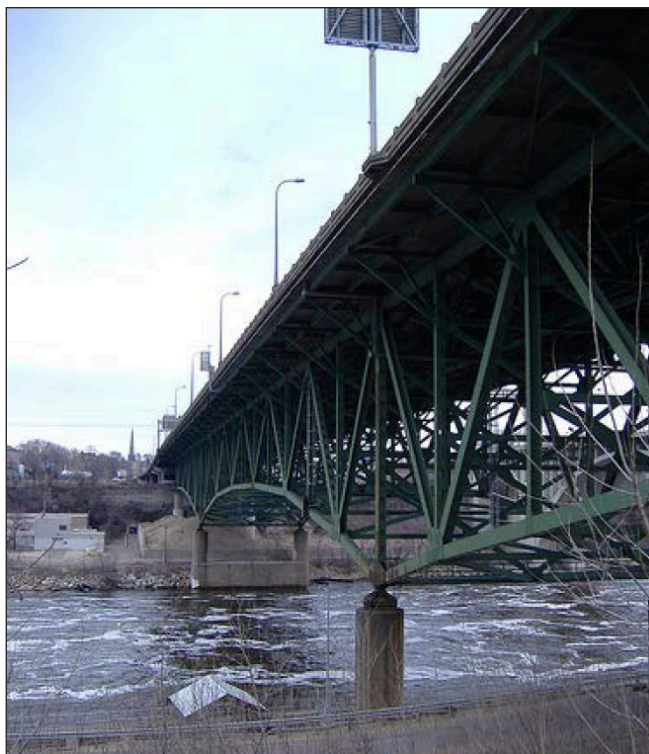
2007. augusztus 1-jén, csütörtökön délután 6:05 órakor, a híd csúcspontján idején leomlott, a középső nyílás 25 métert zuhant a folyóba (6. ábra).

Az omláskor 111 jármű volt a hídon, ezekből 17 a vízbe esett. 13 halálos áldozat mellett 150 volt a sebesültek száma. Az omlás következtében a 6. és 8. két szomszédos nyílás is leszakadt (7. ábra).

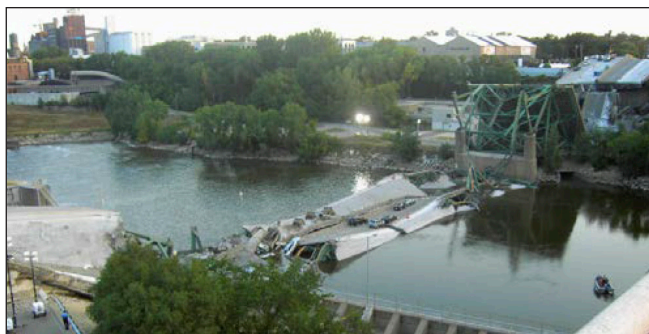
A szövetségi kormány azonnal elindította a vizsgálatot, a rendkívül nagy, az egész országot megrázó katasztrófa okainak kiderítésére. A Vizsgáló Bizottság rendkívül alapos munka után 2008. november 13-án adta le a végleges jelentését. E szerint



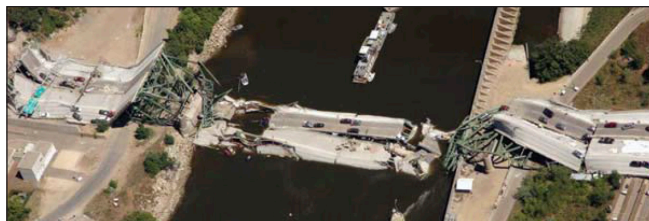
4. ábra: Az I-35W híd oldalnézeti vázlatja.



5. ábra: Az I-35W híd képe (internet)



6. ábra: Az I-35W híd leomlott középső nyílása (internet)



7. ábra: A leszakadt teljes híd képe (internet)

a katasztrófának több oka volt:

- Már 2003-ban észlelték, hogy a rendkívül vékony (13 mm) csomólemezek kihorpadtak. (Utána nem történt semmi érdemi intézkedés.)
- Túl sok csomólemez csatlakozott térbelien egy csomópontba. Komoly hibákat találtak a csomólemezek szerkezeti kialakításában. A számítógépes szimulációk alapján kiderült, hogy a szerkezeti kialakítás következtében sok csomólemezben a húzás meghaladta a folyáshatárt. A vékony és túlterhelt csomólemezekon fáradási repedések léptek fel (8. ábra).



