

Dr. GYENGŐ TIBOR, a műszaki tudományok doktora

## VASBETONTARTÓK NYÍRÁSI VASALÁSÁNAK SZÁMÍTÁSA A TÖRÉSI HATÁRÁLLAPOT ALAPJÁN

### I. Bevezetés

Vasbetonszerkezetek méretezésében hazánkban 1951-től kezdve fokozatosan áttértünk a törési határállapotra alapított méretezési eljárásra. Ugyanakkor hajlított tartók nyírási vasalásának számításánál megtartottuk a régi elvet. A nyírási vasalás számításában annyi változás történt, hogy a megengedett feszültség helyébe a mértékadó igénybevételnek megfelelően a határfeszültség került. A nyírási vasalás számításánál a régi módszer megtartása nem azért történt, mintha azt helyesnek tartanánk, hanem azért, mert jobb nem állott rendelkezésre.

A régi elmélet helytelensége köztudomású. Rossz az egyidejűleg hajlított és nyírt vasbetontartók elmélete, mert a nyírási és hajlítási igénybevételt egymástól függetlenül külön kezeli, és a nyírási vasalást egyedül a nyíró igénybevételből határozza meg. Figyelmen kívül hagyja a törést okozó hatást, a hajlítónyomatékot és a törés bekövetkezésének módját. Helytelen az a felfogása, hogy a nyíróerőt egyedül a nyírási vasalás veszi fel, és a betont teljesen figyelmen kívül hagyja. Csak a semleges tengelyben fellépő vízszintes csúsztató erőről beszél, pedig a tartó törési állapotában — a töréssel szembeni biztonság szempontjából — az nem lényeges. Ugyanis a tartóban a repedések következtében a belső erőknek olyan nagy átrendeződése következik be, hogy a repedezetlen állapot feszültségállapotáról a repedezett tartóéra következtetni sem lehet.

Az irodalomban fellelhető több, laboratóriumi és építményeken végrehajtott terhelési kísérlet egyöntetűen megállapítja, hogy a régi elmélet a tartókat nyírásra általában túlméretezte.

Az utóbbi években az irodalomban egyre több próbálkozással lehet találkozni a nyírásra történő méretezés helyes alapokra fektetésére. Ezeknek többsége a nyírási törés okozójának a hajlítónyomatékot tekinti, mások más utakon haladnak. Általában mind megegyeznek abban, hogy az a felfogás, hogy a nyíróerőket egyedül a nyírási vasalás veszi fel, tagadhatatlanul túlhaladott.

Az irodalomban ez ideig található méretezési javaslatok egyike sem teljesen elméleti alapon megoldott, azok mind több-kevesebb kísérleti empirián alapszanak. Ugyanis hajlított szerkezet nyírási törésénél sok olyan tör-

ténik, amit még nem ismerünk, és elméletileg nem sikerült megoldanunk. A vasbetontartóban az igénybevétel növekedésével keletkező repedések véletlenszerűsége, a belső erőknek a repedezettség következtében beálló átrendeződése és a merevségi viszonyok megváltozása ez idő szerint nem is teszük lehetővé egy teljesen elméleti alapon álló pontosabb eljárás kidolgozását.

Egy gyakorlati méretezési eljárásnak egyszerűnek, könnyen kezelhetőnek kell lennie. Ez már önmagában maga után vonja azt, hogy annak többkevesebb közelítő feltevésen és kísérleti tapasztalaton kell alapulnia. Különösen áll ez a nyírási vasalás méretezésére, mert részletes kísérletek azt látszanak igazolni, hogy egy tartó nyírási teherbíróképesége nagyon sok egymástól független változó függvénye. A tartó nyírási teherbíróképesége ugyanis függ a beton szilárdságától, a külső erők helyzetétől, a tartómagasság és a nyírt szakasz hosszának viszonyától, a húzott fővasbetétek mennyiségétől, a nyírási vasalás mennyiségétől, a nyírási vasalás kiosztásától, a tartó keresztmetszetének alakjától.

Méretezéseknél általában helyes a szerkezetet végig kísérni az összes stádiumokon, melyeken törésig keresztülmennek. A nyírásra való méretezésnél ennek megfelelően két állapotot kell megkülönböztetni és figyelembe venni: 1. az első nyírási repedés keletkezése előtti állapotot, 2. a törési határállapotot (a nyírási határigénybevételt).

## II. Az első nyírási repedés keletkezése előtti állapot

A vasbeton építőgyakorlatban nyírási repedések a vasbetonszerkezetekben nem engedhetők meg, ezért a tartókat arra is méretezni kell, hogy azon ilyen repedések üzemi teher alatt ne keletkezzenek. Egy vasbetontartón az első nyírási repedés akkor keletkezik, amikor a ferde húzófeszültség eléri, ill. meghaladja a beton húzószilárdságát. A méretezésnek erre az állapotra tehát úgy kell történnie, hogy a ferde húzófeszültségek a repedezetlen tartón bizonyos határérték alatt maradjanak. Ebből a szempontból helyes a szabályzatoknak az az előírása, hogy vasbetontartókban hajlításból származó ferde beton húzófeszültségre — még akkor is, ha a húzóerőt kengyelek, ill. felgömbbítések felveszik — határfeszültséget ad meg. Ennél nagyobbban a rugalmasságtan elvei szerint számítva, a mértékadó teherből keletkeznie nem szabad. Tehát a törési határállapot jellemzőire alapított méretezési eljárásnál is meg kell vizsgálni a tartókat a rugalmassági elmélet alapján a nyírási repedések elkerülésének biztosítására, hasonlóképpen, mintahogy pl. vasbeton víztartályok esetében, ahol kívánalom a repedésmentesség, a méretezést a teherbíróképeség ellenőrzésén kívül el kell végezni a repedésmentességre a rugalmasságtan elvei szerint is.

## III. A törési határállapot (a nyírási határigénybevétel)

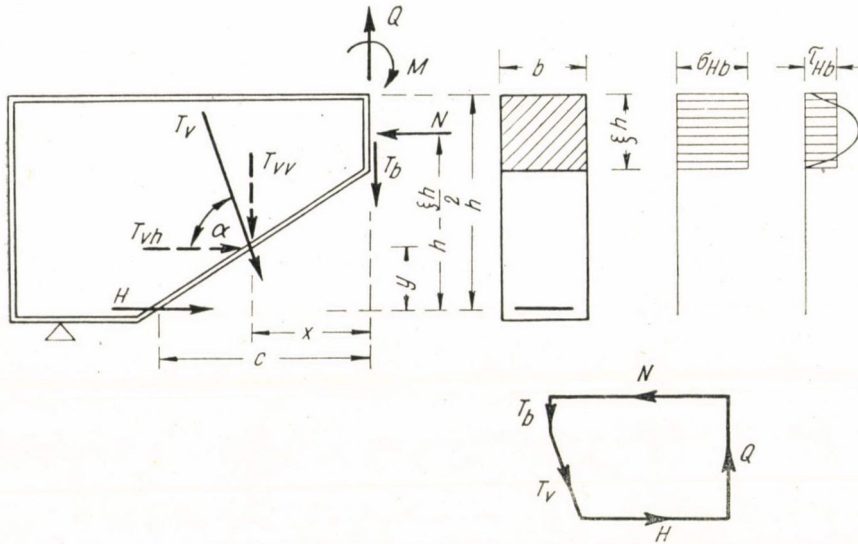
A tartót a repedésmentes állapotra való méretezésen kívül méretezni kell a nyírási töréssel szembeni biztonságra a törési elmélet elvei szerint. Kísérleti tapasztalatok alapján — és ezt a véleményt vallja ezzel a kérdéssel foglalkozó kutatók többsége — megállapítható, hogy egy egyidejűleg hajlított és nyírt tartó nyírási törése jellegében nagyon hasonlít egy olyan hajlítási



töréshez, amelyet a nyomott öv teherbírásának kimerülése idéz elő. A különbség csak az, hogy a törés egy ferde metszet mentén történik és a nyomott öv magassága a hajlítási töréshez viszonyítva kisebb.

Tekintettel arra, hogy a nyírási törés egy az összetett igénybevétel hatása alatt bekövetkező úgynevezett *nyíró-hajlító törés* a ferde repedés mentén, a teherbírás ellenőrzése a ferde metszet határteherbírásának meghatározásával történhetik.

A gyakorlati számítás menete tehát az, hogy meghatározzuk a ferde-metszet határigénybevételét és ezt vetjük össze a ferde metszetre ható mér-



1. ábra

tékadó igénybevétellel. Ehhez a számításhoz rendelkezésre áll a három statikai egyensúlyi összefüggés.

Egy nyíró-hajlító törést szenvedő hajlított vasbetontartónak a törés keresztmetszetével a tartó többi részétől elválasztott, a keresztmetszettel balra eső szakaszát önálló testnek képezve, erre a következő egyensúlyban levő erőrendszer hat (1. ábra). Működik a ferde metszetre a külső terhekből származó ( $Q$ ) nyíróerő és az ( $M$ ) hajlító nyomaték. Ezt egyensúlyozzák mint belső erők a beton által felvett  $N$  nyomóerő és  $T_b$  nyíróerő, a húzott fővasbetétek által képviselt  $H$  húzóerő és a nyírási vasalás által felvett  $T_v$  húzóerő.

A számításhoz a beton és vasbetét közötti jó tapadást feltételezve, a következő kiindulási feltételeket fogadjuk el:

1. A betonban a nyomófeszültség végig egyenlő és annak nagysága a határállapotban a beton  $\sigma_{Hb}$  határfeszültségével egyenlő. E feltevés egyezik az érvényben levő magyar méretezési szabványnak hajlított keresztmetszetek méretezésére elfogadott feltevésével.

