

AZ M0 AUTÓPÁLYA ÉSZAKI DUNA-HÍD VASBETON PILONJAINAK ERŐTANI VIZSGÁLATAI

Farkas György * - *Hegedűs István* ** - *Kovács Tamás* *** - *Völgyi István* ****

RÖVID KIVONAT

Az M0 Autópálya Északi Duna-hídjának független statikai számítása keretében globális és lokális vizsgálatokat végeztünk a híd pilonjainak a hossz- és keresztirányú igénybevételekkel szembeni ellenállásának igazolására, valamint a lokális hatások miatti feszültségelmozdulások meghatározására. A számítások kiterjedtek a szerkezet tartós és ideiglenes (építési) tervezési állapotaiban a teherbírasi és a használhatósági határállapotokra vizsgálatára egyaránt. Ezek közül itt azokat a részfeladatokat emeltük ki, amelyek a szokásos mérnöki gyakorlatban az általánostól eltérő eljárások és megfontolások alkalmazását teszik szükségessé.

1. BEVEZETÉS

E cikkben a ferdekábeles mederhíd vasbeton szerkezeti elemeinek ellenőrzésébe adunk betekintést. A számítások feltételezték a teljes szerkezet erőtani számításából származó igénybevételek értékeinek ismeretét, továbbá az e vizsgálatok során a szerkezet erőtani viselkedésével kapcsolatban szerzett ismereteket. Ezek tekintetében a jelen kiadványban szereplő [1]-ben leírtakra hivatkozunk.

2. A PILONOK SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA

A ferdekábeles híd függőleges síkú, A alakú feszített vasbetonszerkezetű pilonjának hálózati vázlatát az 1. ábrán látható. A pilonszárak zárt szekrénykeresztmetszetűek, mely a befogás szintjén és a pályaszinten ajtónyílásokat tartalmaz a pilonszárba való bejutás és az abban való közlekedés biztosítására. Az acél pályaszerkezetet vízszintes értelemben hosszirányban, továbbá függőleges irányban a pilonszárakból kiálló rövid konzolok támasztják meg. A pilonszárak a magasság felső harmadában egy zárt keresztmetszetű, helyenként technológiai nyílásokkal áttört átkötő folyosóval vannak összekapcsolva.

* okl. építőmérnök, Dr. habil. egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

** okl. mérnök, a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, BME-MTA Mérnöki Szerkezetek Kutatócsoport

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

**** okl. építőmérnök, doktorandusz, BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

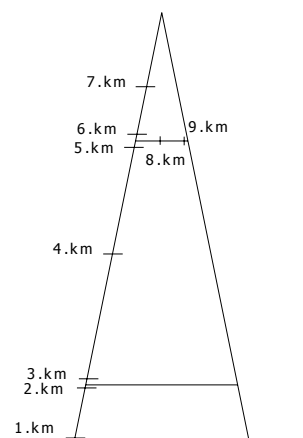
3. AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A pilont építési és tartós (végleges) tervezési állapotokban vizsgáltuk. Az építési állapotok közül a pilon építésének fázisaiban végzett vizsgálatok során nyilvánvalóvá vált, hogy az ezen állapotokban fellépő igénybevételek és az ezek kombinációjából származó összetett igénybevételi állapotok sehol nem válnak mértékadóvá a pályaszerkezet építési állapotaiban vagy a szerkezet végleges állapotában fellépő igénybevételekhez, ill. azok kombinációjához képest. Ezért a továbbiakban építési állapotokon a pályaszerkezet építésének különböző fázisait értjük.

3.1. Vizsgálati helyek

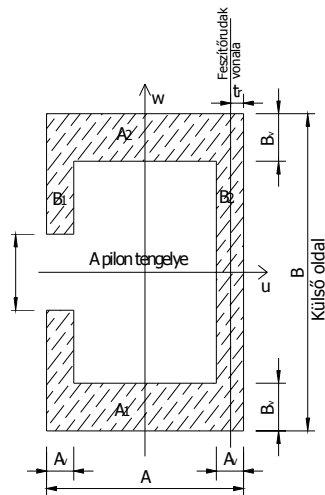
A vizsgálatok előtt kiválasztottuk a pilon azon keresztmetszeteit, melyekben az egyes igénybevételek maximumhelyei várhatóak, vagy amelyekben a fellépő egyidejű igénybevételek kombinációja kritikus lehet. Így a pilonszáron (a pályaszerkezet) építési állapotában

- az ajtónyílással gyengített befogási keresztmetszetet (2. ábra) és
- a rövid konzol alatti keresztmetszetet vizsgáltuk.