8. ábra: Egy csomólemezt a fáradási repedésekkel (internet)

- Az idők során a nagyon vékony útpályalemezt felbetonozással megvastagították. Ez a statikus terhet 20%-al megnövelte.
- A leszakadás idején hídpálya felújítás volt, a két-két belső sáv le volt zárva, és ott 80 méter hosszon nagy mennyiségű burkolókövet, homokot és nehéz építőgépeket tároltak, éppen azon a szakaszon, ahol a törés bekövetkezett.

Az omlás végül is a hibák egymásra halmozódása miatt történt (*Collapse of I-35W Highway Bridge Minneapolis, 2007*)

## A WEST GATE BRIDGE, MELBOURNE (AUSZTRÁLIA)

A Melbourne városán áthaladó 2x5 sáv, Ausztrália legforgalmasabb autópályájának legfontosabb hídja a 2853,0 méteres West Gate Bridge. A híd acél szekrény keresztmetszetű, melynek a Yarra folyón átívelő 336 méteres nyílasközű, 58,0 m magasan vezetett, 38,0 m széles szakasza két oldalra ferde kábelekkel felfüggesztett, a többi nyílás 100,0 méter körüli. A hidat a 9. ábra mutatja. Ez a sydney-i Harbour Bridge utáni legnagyobb híd Ausztráliában. A híd eredetileg kongott az ürességtől, ezért 1985-ben eltörölték az útdíjat. Ezután a forgalom robbanásszerűen megnőtt, és ma a hídon naponta 200 000 jármű halad át.

Két évvel a hídépítés megindulása után, 1970. október 15-én, 11,50 órakor a 10 és 11 pillérek közötti, mintegy 112 méter hosszú, egy darabban készült, 2000 tonnás szakasz a beemelési munkálatok során leomlott, és 50,0 métert zuhant. A helyzetet a 10. ábra mutatja.

Harmincöt építőipari munkás vesztette életét és 18 megsérült. Ez volt Ausztrália legsúlyosabb ipari balesete. A baleset olyan zajjal járt, hogy még 20 kilométerre is hallották. Az omlás után királyi vizsgálobizottságot hoztak létre, mely nem egészen egy év alatt kivizsgálta a baleseti ügyet, és 1974. július 14-én kiadta a jelentést, mely szerint a balesetben tervezői és kivitelezői hibák is közrejátszottak.

A beemelés során észlelték, hogy az elkészített hídszakasz nem fekszik fel rendesen, a folyómeder felé eső végén az egyik oldali támasznál 11,0 cm hézag maradt. A kivitelezők és a tervezők együttesen úgy gondolták, hogy visszacsavarják a hídelemet. Ezt leterheléssel gondolták megoldani. A magasabban lévő hídvégre 20 db 8,0 tonnás betontömböt hordtak fel. Ennek hatására a híd visszafeküdt a tervezett helyére. A betontömbök lehordása után a hídelem vissza akart kerülni az elcsavarodott helyzetbe, és elnyírta a csavarkötéseket. A visszaugrás egy óriási lökést adott, mely a folyó felé eső, 50,0 méter magas pillért is ellökte, és a 112 méteres hídelem lezuhant. A leomlott hídszakaszt a 11. ábra mutatja be.



9. ábra: A West Gate híd nézete (internet)



10. ábra: A később leszakadt hídrész (internet)



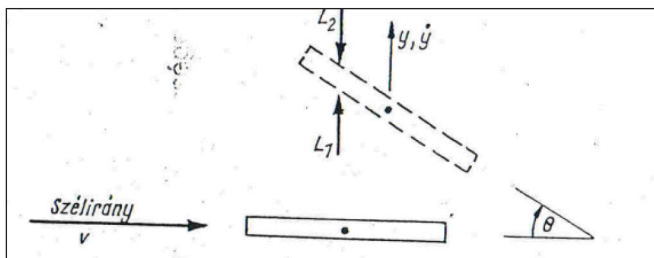
11. ábra: A lezuhant hídszakasz (Internet)

A Monash University, Clayton egyetemen utólag megvizsgálták a csavarok töredékeit, és megállapították, hogy a csavarlekötés túlságosan gyenge volt a lekötéshez, és a visszarugózó erőnek el kellett törnie azokat. A baleset óta minden évben megemlékezést tartanak a balesetben elhunytak emlékére.

## TACOMA NARROW BRIDGE (USA) 1940

A repülőgépszárnyak viselkedésénél vették észre, hogy bizonyos sebesség felett a szárnyak, ill. a légszavart elcsavarodó mozgásokat végez. Ezt a jelenséget nevezik belebegésnek, azaz flutter-nek. Tekintsük át a jelenség lényegét. Vizsgáljunk a széliránnyal párhuzamos bezáró keskeny keresztmetszetet, melynek szögelfordulását csavaró és hajlítási ellenállás gátolja. Bármely kis elfordulásnál, vagy kissé ferde szélnél keresztirányú eltoló erő lép fel.