2. Nyírást a betonnak csak az a része vesz fel, amelyik nyomást, tehát a tartó nyomott öve. A nyírófeszültségek megoszlási ábráját, amely a való-

ságban görbe határolású, a számítás egyszerűsítése céljából négyszögre kiegyenlítettnek tekintjük, és az átlagos feszültség nagysága a határállapotban  $\tau_{Hb}$ . Ennek értéke kísérletekből állapítandó meg.

3. A beton húzást nem vesz fel.

4. A húzott fővasbetétek nyírást nem vesznek fel.

5. A nyírási és húzott vasbetétekben a határállapotban a  $\sigma_{Hv}$  határfeszültség lép fel.

Ezek után a méretezés alapját képező három összefüggés a következőképpen írható fel:

$$M = N \left( h - \frac{\xi h}{2} \right) + T_{vv} x - T_{vh} y, \quad (1)$$

$$Q = T_b + T_{vv}, \quad (2)$$

$$H = N - T_{vh}. \quad (3)$$

E három összefüggés segítségével kéttámaszú, állandó keresztmetszetű, derékszögű négyszög, ill. T tartókra a számítás felgörbítések vagy kengyelek, ill. azok együttes alkalmazása esetén a következőképpen alakul.

### 1. Derékszögű négyszögkeresztmetszetű tartók

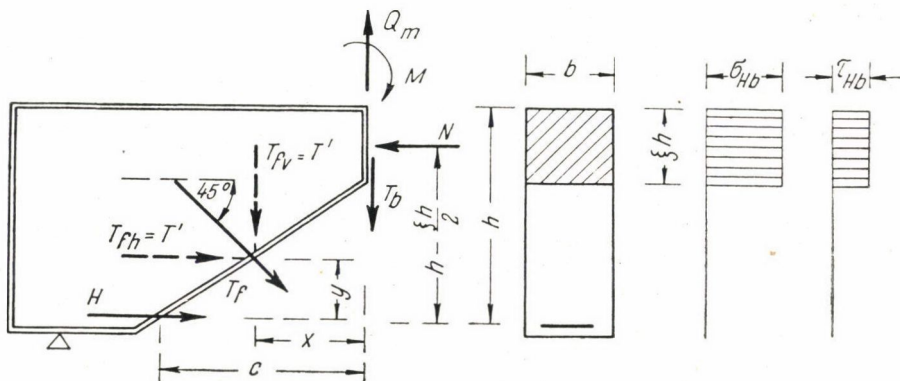
#### a) 45°-os felgörbítések esetén

A ferde metszetre hat  $Q_m$  mértékadó nyíróerő és  $M_m$  mértékadó hajlítónyomaték. Ebben az esetben (2. ábra) az (1) és (2) összefüggés a következő alakban írható fel:

$$M_m = b \xi h \sigma_{Hb} \left( h - \frac{\xi h}{2} \right) + T'(x - y). \quad (1a)$$

$$Q_m = b \xi h \tau_{Hb} + T',$$

mert 45°-os felgörbítés esetén  $T_{fv} = T_{fh} = \frac{T_f}{\sqrt{2}} = T'$ . (2a)



2. ábra



A 2a összefüggésből  $\xi$ -t kifejezve, és 1a-ba helyettesítve,

$$M_m = \frac{b h \sigma_{Hb}(Q_m - T')}{b h \tau_{Hb}} \left[ h - \frac{(Q_m - T') h}{2 b h \tau_{Hb}} \right] + T'(x - y).$$

Ha bevezetjük a  $\frac{\sigma_{Hb}}{\tau_{Hb}} = \nu$  és  $\mu = \frac{\nu}{2 b \tau_{Hb}}$  jelölést, lesz

$$M_m = -\mu T'^2 + [2 \mu Q_m - \nu h + (x - y)] T' + \nu h Q_m - \mu Q_m^2.$$

Innen

$$\mu T'^2 - [2 \mu Q_m - \nu h + (x - y)] T' - (\nu h Q_m - \mu Q_m^2 - M_m) = 0.$$

E vegyes másodfokú egyenlet két gyöke közül jelenleg a pozitív gyöknek van értelme, vagyis

$$T' = \frac{2 \mu Q_m - \nu h + (x - y) + \sqrt{[2 \mu Q_m - \nu h + (x - y)]^2 + 4 \mu (\nu h Q_m - \mu Q_m^2 - M_m)}}{2 \mu}.$$

Behelyettesítve a  $T' = \frac{T_f}{\sqrt{2}}$  értéket, és a gyökjel alatti műveleteket elvégezve

a repedés hosszán felgömbített vasakkal felveendő húzóerőre a következő képletet kapjuk:

$$T_f = \frac{2 \mu Q_m - \nu h + (x - y) + \sqrt{\nu^2 h^2 - 4 \mu M_m + 4 \mu Q_m(x - y) - 2 \nu h(x - y) + (x - y)^2}}{1,41 \mu}. \quad (4)$$

A számítás egyszerűsítése céljából a repedés vízszintes hosszát a keresztmetszet dolgozó magasságával vesszük egyenlőnek. E felvétel szerint a repedéseknek a tartó tengelyével bezárt hajlásszöge — tekintettel a nyomott öv kis magasságára — valamivel kisebb  $45^\circ$ -nál, az  $40-42^\circ$  körül van. A repedésnek e felvett hajlásszöge számos kísérleti tapasztalat szerint jól megközelíti a valóságot. A nyírási repedések  $35-40^\circ$ -os hajlásszöggel szoktak kialakulni. Egyes olyan, koncentrált erőkkel terhelt tartóknál, amelyeknél a nyírt szakasz a tartó magasságához képest viszonylag nagyon hosszú, szokott csak előfordulni, hogy a nyírási repedés ennél laposabb. De a repedésnek meredekebb felvétele ilyen esetekre is a biztonságot szolgálja, mert rövidebb szakaszon elhelyezett vasbetéttel kell a mértékadó igénybevételt felvenni, ami a teljes nyírt szakasz erősebb vasalását vonja maga után.

A számítás további egyszerűsítése érdekében feltesszük, hogy a repedés szakaszán a felgömbített vasbetétek által képviselt  $T_f$  húzóerő eredője a repedés közepén hat. Ez a szerkesztési szabályoknak megfelelően, kellő sűrűséggel kiosztott vasbetétek esetében megengedhető. Ez esetben

$$x = y = \frac{h}{2}.$$

Ezeknek az egyszerűsítéseknek bevezetésével a repedés hosszán — vagyis a tartó dolgozó magasságának megfelelő hosszon — felgömbítéssel felveendő húzóerő nagyságára a

$$T_f = \frac{2 \mu Q_m - \nu h + \sqrt{\nu^2 h^2 - 4 \mu M_m}}{1,41 \mu} \quad (5)$$

képletet, a felgömbített vasbetétek keresztmetszeti területére pedig a

$$F_f = \frac{T_f}{\sigma_{Hv}} \quad (6)$$

képletet kapjuk, ahol  $\sigma_{Hv}$  az alkalmazott acél határfeszültsége.

A ferde repedés húzott végénél szükséges húzott fővasbetét ( $F_{vf}$ ) mennyiséget az így meghatározott  $T_f$ , ill.  $F_f$ , továbbá a (3) és (2) összefüggések segítségével tudjuk kiszámítani.  $T_f$  ismeretében ismerjük annak függőleges és vízszintes vetületét

$$T_{fv} = T_{fh} = \frac{T_f}{\sqrt{2}}$$

$T_{fv}$  értékét (2) összefüggésbe helyettesítve, abból számítható

$$\xi = \frac{Q_m - T_{fv}}{b h \tau_{Hb}}, \quad (7)$$

$\xi$  ismeretében pedig felírva a (3) összefüggés alapján az erők vízszintes vetületének egyensúlyát kifejező összefüggést,

$$H = b \xi h \sigma_{Hb} - T_{fh} \quad (8)$$

és

$$F_{vf} = \frac{H}{\sigma_{Hv}}. \quad (9)$$

Feltehető, hogy  $F_{vf}$  kiszámításánál esetleg helyesebb volna csökkentett  $\sigma_{Hv}$ -vel számolni, mert a tartók nyírási teherbírásának vizsgálatára és a nyírási vasalás helyes elrendezésének megállapítására végzett egyes külföldi kísérletek tanúsága szerint nyíró-hajlító törést szenvedő tartóknál töréskor a hosszirányú húzott fővasbetétek általában nem érik el a folyási feszültséget. Ez a kísérleti megállapítás véleményem szerint azonban nem vonja maga után azt a végkövetkeztetést, hogy egy erőtanilag helyesen vasalt vasbetontartóban nyíró-hajlító törésnél a hosszvasbetétek nem folynak, mert az összes említett kísérletek hajlításra túl voltak méretezve azért, hogy a törés ne hajlítás miatt következzen be, és ezt a maximális hajlítónyomatéokra is erősen túl méretezett vasbetétmennyiséget végig vitték a támaszpontig. Vagyis a törési keresztmetszetek hajlításra erősen túlvasaltak voltak. Másik oka annak, hogy a kísérletekben nem észlelték a hosszvasbetétek folyását, az is lehet, hogy több esetben a hosszvasbetétek törés előtt megcsúsztak, ami azokban feszültségviszsaesést jelentett. Feltehető tehát, és nagyon valószínű, hogy helyes méretezés mellett nyíró-hajlító törés esetében is a hosszvasbetétekben a feszültség eléri a folyási határt, ha a feltételezett kellő tapadás megvan, mert a ferde repedések töréskor a hosszvasbetétek magasságában olyan mértékben megnyílnak, hogy a vasbetétnek folyási állapotban kell lennie. Néhány kísérlet végzése azonban e kérdés igazolására helyes volna. A javasolt számítás, ha nem is veszi közvetlenül figyelembe a húzott fővasbetétek mennyiségének — bár másodrendű — hatását a nyírási teherbírásra, de megadja annak legalább szükséges mennyiségét.

