CSIBY
LÖRINCZ.

A vizfogó gátak vastag-ságának elmélete.

A VIZFOGÓ GÁTAK

VASTAGSÁGÁNAK ELMÉLETE

ÉS A

VISZONYLAGOS ANYAGSZÜKSÉGLET.

IRTA

CSIBY LŐRINCZ

M. KIR. ERDŐTANÁCSOS, ERDÉSZAKADÉMIAI TANÁR.

Különlenyomat az „Erdészeti Lapok“ 1899-i évfolyamából.

BUDAPEST

»PÁTRIA« IRODALMI VÁLLALAT ÉS NYOMDAI RÉSZVÉNYTÁRSASÁG.

1899.

1. A vizfogók czélja a vizen való szállitáshoz szükséges vizállás előállitása és a szállitási időnek meghoszszabbitása. Ezt közönségesen az által érik el, hogy a vizen való szállitásra kiszemelt és alkalmasnak talált völgyet megfelelő helyen oly épitménynyel zárják el, mely a völgy- és mellékágainak vizét felfogja s annyit összegyüjt, hogy annak alkalmas módon való kibocsátása által a viziut mentén felhalmozott fakészlet, habár fáradságos munkával is, e viz segélyével rendeltetési helyére szállitható.

A völgyet elzáró épitményt, mely a vizet visszatartja és a vizfogó medenczében kellő mennyiségben összegyüjti, «*gát*»-nak nevezzük. Ez az adott viszonyokhoz képest különféle anyagból készülhet és különböző szerkezettel birhat s ennek megfelelően aztán alakja és keresztmetszeti méretei is változnak.

A gát magassága és hosszusága a helyi terepviszonyoktól, a rendelkezésre álló vizmennyiségtől s attól a körülménytől függ, vajjon minő hosszu ideig és mennyi vizzel kell az alsó medret ellátni, tehát mennyi vizet kell a gátudvarban felfogni; a gát vastagsága, keresztszelvényének méretei és legczélszerübb alakja számitás utján állapittatik meg.

A gát alakjának és keresztmetszeti méreteinek helyes meghatározása igen fontos, nemcsak az épitőanyag menynyiségének és költségnagyságának, hanem a gát biztosságának szempontjából is. E tekintetben szükséges, hogy a gát vastagsága, fölösleges költségek elkerülése miatt, lehető legkisebb legyen s emellett a viznyomásnak ellentálljon.

A gátnak azt az ellentállását, melyet az általa visszatartott viz nyomásával szemben kifejt, a gát «*állékonyságá*»-nak nevezzük.

2. A gátudvarba összegyüjtött viz a gátra jelentékeny oldalnyomást gyakorol s arra háromféle irányban lehet káros hatással:

a) vagy az által, hogy a gátat vizszintes irányban közepén kettészakitja s a felső részt a törés külső éle körül kiforditja;

b) vagy ha összetartása olyan nagy, hogy a gát törése be nem következhetik, azt alapjának külső éle körül forditja ki;

c) vagy végül az egész gátat alapján tovább csusztatja.

Számitás utján ki lehet mutatni, hogy a gát könynyebben kettészakitható vagy kiforditható, mint tovább csusztatható és hogy a kettészakitáshoz vagy kiforditáshoz megközelitőleg egyenlő viznyomás szükséges. Ennélfogva elegendő lesz, ha a viznyomásnak azt a hatását veszszük számitásba a gát állékonyságának megállapitásánál, mely a gátat külső alapéle körül kiforditani törekszik. Ha ezt a hatást ellensulyoztuk, akkor biztosak lehetünk afelől, hogy a többi káros hatás sem fog bekövetkezni.

A gátat kezdetben, — mig a felfogott viz tükre még alacsony, — mozgó viz támadja meg; ekkor tehát a hydraulikai nyomás jut érvényre, mely tudvalevőleg nagyobb, mint a nyugvó vizé. E nyomásnak azonban a gát csak a duzzasztás legelején van kitéve, mig t. i. a mozgó viz közvetlenül ütközik a gát falába és mivel ez a nyomás a gát nagy tömegéhez és sulyához képest csekély, azért azt minden hiba nélkül a számitásoknál figyelmen kivül lehet hagyni. Minél inkább emelkedik a viz tükre a gát előtt, annál nagyobb mértékben érvényesül a hydrostatikai nyomás s annál kevésbé lesz érezhető a mozgó viz hatása, mivel most már nem ütközik közvetlenül a gátfalba, mert beömlési pontját a gáttól többé-kevésbé hosszu, nyugvó viztükör választja el, melyben a beömlő viz hatása teljesen elenyészik. Ennélfogva tehát nem követünk el hibát, ha a gátfal ellentállóképességének kiszámitásánál egyedül a hydrostatikai nyomást veszszük figyelembe. Ezt tehetjük annál is inkább, mert nagyobb biztosság végett amugy is a gát részeinek egymáshoz s a hegyoldalakhoz való kapcsolásától teljesen eltekintünk és az állékonyság biztositása czéljából szükséges keresztmetszeti méretek kiszámitásánál ama feltevésből indulunk ki, hogy a gát csupán sulyánál és nagy tömegénél fogva áll ellent a telt vizudvar mellett keletkező nagy nyomás kifordító törekvésének.