1. ábra: Vizsgált keresztmetszetek

Végleges tervezési állapotban a pilon jellemző szerkezeti elemeit vizsgáltuk. Az erőtanai ellenőrzéseket a pilonszár 7, az igénybevételi burkolóábrák lokális maximumhelyei alapján kiválasztott keresztmetszetében, továbbá a merevítőtartó alátámasztását adó vasbeton konzoloknál és a pilonszárakat összekötő folyosó két keresztmetszetében végeztük el. A végleges tervezési állapotban kijelölt vizsgálati helyek az 1. ábrán láthatók. A 8. és a 9. keresztmetszet az átkötő folyosó keresztmetszeteit jelentik. Ebben a szerkezeti elemben kismértékű nyomóerő lép fel, így e helyeken repedéstágassági vizsgálatokat is végeztünk.



2. ábra: A nyílással gyengített szekrénykeresztmetszet

3.2. Globális vizsgálat - az igénybevételek meghatározása a teljes szerkezeten

A pilon igénybevételeit és alakváltozásait rúdmodell alapján (Rúd1 modell [1]) végrehajtott elsőrendű számítással, lineárisan rugalmas anyagmodell alkalmazásával számítottuk. A számításhoz felhasznált szoftver alkalmas volt a teljes szerkezet építésének az időben való végigkövetésére, melynek segítségével figyelembe vettük az egyes szerkezeti elemek összeépítésének a sorrendjét és az időbeli ütemezését, továbbá vizsgálni tudtuk az alkalmazott anyagok időtől függő tulajdonságainak a hatását is.

A globális vizsgálatok során a pilonban lévő áttörésekről feltételeztük, hogy azok jelenléte az áttörések figyelmen kívül hagyásával meghatározott igénybevételek eloszlását és intenzitását az áttörések környezetén kívül nem, vagy csak elhanyagolható mértékben módosítja, emiatt a globális vizsgálat során a pilonban lévő áttöréseket figyelmen kívül hagytuk. Az áttörések környezetét ezt követően a 2.2. szakasz szerinti lokális vizsgálatot vizsgáltuk, mely kiterjedt annak ellenőrzésére is, hogy az áttörések miatti lokális igénybevétel-, (ill. feszültség) koncentráció valóban nincs számottevő hatással a szerkezet globális viselkedésére.

3.2.1. Az építési állapot vizsgálata A pilon a híd építéséhez alkalmazott ideiglenes jármok működésének kezdetéig a híd tengelyirányában (hosszirány) függőleges konzolként viselkedik, ezt követően a merevítőtartó-konzol két oldalán szimmetrikusan elhelyezett jármok az elkészült szerkezet részét stabilizálják. Emiatt az építési állapotok közül a jármok működését közvetlen megelőző építési fázis a mértékadó.

3.2.2. Végleges állapot A merevítőtartó zárását követően a szerkezetre felhordott terhekre és terhelő hatásokra a szerkezet globális vizsgálatát továbbra is rúdmodell (Rúd1 modell [1]) alapján, de megváltozott statikai váz alkalmazásával (folytatólagos többtámaszú merevítőtartó) végeztük. A beton és a feszítőbetétek időtől függő tulajdonságai miatt létrejövő igénybevétel-átrendeződést figyelembe vettük. A hasznos teher összes – szabvány által előírt és fizikailag lehetséges – előfordulási lehetőségét

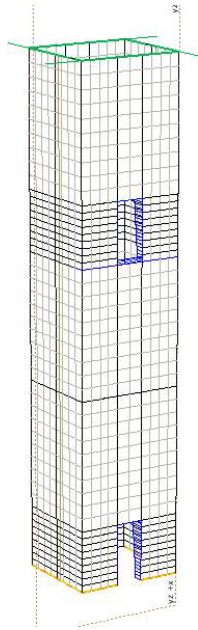
megvizsgáltuk. A végleges állapot vizsgálatának eredményeként a pilonszárak normálérő-, kereszt- és hosszirányú hajlítónyomatéki- és csavarónyomatéki burkoló ábrái [1]-ben találhatóak meg.