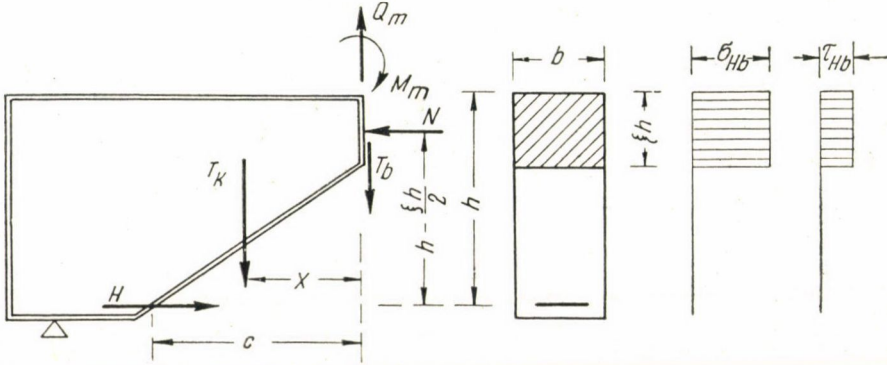


b) *Kengyelek esetén*

Ha a nyírási vasalást kengyelekből akarjuk kialakítani, az (1) és (2) összefüggés a következő alakot veszi fel (3. ábra):

$$M_m = b \xi h \sigma_{Hb} \left( h - \frac{\xi h}{2} \right) + T_k x \quad (1b)$$

$$Q_m = b \xi h \tau_{Hb} + T_k. \quad (2b)$$



3. ábra

Itt  $T_k$  a kengyelek által felvett húzóerő.

Ebből az előbbivel azonos módon a végképlet a következő lesz:

$$T_k = \frac{2 \mu Q_m - v h + x + \sqrt{v^2 h^2 - 4 \mu M_m + 4 \mu Q_m x - 2 v h x + x^2}}{2 \mu}. \quad (10)$$

A repedés hosszának vízszintes vetületét mint felgörbítések esetében a keresztmetszet dolgozó magasságával egyenlőnek véve, és azon belül a kengyelek képviselte húzóerő eredőjét a repedés közepén hatónak véve, ami gyakorlatilag,

mint a felgörbítések esetében megengedhető, vagyis  $x = \frac{h}{2}$ , a képlet

végleges alakja a következő lesz

$$T_k = \frac{2 \mu Q_m - (v - 0,5) h + \sqrt{(v^2 - v + 0,25) h^2 - 4 \mu M_m + 2 \mu Q_m h}}{2 \mu} \quad (11)$$

és a repedés hosszán szükséges kengyelek keresztmetszeti területe

$$F_k = \frac{T_k}{\sigma_{Hv}}. \quad (12)$$

Az 5 és 11 méretezési képletekbe természetesen a  $Q_m$  és  $M_m$  igénybevételeknek előjel nélküli értéke helyettesítendő.

E számítás szerint azonos körülmények között kengyelből kevesebb szükséges, mint  $45^\circ$ -os felgörbítésből. Ez első pillanatra szokatlannak látszik, mert a rugalmasságtan elvein alapuló eddig alkalmazott számítási eljárás szerint kengyelekből kellett  $\sqrt{2}$ -szer annyit alkalmazni, mint  $45^\circ$ -os felgörbítésekből.

Ha a kérdést közelebbről vizsgáljuk meg, a különbség a rugalmas és képlékeny számítási eljárás között természetes és logikus.

Ugyanis a rugalmasságtan elvein alapuló számítás szerint a nyírási vasbetétek a repedezetlen tartó feszültségállapotának megfelelően a tartóban fellépő ferde húzást, a betonrészek pedig a ferde nyomást tartoznak felvenni. A vasbetét annál hatékonyabb lesz, iránya minél jobban egybeesik az erő irányával. Más az erőtani helyzet a ferde repedéssel a keresztmetszet nagy részében kettévágott tartón, amelyet a törési határállapotra alapított számítás vesz alapul. Ekkor a repedezetlen tartó ismert trajektóriái nincsenek és a megváltozott erőjátéknak megfelelően, mint olyan rácsostartó működik, amelynek nyomott öve a nyomott betonöv, húzott öve a húzott fővasbetét és a rácsrudak a repedésen keresztülhaladó nyírási vasbetétek, amelyek a tartóra ható nyíróerőt tartoznak részben felvenni.

A kétfajta acélszükséglet közötti különbség azonban ez esetben nem  $\sqrt{2}$ -szeres, ami az erőiránytól való szögeltérésnek megfelelően, hanem kisebb. Ez azért van, mert  $45^\circ$ -os felgörbítések esetében a beton nyomott öve számítás szerint nagyobb —  $\xi$  nagyobb értékű —, mint kengyeleknél, tehát a nyíróerőből többet hord és kevesebb marad a felgörbítésekre.

A külföldi szakirodalomban található, a törési állapot jellemzőire alapított méretezési eljárások mind megegyeznek abban, hogy felgörbített vasbetétekből több kell ugyanakkora nyíró-hajlító igénybevétel felvételére, mint tengelyre merőleges kengyelből. Ezek közül több azt a megállapítást is teszi, hogy nincs lényeges különbség a felgörbített vasbetétekkel és a kengyelekkel ellátott tartók nyírási teherbírása között.

A húzott fővasbetétek számítása kengyelek esetében teljesen azonosan történik, mint felgörbítések esetében, csak a  $H$  erő értéke nagyobb, mert a kengyelek képviselte erőknek nincs tengelyirányú komponense. Tehát ez esetben

$$H = N.$$

## 2.† Az egész nyírt szakasz vasalásának számítása

Az előző fejezetben foglaltak szerint a ferde repedés hosszán alkalmazandó nyírási vasalás mennyiségéből a teljes nyírt szakasz vasalása a következő módon határozható meg.

### a) Koncentrált erőkkel terhelt tartók

Kísérleti tény, hogy koncentrált erőkkel terhelt tartók esetében a törést okozó ferde repedés mindig a koncentrált erő támadáspontjából indul ki (4a ábra).

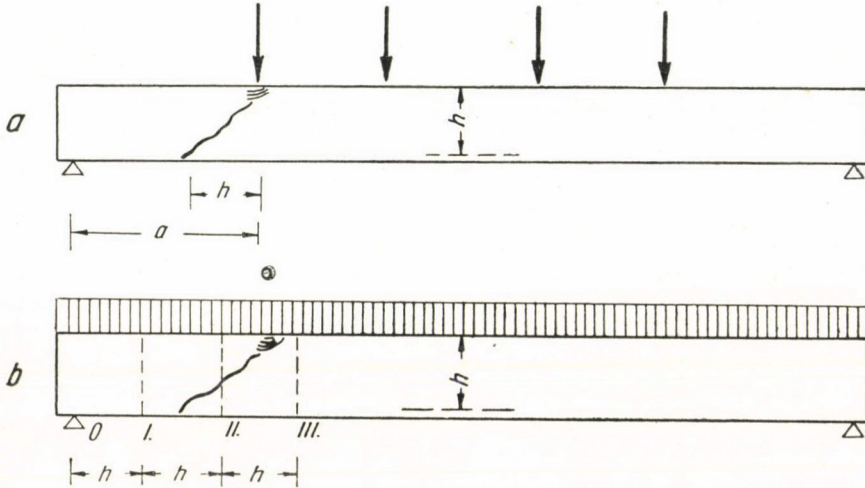
Ennek megfelelően a nyírt szakasz vasalásának meghatározása úgy történik, hogy fentiek szerint kiszámítjuk a koncentrált erőből mint



nyomott végből kiinduló ferde repedésnek megfelelő  $h$  tartóhosszra a szükséges ( $F$ ) nyírási vasalást, és ugyanezt a vasalási mértéket alkalmazzuk az egész nyírt szakaszon, amelyen a nyíróerő ugyanakkora. Az egész  $a$  hosszúságú nyírt szakasz nyírási vasalásának mennyisége lesz tehát

$$F_a = \frac{a}{h} F. \quad (13)$$

Több koncentrált erővel terhelt olyan tartóknál, amelyeknél több erő közötti szakaszon kell nyírási vasalást alkalmazni, minden szakaszt külön-külön



4. ábra

méretezünk a szakasznak azon a végén ható koncentrált erőtől, mint nyomott végtől kiinduló ferde repedés hosszára, amelynél a hajlító nyomaték nagyobb.

#### b) Megoszló és mozgó erőkkel terhelt tartók

Ilyen esetekben a mértékadó nyíróerő nem állandó egy-egy szakaszon, és a mértékadó nyíróerőt adó teherállások előidézte hajlító nyomatékok ábrájának nincsenek töréspontjai. Ennek megfelelően a nyírási törés helye nem előre determinált és ismert, és kísérleti eredmények sem állnak rendelkezésre ennek tisztázására. Ezért tehát a nyírási vasalással ellátandó tartóhossz vasalásának meghatározására csak elméleti következtetések alapján lehet javaslatot tenni és más eljárást kell követnünk, mint koncentrált erők esetében.