A gát méreteinek tehát olyannak kell lenni, hogy eme feltételnek elég legyen téve. A gát magasságát és hosszuságát tetszés szerint választani nem áll módunkban, mert az elsőt a viztükör telt medencze melletti magassága, az utóbbit pedig a helyi terepalakulás szabja meg; igy tehát a megfelelő suly csakis a gát vastagsága által érhető el, vagyis a gát állékonysága a gát keresztmetszetének szélessége által biztositható.

3. A *gát vastagságának* kiszámitása céljából ismerni szükséges

a) a viz deréknyomását, vagy a hydrost. nyomás nagyságát;

b) a nyomás támadópontjának fekvését, vagy a dereknyomás középpontját;

c) a gátfal alakját vagy keresztmetszetét;

d) a faltömeg sulyát és végül

e) az épitmény biztosságának fokát vagy az állékonysági együtthatót.

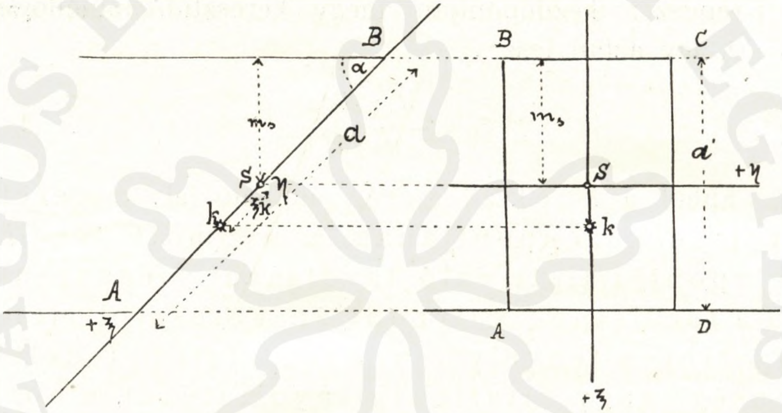
a) A viz deréknyomását a hydrostatika szabályai szerint sikterületre ugy kapjuk, ha a nyomott terület felületét szorozzuk ama feszültséggel, mely a terület sulypontjának nivólapjában uralkodik*); ha tehát m_s a sikterület sulypontjának mélysége a viztükör alatt, melyet nagyobb biztosság okáért a gát koronájáig erőnek veszünk (1. ábra), γ a viz köbegységének sulya, F a nyomott terület felülete és N a viz deréknyomása, akkor, ha a levegő nyomásától (A) eltekintünk, mely amugy is ellensulyoztatik, a deréknyomás nagysága lesz

$$N = m_s \gamma F \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

b) A deréknyomás középpontja. A gátra nehezedő viznyomást vagy deréknyomást számtalan, egymással párhuzamosan ható erők összegének lehet tekinteni, mely erők a gátfalnak, avagy egy részének egyes pontjaira hatnak s amelyek eredőjének támadópontja ké-

*) V. ö. Herrmann E. Technikai Mechanika. 197. lap.

pezi a deréknyomás középpontját. Vizszintes siknál, hol egyenlő területrészekre egyenlő nyomás is esik, ez a pont az illető felület sulypontjával esik össze; oldalfalnál ellenben, hol a feszültségek a viztükör alatti mélységgel növekednek, a nyomás középpontjának mindig mélyebben kell feküdni a terület sulypontjánál. A deréknyomás középpontjában az egész nyomás egyesültnek gondolható; össz-



1. ábra.

rendezőinek kiszámitására a következő képletek szolgálnak:

$$\xi_k = \frac{J_\eta \gamma \sin\alpha}{(A + m_s\gamma) F} \quad \text{és} \quad \eta_k = \frac{E \gamma \sin\alpha}{(A + m_s\gamma) F}$$