Tekintettel arra, hogy a globális erőjáték vizsgálatára alkalmazott rúdmodell (Rúd1 modell [1]) a merevítőtartó pilonhoz történő csatlakozásánál lévő lokális zóna erőjátékának vizsgálatához nem volt megfelelő részletességű, ezért a csatlakozás környezetét egy ennél részletesebb rúdmodell (Rúd2 modell [1]) alapján vizsgáltuk.

3.3. Lokális vizsgálatok

A pilonszárak ajtónyílás miatti nagy méretű áttöréseket tartalmazó, összetett igénybevételi állapotban lévő szakaszainak erőjátékát erre a célra készített, rugalmas viselkedést feltételező végeselemes modellel vizsgáltuk (3. ábra). A modell egy megfelelő hosszúságú, középen ajtónyílást tartalmazó, függőleges tengelyűnek feltételezett pilonszár-darabot tartalmaz, a nyílás körüli peremezéssel együtt. A modell elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy a kialakuló feszültségek igen érzékenyek a nyílás körül kialakított borda modellezésének a módjára. Ezért a peremeket - a szoftver által kínált modellezési lehetőségek közül - a valós szerkezet erőjátékát véleményünk szerint leghűbben közelítő, héjelemekhez külpontosan kapcsolt bordaelemekkel modelleztük. A 3. ábrán látható modell alsó végén a falak síkjába eső eltolódás lehetőségét meggátoló mozgáskényszert, a felső végén nyírófolyam formájában működő tiszta csavarónyomatékot működtettünk.

E modellel a igénybevételből származó feszültségek nyílás körüli halmozódásának kvalitatív elemzését végeztük el, majd ez alapján eljárást dolgoztunk ki a pilonszár nyílás körüli, összetett igénybevétellel terhelt szakaszainak a teherbírás vizsgálatokor alkalmazott szabványos méretezési összefüggések jelen esetben alkalmazható pontosítására. A számítás eredményeit elemezve a mérnöki szemlélettel összhangban lévő eredményre jutottunk. Az áttörés okozta feszültségkoncentráció az áttörés viszonylag kis környezetére terjed ki. Ott azonban radikálisan nő a feszültségek értéke. Az ilyen jellegű, lokális határból származó feszültségkoncentrációkra rendszerint az jellemző, hogy a beton repedése miatt lokálisan lecsökkenő merevség és ezáltal az alakváltozások megnövekedése következtében a feszültségcsúcsok gyorsan leépülnek. Ezért a vasalás meghatározásakor a feszültségábra alatti terület változatlanóságát szem előtt tartva egy alkalmas feszültségredukciót alkalmaztunk és az így számítható erők alapján határoztuk meg a nyílás körüli szükséges bordaméretet és az elhelyezendő kiegészítő vasalást. Ez az eljárás lehetővé tette, hogy a nyomott-hajlított keresztmetszet vizsgálatokor jó közelítéssel figyelembe tudjuk venni a jelentős, és a nyílás miatt még nagyobb hatást okozó csavarónyomaték felvételéhez szükséges hosszvasalás-többletet az axiális igénybevételek felvételéhez egyébként szükséges hosszvasalás mennyiségen felül.



3. ábra: A pilonszár ajtónyílásokkal gyengített szakaszának lokális végeelem-modellje

Hasonló elvek szerint készített végeelemes modellt alkalmaztunk az átkötő folyosó felül nyílással áttört szerkezetének vizsgálatához is.

A pálya pilonra való feltámaszkodásának helyén lévő, összetett igénybevétellel terhelt vasbeton konzolokat az összetett igénybevételi állapotra vonatkozó általános, szabványos eljárások elvei alapján, a [2] szerinti rövid konzol analógia szerint vizsgáltuk.

4. AZ ELLENŐRZÉS MENETE

4.1. A pilon teherbírás-vizsgálata

4.1.1. A vizsgálat menete A figyelembe vett terhek és terhelő hatások eredményeként a pilon keresztmetszetei összetett feszültségi állapotban vannak. A vizsgált keresztmetszetek (2.1. szakasz) teherbírási határállapotát az [3] szerint vizsgáltuk. A pilonszár megfelelő keresztmetszeteiben figyelembe vettük az ajtónyílás miatti falgyengítés hatását.