Ezekben az esetekben a tartót a támaszponttól kiindulóan  $h$  hosszúságú szakaszokra osztjuk (4b ábra) és a méretezést az I. keresztmetszetre kezdjük, mint olyanra, amelyik a legszélső olyan keresztmetszet lehet, ahonnan a törést okozó repedés kiindulhat. Az így kapott vasalási mennyiséggel vasaljuk a támaszponttól az I. keresztmetszetig terjedő szakaszt. Tekintettel azonban arra, hogy a repedés kiindulásának helye nem meghatározott, helyes a 0—I

szakaszra adódó maximális vasalási mértéket bizonyos hosszon az I. keresztmetszeten túl is alkalmazni.

Egyszerűsíti a dolgot, és leghelyesebb, ha a túlnyúlási hossz  $h$  hosszúságú, vagyis a 0—I szakaszra adódó vasalást alkalmazzuk az I—II szakaszon is. Ezután méretezünk a II keresztmetszetenél kiinduló repedéshosszra, vagyis az I—II szakaszra, és ezt a vasbetétmennyiséget alkalmazzuk a II—III szakaszon és így tovább. A számítás egyszerűsítése céljából, olyan esetekben, amikor a nyíróerők változása nem nagymértékű, lehet a méretezést csak minden második keresztmetszetre elvégezni. Tehát méretezünk az I. keresztmetszetre, és ezt a vasalást alkalmazzuk a III. keresztmetszetig, majd a III. keresztmetszetre és ezt alkalmazzuk a III. keresztmetszeten túl addig, ameddig szükséges.

Véleményünk szerint a méretezésnek ez a módja túlméretezést fog eredményezni. Mindaddig azonban, amíg kísérleti adatok nem állnak rendelkezésre, annak csökkentése nem javasolható.

### c) Egyidejűleg megoszló és koncentrált erőkkel terhelt tartók

Megoszló és koncentrált erőkkel egyidejűleg terhelt tartók nyíró-hajlító teherbírására és viselkedésére kísérletek még szintén nem állnak rendelkezésre. Ilyen tartók — kísérleti eredmények hiányában is — a mértékadó eredő és a hozzátartozó nyomatéki ábra természetének megfelelően úgy méretezendők, mint megoszló erőkkel terhelt tartók. A nyomatéki ábra töréspontjaihoz — a koncentrált erők támadáspontjaihoz — tartozó keresztmetszetekből kiinduló ferderepedések metszetei erőtanilag azonban minden esetben megvizsgálандók.

### 3. 45°-os felgömbítések és kengyelek együttes alkalmazása esetén

A magyar vasbetongyakorlat szerint a nyírási vasalást elsősorban 45°-os felgömbített vasakkal kell kielégíteni, és ha ilyen nem áll kellő mennyiségben rendelkezésre, azt a szükséges mennyiségben kengyelekkel pótoljuk. Ezt az elvet alkalmazni tudjuk a törési elmélet alapján végzett méretezésnél is. A számítást tehát felgömbítések esetére végezzük el és meghatározzuk az  $F_f$ , ill.  $T_f$  mennyiségeket. Amennyiben csak ennél kisebb  $F_{f1}$ , ill.  $T_{f1} = F_{f1} \sigma_{Hv}$  áll rendelkezésre, a különbséget kengyellel pótoljuk oly módon, hogy a hiányzó

$$\Delta T = T_f - T_{f1}$$

erőnek megfelelő mennyiségű kengyelt alkalmazunk. Tekintettel arra, hogy  $\Delta T$  a 45°-os hajlásnak megfelelő erőkomponenst jelenti, kengyelt jó közelítéssel  $\frac{\Delta T}{\sqrt{2}}$  nagyságú erőnek megfelelően kell alkalmazni.

### 4. T-keresztmetszetű tartók

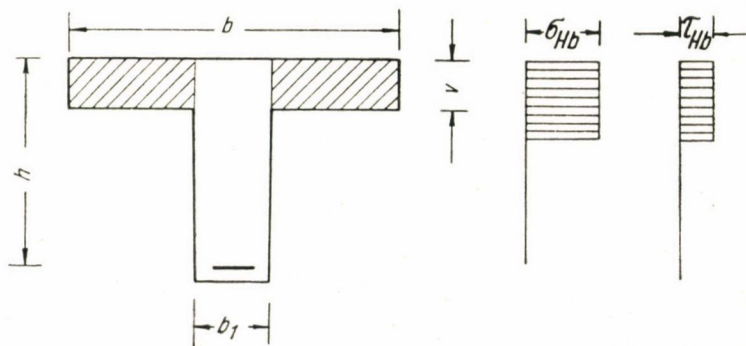
T-keresztmetszetű tartók esetében két esetet kell megkülönböztetni: a) Amikor a semleges tengely a nyírt szakaszban a lemezbe esik és b) amikor a bordát metszi.

a) Amikor a semleges tengely a lemezbe esik, a tartó nyírási vizsgálat szempontjából is — éppúgy mint hajlításnál — derékszögű négyszögkereszt-



metszetű tartónak számít, és a nyírási vasalás számítása aszerint is történik, amikor  $b$  a fejlemez szélessége.

b) Abban az esetben, amikor a semleges tengely a bordát metszi, a keresztmetszetet — mint hajlítási méretezésnél — két részből összetettnek képzeljük (5. ábra). Az egyik rész áll a fejlemeznek a bordán kívüli részeiből és ennek megfelelő húzott vasbetét hányadból, a másik rész a borda alkotta derékszögű négyszögkeresztmetszetből a ráeső húzott vasbetét hányaddal.



5. ábra

A lemezből álló keresztmetszetrész — mivel a lemezrész ebben az esetben teljes keresztmetszetében nyomásra dolgozik — a keresztmetszetre ható mértékadó  $M_m$  és  $Q_m$ -ből felvesz

$$M_1 = (b - b_1) \cdot v \cdot \left( h - \frac{v}{2} \right) \sigma_{Hb} \quad (14)$$

és

$$Q_{b1} = (b - b_1) \cdot v \cdot \tau_{Hb} \quad (15)$$

nyomaték, ill. nyíróerő hányadot.

A bordából álló keresztmetszetrészt

$$\Delta M = M_m - M_1$$

és

$$\Delta Q = Q_m - Q_{b1}$$

igénybevételre méretezzük, és számítjuk a szükséges nyírási vasalást, mint  $b_1$  szélességű derékszögű négyszögkeresztmetszetű tartón.

A húzott fővasbetét mennyiségének számítása az ismertetett módon történik. Értelemszerűen

$$\xi = \frac{\Delta Q - T_{fv}}{b_1 h \tau_{Hb}} \quad \text{és} \quad H = (b - b_1) \cdot v \cdot \sigma_{Hb} + b_1 \xi h \sigma_{Hb} - T_{fh}.$$

#### IV. A javasolt számítási eljárás összehasonlítása külföldi kísérletekkel

A számítási eljárás helyességének és pontosságának ellenőrzését, ill.  $\nu$  helyes értékének meghatározását a szakirodalomban fellelhető olyan nyírási kísérletekkel való összehasonlítása révén igyekeztünk elvégezni, amelyeknél az ahhoz szükséges adatok rendelkezésre állottak. Két ilyen kísérletet sikerült találni.

a) *C. Bach* és *Otto Graf* (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton) kísérlet-sorozata, amelyet a nyírási vasalás helyes elrendezésének kikísérletezésére végeztek.

b) *A. P. Clark* kísérletei kéttámaszú tartók nyírási teherbírásának meghatározására.

Mindkét kísérletsorozatból azokat a tartókat vettük figyelembe, amelyek nyírásra törtek. Bach és Graf kísérleteiből továbbá csak azokat, amelyeknél a vaselrendezés megfelelt a korszerű vasbetonépítésnek és a magyar vasbeton-előírásoknak, és amelyeknél a húzott fővasbetétek csúszása nem volt észlelhető.

Clark kísérletsorozatában a húzott fővasbetétek végeiken nem voltak kampóztottak, hanem véglehorgonyzó lemezekkel rendelkeztek, amelyek azok megcsúszását biztosan megakadályozták. Ez az összehasonlítás szempontjából csak helyes volt, mert a számítási eljárás feltételezi a vasbetétek jó tapadását.

A két kísérletsorozatból összehasonlított tartók elrendezéseit a 6. és 7. ábrák mutatják.

Bach és Graf tartói mind T-keresztmetszetűek voltak, de a törési határállapotban a semleges tengely mindegyiknél a kísérletek és a számítás szerint egyaránt a lemezbe esett, tehát erőtanilag derékszögű négy-szögkeresztmetszetnek minősültek. Clark tartói mind négyszögkeresztmetszetűek voltak.

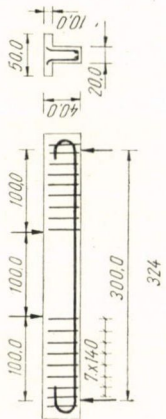
Clark tartói mind kengyelezettek voltak, Bach és Graf összehasonlítható tartói közül is a legtöbb kengyelezett volt, de azért sikerült 7 db felgömbösített tartót is találni.

Az összehasonlított kísérleti tartók  $140-600 \text{ kg/cm}^2$  betonkockaszilárdságúak és  $2768-3760 \text{ kg/cm}^2$  folyási határú vasbetétekkel vasaltak voltak.