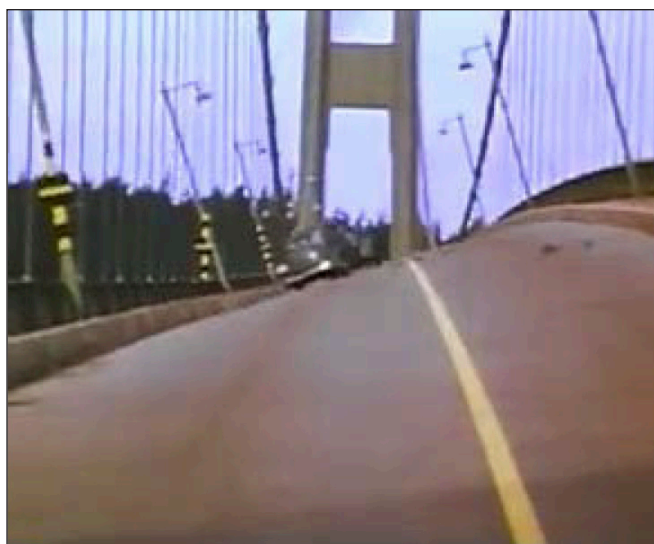
A keresztmetszetet a szélesebb négyzetével arányos  $L_1$  eltoló erő igyekszik eltéríteni. Az ellenálló  $L_2$  rugalmas



12. ábra: Belebegő keskeny négyszög keresztmetszet.



13. ábra: A Tacoma híd hullámzó mozgása (internet)



14. ábra: Autó csúszkál a hullámzó hídon (internet)

és a tehetetlenségi erők viszont a szélsőséggel lineárisan változnak. Ilyen jelenség észlelhető a zászlók lobogásánál is.

Amikor a felhajtóerő, és a fékezőerő munkája egyenlővé válik, a jelenség megfordul, és a négyszögkeresztmetszet elindul ellenkező irányba. Azt a szélsőséget, melynél ez bekövetkezik, kritikus szélsőséggnek nevezzük, mely a négyszög szárnyának profiljától, és a rugalmas ellenállásától függ. Meghatározható az a kritikus szélsőség, melynél a jelenség megindulhat. Huzamosabb szélhatás esetén az ide-oda mozgás erősödik, míg a szerkezet tönkre nem megy. Ennek elkerülésére vezették be a nagysebességű repülőgépeknél a delta szárnyat, és tértek át a légcavaros hajtásról a hőlég sugaras hajtóművekre.

Ez a jelenség a hidaknál is előfordulhat. Ilyen flutter tette tönkre Amerikában az 1940-es évben a Tacoma Narrows hidat, közepes szélsőség mellett.

A híd építése 1938-ban kezdődött, és már kezdettől érezték a híd hullámzó mozgását, ezért az építő munkások elnevezték „Vágtázó Gertie”-nek. Több megoldással kísérleteztek a mozgás megállítására, sikertelenül. 1940. november 7-én a



15. ábra: A híd leszakadása flutter miatt (Internet)

már átadott híd hullámzó mozgása felerősödött (13. ábra).

A híd a világon akkor a harmadik legnagyobb fesztávú függőhíd volt a 850,0 méteres nyílásával. Egy nem túl erős, 64 km/óra szélsőség mellett a híd mozgása kritikussá vált. A 14. ábrán látható, hogy a hullámzó hídon hogy küszködik egy autó. (A vezető időben kiszállt, és elmenekült.) Végül a hullámzó mozgás okozta igénybevételek miatt a hídpálya leszakadt. 10 év után ugyanazon a helyen új hidat építettek.

A tönkremenetelről a 15. ábrán mutatunk be fényképet. (Az interneten nagyon jó filmfelvételek találhatóak a tönkremenetelről, mert a híd egy darabig haldoklott, és ez alatt a fotóriporterek sokasága fotózta.

Az esetből a hídtervezők levonták a következtetéseket, és a hídkatasztrófa óta az ilyen hidakat egyrészt erősebb merevítő tartóval készítik, ill. a függesztő kábeleket rácsostartó-szerűen alkalmazzák (Istanbulban a Boszporusz híd, 16. ábra).



16. ábra: A Boszporusz híd a rácsostartó szerű függesztő kábelekekkel (Internet)