Azokban az esetekben, ahol az [3] szerinti szabványos eljárások a szerkezet kialakítása vagy az igénybevételi állapot összetett volta miatt nem voltak teljes körűen alkalmazhatók, vagy ahol a szokásosnál részletesebb, szabványokban nem részletezett vizsgálatra volt szükség, ott az Eurocode [4] ajánlásai szerint jártunk el. A továbbiakban csak ezekkel foglalkozunk.

4.1.2. *Ellenőrzés axiális igénybevételekre* Az axiális igénybevételekkel szembeni teherbírási vizsgálat során a vizsgált keresztmetszeteket egyszeresen szimmetrikus keresztmetszetként kezeltük. A ferde külponthoz nyomás általános vizsgálatát (nem kétszeres szimmetriasíkkal rendelkező keresztmetszetek esetén az általános elhelyezkedésű semleges tengely helyzetének az egyensúlyi feltételek alapján történő keresésén alapuló eljárást) két irányban (a szimmetriasíokban és arra merőlegesen) elvégzett síkbeli hajlítási vizsgálatra, majd azoknak az alábbi összefüggés szerinti együttes figyelembevételére vezettük vissza. A [3] szerinti Dunkerley típusú, lineáris összegző formula helyett az interakcióban szereplő tagok 1,0-nál nagyobb kitevőjével vettük figyelembe a teherbírási felület és annak sík lapokkal határolt közelítő felülete közti különbségnek megfelelő teherbírási tartalékot. A szóban forgó kitevőket az Eurocode [4] szerint vettük fel a keresztmetszet normálerőre való kihasználtságának függvényében az alábbiak szerint:

$$\left(\frac{M_u(N)}{M_{uH}(N)} \right)^a + \left(\frac{M_w(N)}{M_{wH}(N)} \right)^a \leq 1,0 \quad (1)$$

ahol:

$$\begin{array}{ll} a = 1,0 & \text{ha } N/N_{H0} = 0,1, \\ a = 1,5 & \text{ha } N/N_{H0} = 0,7, \end{array}$$

továbbá N a működő normálerő nagysága, N_{H0} a keresztmetszet teherbírási középpontjában működő normálerővel szembeni elvi központos nyomási teherbírása (a teherbírási vonal felső csúcspontjához tartozó normálerő-érték). Az a fenti értékei között lineáris interpolációt alkalmaztunk.

A keresztmetszetek hajlítási teherbírásának vizsgálata során a tapadásos feszítőrudakban lévő hatásos feszítőerőn felüli, a keresztmetszet tönkremenetelhez tartozó alakváltozásakor mobilizálódó erőnövekményt is figyelembe vettük.

A vizsgálat során a keresztmetszetek teherbírási vonalait 36 ponttal határoztuk meg. A külső normálerőt a keresztmetszet geometriai középpontjában működőnek tételeztük fel. A keresztmetszet szimmetriasíkra merőleges síkban történő hajlítása során a semleges tengelyt minden esetben a szimmetriasíkkal párhuzamosra vettük fel. Az ilyen irányú semleges tengely esetén a szimmetriasíkra merőleges síkban kialakuló egyensúlyi helyzethez (a keresztmetszet és a vasalás egyszeres szimmetriája miatt) a belső erőkből minden esetben számítható egy szimmetriasíkba eső hajlítónyomaték is. Ebből a nyomatékból meghatározható külponthoz tartozó értékével a szimmetriasíokban mindig a megfelelő irányban változtattuk a működő normálerő kezdeti külponthoz tartozó értékét, majd a szimmetriasíokban számított teherbírási vonal pontjait ez alapján számítottuk.

A pilonszár kezdeti görbeségével kapcsolatos külponthoz tartozó növekményt az építés során előírányzott minőségellenőrzési követelményekkel összhangban vettük fel. Ez az [5] szerinti szabványos eljárásban előírt értéknél lényegesen kisebb külponthoz tartozó növekmény figyelembevételét eredményezte, ugyanakkor feltételezte az ilyen nagy jelentőségű szerkezetek építésénél már elviselhető mértékű költséget okozó minőségellenőrzés meglétét. Az egyéb külponthoz tartozó növekményeket az [3] szerint

számítottuk (másodrendű hatás). A pilonszárak vizsgált szakaszainak kihajlási hosszait [5] szerint vettük fel. A vizsgált keresztmetszet kétirányú síkbeli hajlítási vizsgálata során a két irányban figyelembe vett külpontosság-növekmények egyidejűségét az [6] szerint vettük figyelembe.