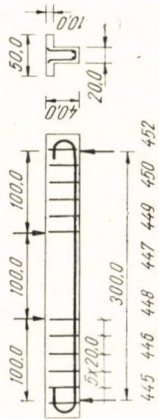
A számítás eredményeinek összehasonlítását Bach és Graf kísérleti eredményeivel az I. és II. táblázat tünteti fel. A számítást elvégeztük  $\nu = 5$  és 6, sőt felgömbösített tartóknál  $\nu = 7$  értékre is a  $\nu$  alkalmazandó értékének meghatározása céljából. Tekintettel arra, hogy ebben az esetben törőigénybevételről van szó, a számításoknál a vasbetétek törési feszültségének azok folyási feszültségét ( $\sigma_f$ ), a betonnál pedig azok prizmaszilárdságát ( $\sigma_p$ ) vettük. Bach és Graf kísérleteinél a beton szilárdságát 30 cm élhosszúságú kockán határozták meg. Tekintettel arra, hogy a 30 cm-es kockaszilárdság kb. 80%-a a 20 cm-es kockaszilárdságnak, prizmaszilárdságként a 30 cm-es kockaszilárdságot vettük.

A Clark kísérleteivel végzett összehasonlítás eredményeit  $\nu = 5$  értékre a III. táblázatban állítottuk össze. Ennél a kísérletsorozatnál a betonminőséget az Amerikában szabványosított kerekén 15 cm átmérőjű és 30 cm magas hengereken állapították meg, ami szintén kb. 80%-a a 20 cm-es kockaszilárdságnak, ezért prizmaszilárdságként a hengersizilárdságot vettük.

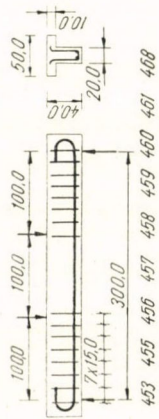




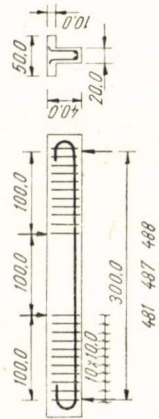
324



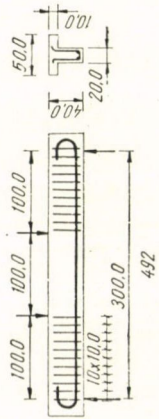
445 446 448 447 449 450 452



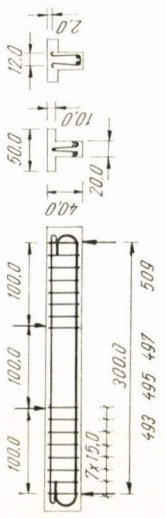
453 455 456 457 458 459 460 461 468



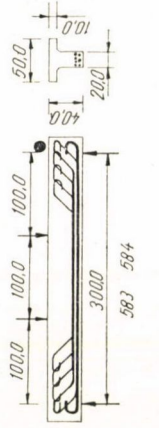
481 487 488



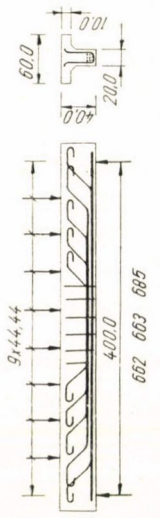
492



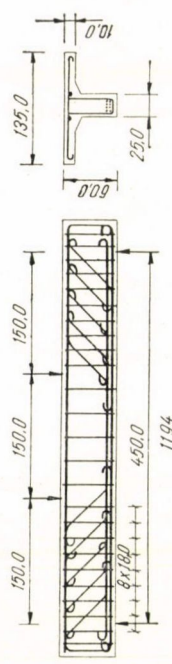
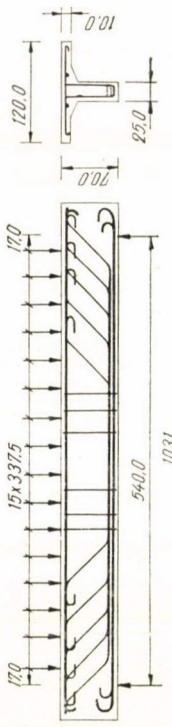
493 495 497 509



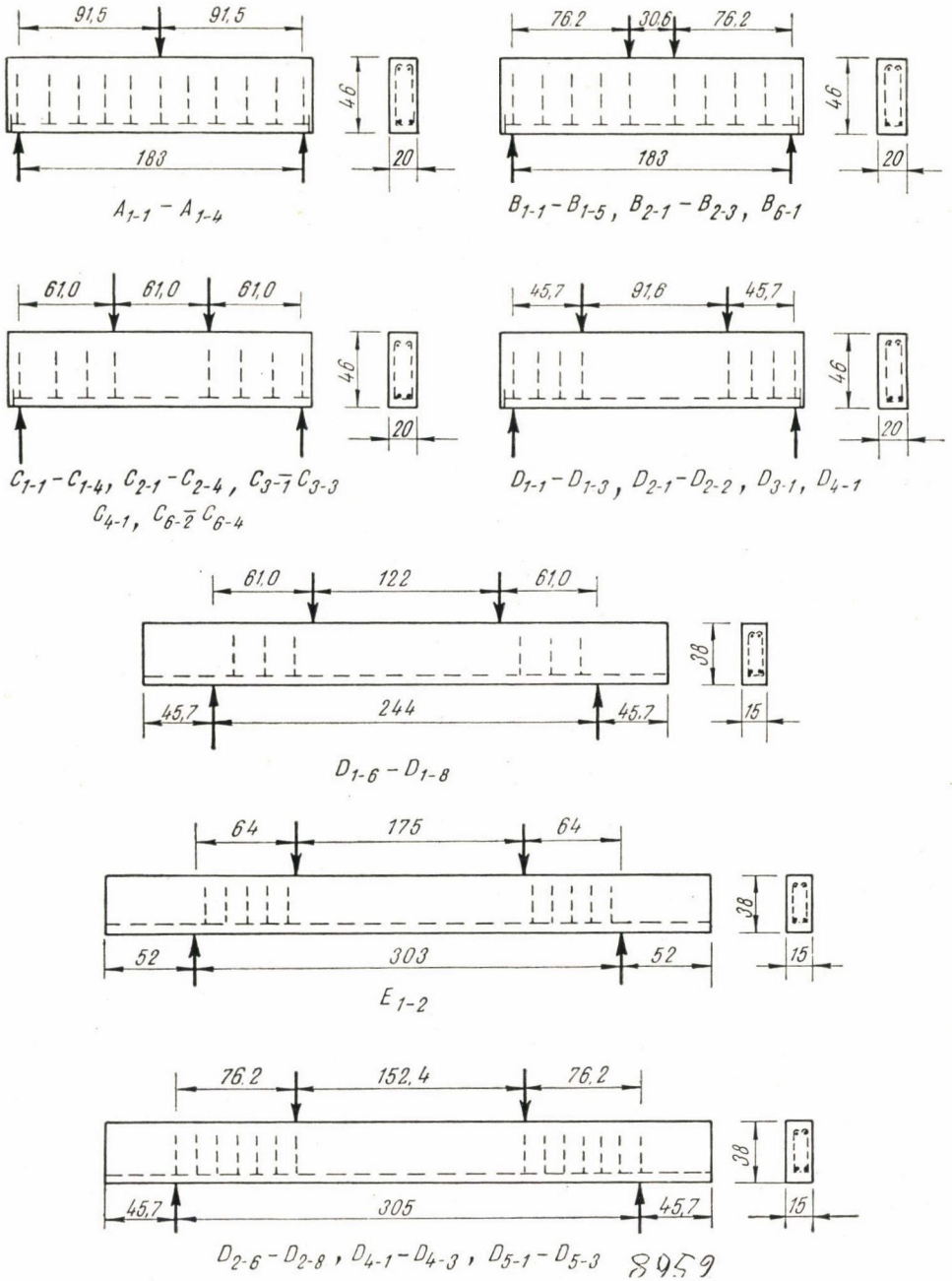
583 584



662 663 685



6. ábra



7. ábra



I. táblázat

Kengyelezett tartók (Bach és Graf kísérletei)

DAFE füzet	Gerenda	$\frac{\sigma_f}{\sigma_p} \cdot \frac{F_k}{b \cdot t}$	$F_k/F_{kt}$		$\frac{F_v}{F_{vt}}$
			$v = 5$	$v = 6$	
	s z á m a				$v = 5$
10	452	0,0052	2,35	2,90	0,47
	460	0,0071	2,13	2,80	0,60
	461	0,0071	2,34	2,96	0,63
	468	0,0071	2,37	3,37	0,54
	447	0,0096	1,83	2,23	0,60
	449	0,0096	1,40	1,90	0,59
	450	0,0096	1,83	2,23	0,60
	487	0,0108	1,55	1,91	0,64
	488	0,0108	1,62	2,04	0,68
	493	0,0119	1,42	1,69	0,56
	497	0,0123	1,26	1,51	0,59
	509	0,0124	1,21	1,61	0,64
	457	0,0125	1,48	1,79	0,63
	459	0,0125	1,45	1,81	0,61
	458	0,0126	1,37	1,90	0,70
	324	0,0127	1,32	1,64	0,56
	495	0,0131	1,34	1,63	0,57
	445	0,0185	1,04	1,27	0,68
	446	0,0185	1,04	1,22	0,67
	448	0,0185	0,97	1,16	0,61
481	0,0187	1,20	1,42	0,71	
492	0,0212	1,00	1,23	0,73	
453	0,0247	0,80	1,03	0,70	
456	0,0247	0,86	0,92	0,62	
455	0,0249	0,80	0,94	0,71	

II. táblázat

Felgömbített vasbetétes tartók (Bach és Graf kísérletei)

DAFE füzet	Gerenda	$\frac{\sigma_j}{\sigma_p} \cdot \frac{F_{jt}}{b \cdot t}$	$F_j/F_{jt}$			$F_v/F_{vt}$
			$v = 5$	$v = 6$	$v = 7$	
	s z á m a					$v = 5$
48	1031	0,0044	1,26	1,75	1,83	0,86
67	1194**	0,0175	1,26	1,53	1,80	0,62
12	583	0,0272	1,04	1,43	1,64	1,06
12	584	0,0273	1,00	1,31	1,55	1,99
20	663*	0,0330	1,22	1,27	1,33	0,44
20	685*	0,0330	1,22	1,27	1,33	0,44
20	662*	0,0332	1,29	1,34	1,38	0,45

\* A hosszvasak nincsenek kampózva.