4.1.3. *Ellenőrzés tangenciális igénybevételekre* A vizsgált keresztmetszeteket tangenciális igénybevételekre a szimmetriasíkban és az arra merőleges síkban, a nyírás és a csavarás interakciójára vonatkozó alábbi összefüggéssel ellenőriztük:

$$\left(\frac{T_{Mx}}{T_{Hfx}(N)}\right)^2 + \left(\frac{T_{My}}{T_{Hfy}(N)}\right)^2 + \left(\frac{M_{tM}}{M_{thf}(N)}\right)^2 \leq 1,0 \quad (2)$$

A csavarónyomatéki teherbírás alsó és felső korlátjait először zárt keresztmetszetekre vonatkozó összefüggésekkel, az áttörések figyelmen kívül hagyásával határoztuk meg, majd azokat az ajtónyílás okozta falgyengítés hatását figyelembe vevő, 1,0-nál kisebb értékű csökkentő tényezőkkel szoroztuk meg. A csökkentő tényezőket végeeselemes modellezés eredményei alapján határoztuk meg oly módon, hogy a falgyengítéstől távol eső, általános szakaszokon kialakuló nyomó főfeszültségek értékét elosztottuk hogy a falgyengítés környezetében koncentrálódó főfeszültségeknek egy megfelelő szélességű szakaszon átlagolt értékével.

A csavarónyomaték felvételéhez szükséges

- hosszvasalást figyelmen kívül hagytuk az axiális igénybevételekre történő vizsgálat során,
- kengyelezést figyelmen kívül hagytuk a nyírási teherbírás vizsgálat során.

4.2. A rövid konzol teherbírásának ellenőrzése

A pálya pilonra való feltámaszkodásának helyén lévő vasbeton konzolokat egyidejű vízszintes és függőleges erővel, illetve csavarónyomatékkal terhelt rövid konzolként vizsgáltuk, a rövid konzolokra vonatkozó [2] szerinti erőjáték alapján, az [3] és a [6] szabványok előírásainak és elveinek megfelelően. A 3.1.3. szakasz szerinti összegző formulának az adott helyzetre történő alkalmazásával vizsgáltuk az elem megfelelőségét a nyomott betonzónák teherbírása szempontjából. A csavarásból származó húzóerők felvételéhez szükséges hosszvasalás figyelmen kívül hagyásával ellenőriztük a rövid konzol erőjáték kialakulásához szükséges, megfelelően lehorgonyzott hosszvasalás, illetve elosztó vasalás meglétét. A szerkezet sajátossága, hogy a pályaszerkezetről a vasbeton konzolokra egyidejűleg igen nagy reakció adódik át függőleges és a híd hossz tengelyének irányában is. Ez indokolta az egyes hatásokból a nekik megfelelő statikai vázon meghatározható kihasználtságok alkalmas összegzését a nyomott betonelemekre vonatkozóan. A vasalás mennyiségének ellenőrzésekor meghatároztuk az egyes hatások alapján szükséges acélbetétek mennyiségét és helyét, majd ezek összegét vettük figyelembe a szerkezeti elemekben a funkciójuknak megfelelő pozícióban.

5. A SZERKEZET KIHASZNÁLTSÁGA, ÉRTÉKELÉS

A vizsgált keresztmetszetek kihasználtságát mind építési, mind végleges állapotban meghatároztuk. Kihhasználtságok általában véve az adott keresztmetszetben fellépő igénybevétel és a keresztmetszet adott igénybevétellel szembeni teherbírásának a hányadosát értettük.

Az ideiglenes jármok működésének kezdetéig a pilon befogási keresztmetszetében fellépő normálerő mértéke nem haladja meg a nagy külpontosságú nyomás tartományának felső határát, így a pilonszárak hajlítási teherbírása a normálerő növekedésével növekszik. Az elvégzett vizsgálatok alapján összességében megállapítható volt, hogy az alkalmazott építési módszer és az építési állapotban figyelembe vett terhek hatására a pilonban a pályaszerkezet építési állapotai során keletkező igénybevételek (és azok kombinációja által létrehozott összetett igénybevételi állapotok)

- minden esetben alatta maradnak a vonatkozó teherbírási értékeknek, és
- minden esetben kisebbek, mint a szerkezet a végleges állapotában fellépő vonatkozó igénybevételek.

Végleges állapotban a vizsgált keresztmetszetek kihasználtságának számszerű értékei alapján megállapítható, hogy a pilon alsó szakasza jól kihasznál, de a szükséges erőtani követelményeknek megfelelő állapotban van. A kihasználtság mértéke a pilonszárakon felfelé haladva némileg csökken, a vizsgált keresztmetszetekben kapott legalacsonyabb érték 0,72 (a 0,0-1,0 skálán mérve) volt.

A kihasználtság ilyen mértéke alapos és átgondolt tervezői munkára utal.

6. A RENDKÍVÜLI TERVEZÉSI ÁLLAPOT VIZSGÁLATA

A tartós és ideiglenes tervezési állapotokon kívül megvizsgáltuk a pilon szerkezeti elemeit rendkívüli tervezési állapotban is. A rendkívüli terhet a földrengésből származó hatás, valamint a fix saruk tönkremenetele miatti statikai váz megváltozása jelentette. A földrengési teherrel egyidejűen figyelembe veendő esetleges teherként [8] szerint a hasznos teher üzemi értékét működtettük. Az igénybevételeket az Eurocode 8 [7] (EC 8) szerint végrehajtott válaszspektrum-módszerrel határoztuk meg. A szerkezeti ellenállás értékeit a vonatkozó MSZ előírások [3] alapján számítottuk.

A biztonsági szint tekintetében EC 8 és az MSZ másképpen jár el. Az MSZ a rendkívüli tervezési állapothoz tartozó teherkombináció összeállításakor igénybevétel-oldali biztonsági tényezőket alkalmaz, míg az ellenállás-oldalon a határfeszültségeknél magasabb értékeket vesz figyelembe. Az EC 8 szerint a rendkívüli teherkombinációt igénybevétel-oldali biztonsági tényezők nélkül kell összeállítani. Annak érdekében, hogy a két szabvány előírásainak vegyes alkalmazás miatt a biztonsági szint ne csökkenjen, ezért az ellenállás-oldali mennyiségek MSZ szerinti meghatározásakor a határfeszültségeket vettük figyelembe.

A földrengésszámítás során két fázist különböztettünk meg. Az első fázisban a szerkezet statikai váza megegyezik a tartós tervezési állapotban figyelembe vett statikai

vázal. A földrengésből azonban olyan mértékű igénybevételek keletkeznek, melyeknek a pályaszerkezetet a pilonoknál alátámasztó saruk nem tudnak ellenállni. Ezért a második fázisban figyelembe vett statikai váz esetében feltételeztük, hogy a pilonoknál lévő, eredetileg fix saruk hosszirányú erőt felvevő szerkezeti eleme egy bizonyos mértékű hosszirányú erő fellépése esetén tönkremegy, továbbá hogy ugyanebben a pillanatban a saruhoz csatlakozó szerkezeti elemek (pályaszerkezet, pilon vasbeton konzoljai) teherbírása fennállnak. Ezt az erőt – összhangban az alkalmazott saruk műszaki paramétereivel - 5000 kN-ra vettük fel.

A saru feltételezett tönkremenetelének pillanatában az egyes szerkezeti elemeken fellépő igénybevételeket úgy határoztuk meg, hogy megkerestük a földrengési hatás (talajgyorsulás) azon intenzitását, melynek figyelembevételével a földrengési terhet tartalmazó rendkívüli teherkombinációból számított, fix sarukon fellépő vízszintes reakció értéke 5000 kN. A földrengési hatás fenti „csökkentése” során a függőleges és a vízszintes talajgyorsulások EC 8 [7] által ajánlott arányán, valamint az egyidejűleg működőnek tekintett függőleges és vízszintes földrengési hatás-összetevők EC 8 szerinti arányán nem változtattunk. Megjegyezzük, hogy feltételezhetően a biztonság javára történő közelítés lett volna, ha a fenti eljárásban csak a híd hosszirányába eső talajgyorsulás, ill. földrengési hatás-összetevő mértékét csökkentjük a megadott vízszintes erőnek (5000 kN) megfelelően.