\*\* Felgömbítésen kívül kevés kengyezt is tartalmaz.

III. táblázat

Kengyelezett tartók (Clark kísérletei)

Gerenda jele	$\frac{\sigma_f}{\sigma_p} \cdot \frac{F_{kt}}{b \cdot t}$	$\frac{F_k}{F_{kt}}$ r = 5	$\frac{F_r}{F_{kt}}$ r = 5
C6—4	0,0246	3,30	0,56
C6—2	0,0258	3,26	0,56
C6—3	0,0262	3,37	0,58
B6—1	0,0302	2,44	0,72
C1—4	0,0403	2,20	0,58
D5—2	0,0440	1,38	0,60
C1—2	0,0445	2,30	0,68
C1—1	0,0458	2,10	0,58
D5—1	0,0460	1,24	0,55
D5—3	0,0470	1,35	0,60
C4—1	0,0478	2,37	0,43
C1—3	0,0487	1,88	0,46
B1—2	0,0505	1,65	0,50
B1—5	0,0520	1,55	0,58
A1—4	0,0525	1,37	0,58
A1—1	0,0532	1,17	0,58
B1—3	0,0540	1,78	0,59
B1—1	0,0545	1,75	0,58
B1—4	0,0550	1,70	0,54
A1—2	0,0552	1,10	0,54
A1—3	0,0563	1,22	0,55
D1—7	0,0569	1,47	0,47
D1—8	0,0570	1,51	0,51
D1—6	0,0575	1,42	0,47
D1—1	0,0612	1,92	0,41
D4—1	0,0617	1,09	0,63
D1—3	0,0650	1,63	0,38
D4—2	0,0660	1,00	0,60
D2—6	0,0712	0,88	0,64
D2—7	0,0735	0,82	0,58
D4—3	0,0765	1,03	0,64
D2—8	0,0800	0,88	0,64
D2—2	0,0810	1,50	0,47
C3—1	0,0835	1,68	0,49
C3—3	0,0835	1,40	0,40
C3—2	0,0870	1,50	0,43
D2—1	0,0875	1,40	0,42
C2—4	0,0882	1,11	0,60
C2—2	0,0950	1,16	0,63
B2—2	0,0955	1,01	0,63
B2—3	0,1000	1,04	0,69
C2—1	0,1005	1,13	0,61
B2—1	0,1080	0,95	0,59
D3—1	0,1125	1,25	0,40
D4—1	0,1625	0,75	0,45

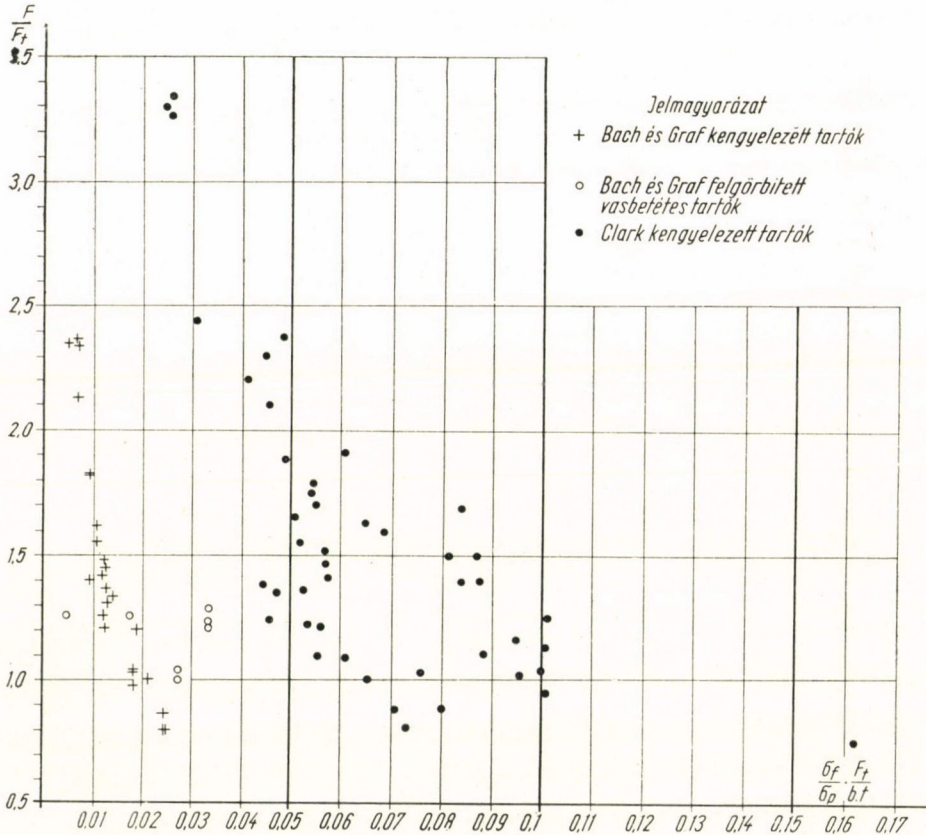


Az összehasonlító adatokat mindhárom táblázatban a nyírási vasalás erősségének

$$\frac{\sigma_f}{\sigma_p} \cdot \frac{F_t}{b t}$$

sorrendjében állítottuk össze.

$F_t$  a tartóban  $t$  hosszban elhelyezett kengyel, ill. felgömbített vasbetét keresztmetszeti területe. A T-kérsztmetszetű tartóknál — tekintettel arra, hogy azok erőtanilag négyszögkeresztmetszetűeknek minősültek —  $b$  = fejlemez szélessége.



8. ábra

Mindkét kísérletsorozatból a  $\nu = 5$  értékkel számított  $F$  és a tartóban ténylegesen meglévő  $F_t$  mennyiségének viszonyszámát a nyírási vasalás erősségének százalékában a 8. ábrán grafikusán is ábrázoltuk. Meg kell jegyezni, hogy a nyírási vasalás erősségének számítása a kengyelezett és felgömbített vasbetétes tartóknál nem egészen egyértelmű, mert a kétfajta vasalás nem teljesen egyenértékű. A felgömbített vasbetétek esetében azonban azoknak a tartótengellyel bezárt szögének figyelembevétele sem lett volna helyes.

A grafikon — bár elég nagy szórást mutat — azt látszik igazolni, hogy a javasolt számítási mód  $\nu = 5$  értékkel a gyakorlat számára kielégítő pontosságot ad.

Az  $\frac{F}{F_t}$  viszonyszámoknak túlnyomó része (55%) 1–1,5 közé esik, és

81%-a esik 1,8 alá.

A nagyon kis nyírási vasalású tartóknál mutatkozó nagy eltérések reálisnak nem tekinthetők. Ezeknél a szükségesnél sokkal nagyobb hosszvasbetét mennyiség a viszonylagosan kis nyíróerőhöz képest aránylag nagy nyírási ellenállással rendelkezik, ami a tartó nyírási teherbírását nagymértékben növeli. A számításokban a hosszvasbetétek nyírási teherbírását elhanyagoljuk, tehát ebből adódik az, hogy a kísérleti törőigénybevétel felvételére az anyagi adottságok mellett a ténylegesnél jóval nagyobb nyírási valószínűség adódik.

A biztonság  $\nu = 5$  felvétele mellett kissé nagyobbnak látszik mint hajlításra. Véleményem szerint azonban nemcsak, hogy megengedhető, hanem szükséges is, hogy a tartók nyírási töréssel szemben nagyobb biztonsággal rendelkezzenek. A nyírási és hajlítási együttes igénybevétele sokkal több bizonytalanságot rejt magában, mint a tiszta hajlítási, és a nyíró-hajlítási törés hirtelenebb és ridegebb természetű, mint a hajlítási törés.