A vizsgálat első fázisában azt ellenőriztük, hogy az 5000 kN értékű vízszintes sarureakció fellépte előtt a pilon egyik szerkezeti elemében sem keletkezik nagyobb igénybevétel, mint amelyet a szerkezet végleges állapotában (tartós tervezési állapot) végzett teherbírasi vizsgálatok esetén számítottunk. Ez a pilon mindegyik szerkezeti elemére (minden vizsgált keresztmetszetben) teljesült.

A vizsgálat második fázisában a fix saruk hosszirányú vízszintes erőt felvevő elemének tönkremenetele utáni állapotot vizsgáltuk az ennek megfelelően megváltoztatott statikai vázon az EC 8 szerinti teljes földrengési teherből és a rendkívüli állapotban vele egyidejűen figyelembe veendő terhekből számított igénybevételekre. Mivel e statikai váz szerint a teljes szerkezet egy pilonokra felfüggesztett hintához hasonlóan (teljes felfüggesztésű ferdekábeles híd) viselkedik, melyben a pilonokat hosszirányú vízszintes erő nem terheli. Emiatt a pilon igénybevételei minden vizsgált keresztmetszetben – egyesekben jelentősen – elmaradtak az eredeti szerkezet végleges állapotában végzett teherbírasi vizsgálatok során számított igénybevételektől (ld. 5. szakasz). Ez igaz a pályaszerkezet alátámasztó vasbeton konzolra is, melyek esetén a hosszirányú kapcsolati erő megszűnésével radikálisan csökken a konzolt (és ezáltal a pilont) terhelő igénybevételek nagysága.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az M0 Autópálya Északi Duna-híd pilonjainak független erőtanai vizsgálatai során a vizsgált keresztmetszetekben fellépő igénybevételeket általában a globális erőjáték vizsgálatára készített rúdmodell alapján számítottuk. A pályaszerkezetet

alátámasztó vasbeton konzolokat egy, az előbbihez képest lokálisan pontosított rúdmodell alkalmazásával vizsgáltuk.

A fentiek szerint végzett ellenőrző számítások alapján megállapítható, hogy a pilon szerkezeti elemei tartós és ideiglenes tervezési állapotokban a vonatkozó erőtani követelményeket kielégítik. A pilonszárak teherbírásra jól kihasználtak, a kihasználtság mértéke 0,72 és 0,99 között van.

Rendkívüli tervezési állapotban a földrengés figyelembevételével végrehajtott számítás alapján megállapítható, hogy a saru hosszirányú vízszintes erőt felvevő szerkezeti elemének tönkremenetele miatt megváltozó statikai váz következtében átrendeződő igénybevételekre a pilon teherbírása megfelelő. E rendkívüli állapotban végzett teherbírasi vizsgálat nem mértékadó a végleges (tartós tervezési) állapotban végzett teherbírasi vizsgálatokhoz képest.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Dunai L. - Hunyadi M. - Honfi D. - Vigh L. G.: Az M0 Autópálya Északi Duna-híd statikai modellezése és az igénybevételek számítása, *BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményei*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, (2005).
- [2] NAD MSZ ENV 1992-1-1: Eurocode 2: *Betonszerkezetek tervezése, 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok*, Nemzeti Alkalmazási Dokumentum, 2002.
- [3] ÚT 2-3.414 Közúti hidak tervezési előírásai IV. *Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése*, Útügyi Műszaki Előírás, 2002.
- [4] prEN 1992-1-1: Eurocode 2: *Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*; Final Draft, December 2003.
- [5] Medved G. - Goschy B.: *Ferdekébeles hidak*, KTI, Budapest, 1990
- [6] MSZ 15022/1:1989: *Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése, Vasbetonszerkezetek*
- [7] prEN 1998-1: Eurocode 8 *Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*; Final Draft, December 2003.
- [8] ÚT 2-3.401 Közúti hidak tervezési előírásai I. *Közúti hidak erőtani számítása*, Útügyi Műszaki Előírás, 2002.