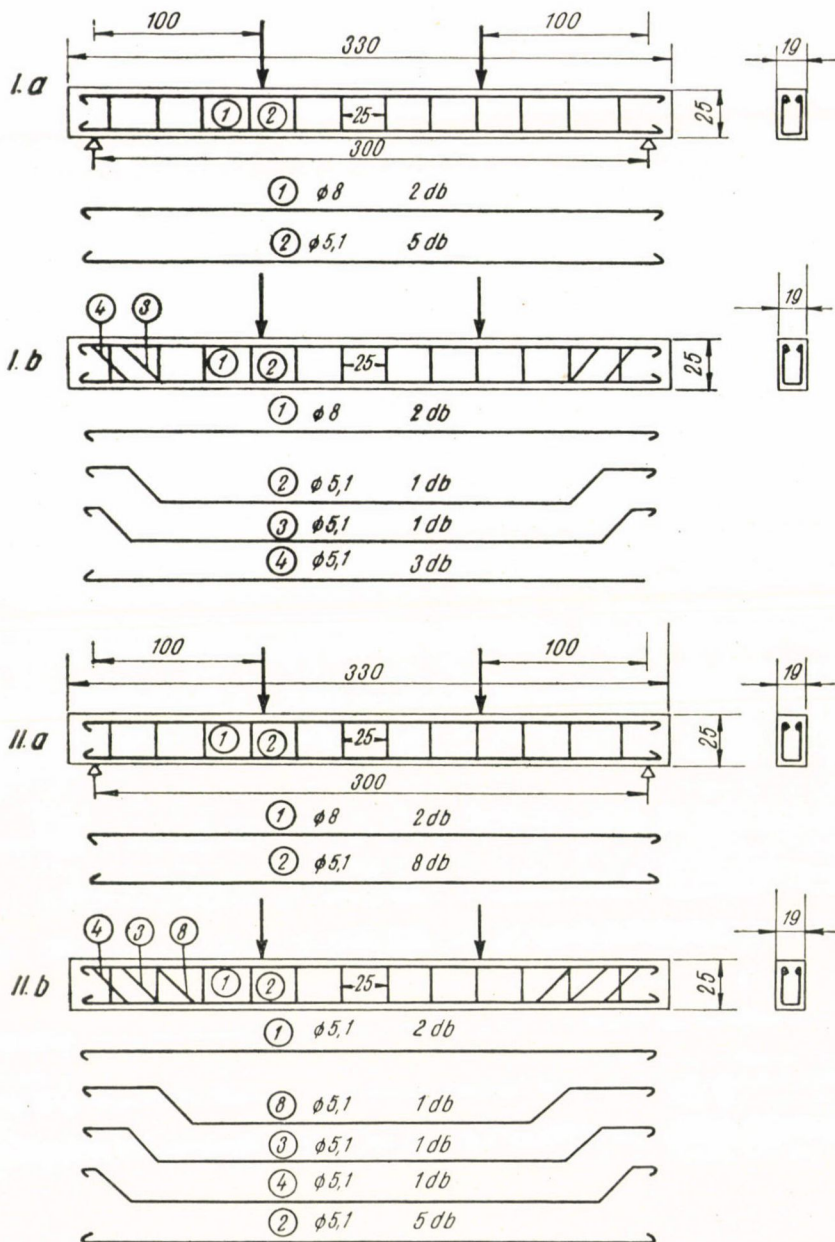
Egyes, az Építéstudományi Intézetben eltört kísérleti tartóknál, amelyeknél a hosszvasbetét nem volt túlméretezett és kengyelezése olyan ritka volt, hogy az a nyírási szempontjából nem jöhetett számításba, mert a ferde repedés két kengyel között alakulhatott ki, a számítás is azt mutatta, hogy nyírási vasalásra nincs szükség. E kísérleti tartók elrendezését és jellemzőit a 9. ábra tünteti fel. A hosszvasbetétek számított mennyisége — bennük a folyási határ felvételezésével — teljesen egyezett a tartókban ténylegesen alkalmazott hosszvasbetét mennyiséggel. Ez is bizonyítja, hogy a grafikonban a nyírási nagyon gyengén vasalt tartóknál a nagy eltérést a hosszvasbetétek nagy nyíróerő felvevő képessége okozza.

Ha a gyakorlati tapasztalat azt mutatná, hogy  $\nu = 5$  érték felvétele túlzott biztonságot eredményezne, annak értékével később le lehetne szállni, ami kevesebb nyírási vasalást eredményezne.

Meg kell még említeni, hogy Bach és Graf kísérleti tartói közül a 662., 663., 685. és 1031. számúak 8–16 koncentrált erővel voltak terhelve. Ezeknél a törés keresztmetszete több helyen alakulhatott ki. Az összehasonlító számítás az összes erőtámadópontra elvégeztük és megállapítottuk, hogy a törés mindig abban a keresztmetszetben következett be, amelyre vonatkozóan  $F_f/F_t$  viszonyszám a legkisebb volt. Ez a körülmény is igazolja a javasolt számítás helyességét.

Az I–III. táblázatok feltüntetik a húzott fővasbetétek számított  $F_v$  és tényleges  $F_{v_i}$  mennyiségeinek viszonyszámait is. E viszonyszámok szerint a javasolt számítási eljárás a ténylegesnél kevesebb hosszvasbetétet eredményez. A számok azonban nem alkalmasak következtetés levonására, mert a tartók — mint már említést nyert — hajlításra túl voltak vasalva. A túlzott hosszvasbetétmennyiség húzószilárdsága azonban a tartó teherbírását nyíró-hajlítási törés esetében éppen úgy nem növeli lényegesen, mint a túlvasalás tiszta hajlítási esetében, mert a tartó a nyomott betonöv ösz-szemorzsoldódása folytán meglehetősen teherbíróképességének kimerülésekor.



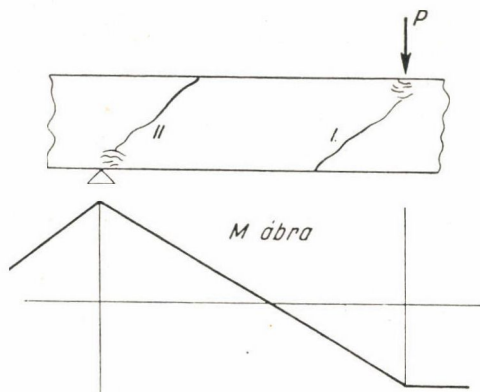


9. ábra

## V. A támaszpontok felett szabad elfordulásukban gátolt tartók

A támaszponti keresztmetszetekben a szabad elfordulásban gátolt, koncentrált erőkkel terhelt tartóknál — konzolos, többtámaszú tartók, keretek rúdjai — (10. ábra) a támaszpont és az első erő közötti szakaszon, ha a nyomatéki ábra előjelet vált, a törés kétféle módon következhet be.

A tartó eltörhet a nyílásban ható első erő támadáspontjától, mint nyomott szélétől kiinduló ferde repedés mentén (I), de eltörhet a támaszponti keresztmetszetben is annak nyomott szélétől kiinduló repedés mentén (II). *Moody* és *Viest* szerint a törés a két keresztmetszet közül mindig annál következik be, amelynél a nyomaték abszolút értéke nagyobb. Ezek szerint a tar-



10. ábra

tóknak ezt a szakaszát arra a keresztmetszetre kellene méretezni, amelynél a nagyobb abszolút értékű nyomaték hat. Tekintettel arra, hogy egy új és még múlttal nem rendelkező méretezési eljárásról van szó, véleményünk szerint a biztonság fokozása érdekében helyesebb, ha ilyen tartószakaszokat azon a végükön levő keresztmetszetükben ható igénybevételre méretezzük, melyben ugyanakkora nyíróerő mellett a hajlítónyomaték kisebb. Ez a mód ugyanis nagyobb nyírási vasalást tesz szükségessé.

Megoszló terhelés esetén az ilyen tartók méretezése is teljesen egyezik a kéttámaszú tartókéval.

## VI. A javasolt eljárással méretezett tartók összehasonlítása az MNOSz 15022 szabvány szerint méretezett tartókkal

Meg kell néznünk még azt, hogy a javasolt számítási eljárással nyert nyírási vasalás mennyisége hogyan viszonylik a vasbetonszabvány előírásai szerinti méretezéssel adódó vasbetétmennyiséghez. Ebből a célból néhány különböző méretű, anyagminőségű és erőelrendezésű tartó nyírási vasalását kiszámítottuk mindkét eljárással, és azokat egymással összehasonlítottuk. Az összes példát kiszámítottuk kengyelezésre és  $45^\circ$ -osan felgömböltetett vasbetétekre. A javasolt eljárás szerinti számításokat  $\nu = 5$  értékkel végeztük.



$\nu$ -nek e mellett az értéke mellett a felgömbített vasbetétekkel és kengyelekkel felveendő húzó erők képletei a következő alakot veszik fel:

$$T_f = \frac{2\mu Q_m - 5h + \sqrt{25h^2 - 4\mu M_m}}{1,41\mu}, \quad (22)$$

$$T_k = \frac{2\mu Q_m - 4,5h + \sqrt{20,25h^2 - 4\mu M_m + 2\mu Q_m h}}{2\mu}. \quad (23)$$

Az összehasonlító számítás eredményét a IV. táblázat tünteti fel. A táblázat első rovatában a példaként szereplő tartók vannak feltüntetve.

A számított nyírási vasbetétmennyiségek a nyírási vasalással ellátandó tartóhossz teljes nyírási vasalási mennyiségét tüntetik fel. A számított hosszvasbetétmennyiségek a javaslat szerint figyelembe vett ferde keresztmetszet húzott végénél szükséges vasbetétmennyiség.

A javaslat szerint szükséges és a szabvány szerint számított nyírási vasalás viszonyszámai mind kengyelek, mind felgömbítések esetén tág határok között váltakoznak. Felgömbítéseknél adódnak esetek, amikor a javasolt számítási eljárás több vasbetét alkalmazását teszi szükségessé. Általában azonban megállapítható, hogy a javasolt eljárás kevesebb nyírási vasalást igényel, ami a gyakorlati tapasztalattal megegyezik.

Ha megfigyeljük a viszonyszámokat, azt látjuk, hogy minél nagyobb a nyomaték ugyanakkora nyíróerő mellett, annál kevesebb nyírási vasalás szükséges. Ez a jelenség logikus és helyes is, mert minél jobban dominál a hajlítás, annál kevésbé jöhet létre nyíró-hajlító törés. Előfordulhat az az eset is, hogy olyan nyírófeszültségek mellett, amelyeknél a szabvány szerint a ferde húzásokat nyírási vasalással kell felvenni, a javasolt eljárás szerint nyírási vasalásra szükség nincs. A nyíróerőket maga a nyomott betonöv fel tudja venni, mert a nagy hajlítónyomaték miatt  $\xi$  értéke olyan nagy.

A nyírási vasalás kisebb mennyiségével szemben húzott hosszvasbetétből javaslat szerint valamivel több kell, mint a szabvány szerint a ferde repedés húzott végénél felvett tengelyre merőleges keresztmetszetben hajlításból. Ez természetes is, mert a javaslat szerint a ferde keresztmetszet nyomott végén nagyobb a hajlítónyomaték, mint a húzott végénél a tengelyre merőleges keresztmetszetben. Abból a célból, hogy a tartóban levő összes vasmennyiségre képet kapjunk, a táblázat utolsó három oszlopában összeadtuk a nyírt vasalással ellátott tartószakasz nyírási vasalásának teljes mennyiségét és a méretezés alapját képező ferde repedés húzott végénél szükséges hosszvasbetétek mennyiségét. Meg kell jegyezni, hogy ez az összegzés nem teljesen fedi a való helyzetet, mert a hosszvasbetétek mennyisége a nyírt szakaszon mindkét számítási eljárás szerint a támaszpont felé csökken. Tájékoztató érték azonban belőle mégis nyerhető. E szakaszokat összehasonlítva azt látjuk, hogy kengyeleknél az esetek túlnyomó többségében a javaslat szerint kevesebb vasbetétre van szükség, felgömbítéseknél az esetek felénél kevesebb, felénél több vasbetétmennyiség van.

Érdekes még megfigyelni a javaslat szerint szükséges kengyelek és felgömbítések arányát. Felgömbítésből az előbbieken tárgyalt okoknál fogva több kell, mint kengyelből, és a viszonyszám a kidolgozott példánál 1,17–1,28 között változott.

A tartó	$\sigma_k$ $\sigma_{Hb}$ $\sigma_{Hv}$ kg/cm <sup>2</sup>	Hajlítás		Nyí			
		Mérték- adó nyoma- ték $M_{max}$ tm	$F_\sigma$ cm <sup>2</sup>	Javasolt számítással			
				Mérték- adó nyiró- erő $Q_m$ t	Mérték- adó nyoma- ték $M_m$ tm	Kengyelezés	
						Keng- yel $F_k$ cm <sup>2</sup>	Hossz- vas- betét $F_{vk}$ cm <sup>2</sup>
	140 70 2800	60	28,3	30	60	13	23
	140 70 2800	30	14,15	30	30	9,4	6,6
	140 70 2800	60	28,3	20	60	5,9	26,4
	280 130 2800	60	37,3	30	60	11,2	34
	280 130 2800	60	37,3	20	60	0	35,5
	280 130 2800	30	18,7	30	30	11,75	11,4
	140 70 2500	80	36,7	40	35	22,7	7,0
	140 70 2500	4,7	7,2	3,75	1,218	2,5	0,73
	140 70 2800	80	42,7	40	80	17,3	39
	280 130 2800	60	29,3	30	60	13,75	26,3



táblázat

eljárás adta vasbetétmennyiségek összehasonlítása

r á s		Szabályzat szerint					$\frac{F_k}{F_k'}$	$\frac{F_j}{F_j'}$	$\frac{F_j}{F_k}$	$F_k + F_{v_k}$	$F_j + F_{v_j}$	$F_k(F_j') + F_{v_j}$
Felgömbítés		$\tau_{max}$	Ken- gyel	Fel- gö- bitett vas- betét	Hossz- vas- betét							
Felg. vas- betét $F_j$ cm <sup>2</sup>	Hossz- vas- betét $F_{v_j}$ cm <sup>2</sup>					kg/cm <sup>2</sup>						
15,2	22,5	13,15	28,2	20,0	14,9	0,46	0,76	1,18	36	37,7	43,2 (34,9)	
12,35	3,6	13,15	14,1	10,0	0	0,71	1,23	1,25	16,5	15,95	14,1 (10)	
6,95	26,3	8,8	28,2	20,0	19,3	0,21	0,35	1,17	32,3	33,3	47,5 (39,3)	
13,6	32,7	17,4	37,2	26,3	23,8	0,3	0,52	1,24	45,0	46,3	61,0 (50,1)	
0	35,5	11,6	37,2	26,3	28,4	0	0	—	35,5	35,5	65,6 (54,7)	
14,6	7,0	17,4	18,6	13,1	6,67	0,63	1,11	1,25	23,15	21,6	25,27 (19,77)	
28,8	1,32	11,5	23	16,3	0	0,98	1,7	1,27	29,7	30,12	23 (16,3)	
3,22	0,18	9,5	3,23	2,3	0	0,77	1,4	1,28	3,23	3,40	3,23 (2,3)	
21,8	36,85	16,9	42,3	30	37,3	0,405	0,725	1,27	56,3	58,65	79,6 (67,3)	
17,3	24,2	18	28,3	20	17,6	0,485	0,86	1,27	40,05	41,5	45,9 (37,6)	

A javaslat szerint a felvett példák megoszló erőkkel terhelt tartóinál kell aránylag legtöbb vasbetét a szabvány szerintihez viszonyítva. Az arányszám különösen felgömbítések esetében növekszik meg a javaslat szerinti rovására. Ennél a két esetenél a javaslat jóval több, mint a szabvány szerint. Meg kell azonban jegyezni, hogy a felvett két eset nem képvisel átlagot, mert mindkettő szélső esetnek tekinthető. Ugyanis mindkettőnél a nyírási vasalással ellátandó szakasz nagyon rövid, alig hosszabb a tartó dolgozó magasságánál. A tartó végén a nyomaték már viszonylag nagyon kicsi, és a nyírási vasalás mennyiségében a nyíróerő dominál. Hosszabb nyírási vasalással ellátandó szakasz esetében a szabványoshoz képest nagy különbség eliminálódik, sőt ilyen esetben a teljes hosszszon szükséges vasbetétmennyiség felgömbítés esetén is kevesebbre adódik.

Végül meg kell említeni, hogy az ismertetett számítási eljárás még nem tekinthető a nyírási vasalás helyes méretezésének bonyolult kérdését véglegesen megoldó javaslatnak, mint ahogy az irodalomból ismert egyik eljárás sem olyan. Meggyőződésem azonban, hogy a kidolgozott eljárás egy további lépést jelent e kérdés megoldásához.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. *C. Bach—O. Graf*, Versuche mit Eisenbeton — Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Erster Teil (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 10, 1911).
2. *C. Bach—O. Graf*, Versuche mit Eisenbeton — Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Zweiter Teil (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 12, 1911).
3. *C. Bach—O. Graf*, Versuche mit Eisenbeton — Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Dritter Teil (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 20, 1912).
4. *C. Bach—O. Graf*, Versuche mit Eisenbeton — Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Vierter Teil (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 48, 1921).
5. *O. Graf—E. Mörsch*, Versuche mit Eisenbeton — Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Fünfter Teil (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 58, 1928).
6. *O. Graf*, Versuche mit Eisenbeton — Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Sechster Teil (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft, 67, 1931).
7. *Mihailich Győző*, Összehasonlító kísérletek folytvas és acélbetétes portlandcementtel és bauxitcementtel készült T-keresztmetszetű gerendákkal (Anyagvizsgálók Közlönye 1934. évi 7—8 szám).
8. *M. Sz. Borisanszkij*, Raszsot otognutih szterzsnyej i homutov v izgibajemih zselezobetonnih elementah po stadii razrusenyija (Moszkva 1946).
9. Az ÉTI Anyagvizsgáló és Kísérleti Laboratórium 1950. második negyedévi munkája (Építéstudományi Intézet, 1950).
10. *K. V. Szahnovszkij*, Zselezobetonnie konsztrukcii (Moszkva 1951).
11. *C. B. Wilby*, The Strength of Reinforced Concrete Beam in Shear (Magazine of Concrete Research. No. 7. 1951. augusztus).
12. *A. P. Clark*, Diagonal Tension in Reinforced Concrete Beams (Journal of the American Concrete Institute, 1951. október).
13. *C. P. Siess*, Review of Research on Ultimate Strength of Reinforced Concrete Members (Journal of the American Concrete Institute, 1953. június).
14. *V. G. Karabas*, Szkalivanyie pri izgibe zselezobetonnih balok (Isszledovanyija. Zselezobetonnie Konsztrukci. Moszkva, 1953).
15. Vremennaja insztrukcija po proiktirovanyiju zselezobetonnih konsztrukcij armirovannih nyeszusesimi szvarnimi karkaszami (Moszkva 1953).



16. *Gyengő Tibor*, Az új vasbetonszabályzat készítésével kapcsolatos kísérletek (Építéstudományi Intézet, Tudományos Közlemények 2. sz. Építőipari Könyv- és Lapkiadó, 1954).

Shear Strength of Reinforced Concrete Beams :

17. *Moody, Viest, Elstner, Hognestad*, Part 1. Tests on Simple Beams (Journal of the American Concrete Institute, 1954. december).

18. *Moody, Viest, Elstner, Hognestad*, Part. 2. Test of Restrained Beams Without Web Reinforcement (Journal of the American Concrete Institute, 1955. január).

19. *Elstner, Moody, Viest, Hognestad*, Part. 3. Tests of Restrained Beams With Web Reinforcement (Journal of the American Concrete Institute, 1955. február).

20. *Moody, Viest*, Part. 4. Analytical Studies (Journal of the American Concrete Institute, 1955. április).

21. *Vigerust*, Schubfestigkeit von Stahlbetonbalken (Szemleciikk Laupa, Siess, Newmark : Strength in Shear of Reinforced Concrete Beams Engineering Experiment Station, University of Illinois Bulletin No. 428. tanulmányról a Beton und Stahlbetonbau 1956. évi 1. számában).

22. *R. Walther*, Über die Beanspruchung der Schubarmierung von Eisenbetonbalken (Schweizerische Bauzeitung 1956. 1, 2, 3. száma).