ξ_k és η_k a deréknyomás középpontjának összrendezői, a nyomott terület sulypontján átmenő és a terület sikjában fekvő tengelyrendszerre vonatkozólag, hol η vizszintes és ξ erre merőleges és lefelé halad (1. ábra). J_η a nyomott területnek kitartósági vagy tehetetlenségi nyomatéka η tengely körül; γ a viz fajsulya, azaz téremegység sulya; α az a szög, melyet a nyomott terület a vizszintes sikkal képez; A az athmosfera nyomása a területegységre; m_s a nyomott terület sulypontjának mélysége a viztükör alatt; $(A + m_s \gamma)$ a terület sulypontjának nivólapjában uralkodó feszültség; F a nyomott terület felülete; E a területnek eltéritő nyomatéka. Miután a levegő a terület ellenkező oldalára is nyomást gyakorol, mely AF nyomást ellensulyoz, ennek következtében A a fennebbi képletekben elhagyható. ξ_k tengely a terület sulypontján, tehát a tengely-rendszer kezdőpontján megy keresztül, minélfogva $\eta_k = 0$. Igy aztán lesz:

$$\xi_k = \frac{J_\eta \gamma \sin \alpha}{m_s \gamma F} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Ebből a következő szabály állitható fel: a deréknyomás középpontjának a nyomott terület sulypontja alatt való távolságát megkapjuk, ha a területnek sulypontján keresztül menő vizszintes tengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi vagy kitartósági nyomatékát, a horizonttal képezett szögének sinusát és a folyadéknak fajsulyát egymással összeszorozva, a szorzatot a sulypont nivólapjában uralkodó feszültségnek és a nyomott terület felületének szorzatával, vagyis a deréknyomással elosztjuk.

A nyomás középpontja összeesik a terület sulypontjával, ha a terület vizszintes, mert akkor $\alpha = \sin \alpha = 0$, tehát $\xi_k = 0$.

A nyomás középpontja legtávolabb van a sulyponttól, ha a sik függőleges, mert ekkor $\alpha = 90^0$, $\sin \alpha = 1$ és

$$\xi_k = \frac{J_\eta \gamma}{m_s \gamma F} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

Ha egyszerüség okáért felveszszük, hogy a nyomott terület derékszögü négyszög, melynek két oldala vizszintes s ezek közül a felső a viz szintjébe esik, akkor annak kitartósági vagy tehetetlenségi nyomatéka*)

$$J_\eta = F\frac{a^2}{12} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

hol a a terület magasságát jelenti. Ha ezt az előbbi képletbe helyettesitjük, lesz:

$$\xi_k = \frac{F\frac{a^2}{12}\gamma\sin\alpha}{m_s\gamma F} = \frac{\frac{a^2}{12}\sin\alpha}{m_s}$$

$$\text{de} \quad m_s = \frac{a}{2}\sin\alpha \quad \text{s igy}$$

$$\xi_k = \frac{a}{6} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Ez tehát a deréknyomás középpontjának távolsága a sulypont nivólapja alatt. A nyomás középpontjának nivólapja a terület alsó széle fölött

$$\frac{a}{2} - \frac{a}{6} = \frac{1}{3}a \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

vagyis a nyomás középpontja a nyomott terület magasságának $^1/_3$-ában fekszik alulról számitva.

A viz felszinétől vagy a nyomott terület felső szélétől a nyomás középpontja

$$\frac{a}{2} + \frac{a}{6} = \frac{2}{3}a \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

---

*) V. ö. Herrmann E. Technikai Mechanika. 106. lap.

azaz a deréknyomás középpontja a nyomott terület magasságának $^2/_3$-ában fekszik felülről számitva.

c) A gátfal alakja vagy keresztmetszete. A gátfal keresztmetszetének olyan alakkal kell birnia, mely a viznyomásnak leginkább megfelel; megválasztásánál a gát állékonyságára, az épitéshez szükséges anyag mennyiségére, nemére és minőségére, továbbá a gátszerkezetre és az épités kivitelének könnyüségére kell tekintettel lenni.

Állékonyság és anyagszükséglet szempontjából az a gátalak legmegfelelőbb, mely ugyanazon állékonyság mellett legkevesebb épitőanyagot igényel vagy ugyanazon anyagfogyasztás mellett legnagyobb állékonyságot nyujt. Ha a vizfogóknál szokásos gátak volumenjeit egyenlő magasság, anyag és állékonyság feltétele mellett meghatározzuk és egymással összehasonlitjuk, azt fogjuk találni, hogy a fent keskeny, lent pedig széles keresztmetszettel biró gátak a legczélszerübbek. És ez természetes is, mert a gátnak lent kell a legnagyobb nyomást kiállani, mivel itt a viz feszültsége a legnagyobb; ezek czélszerüsége mellett szól az is, hogy azáltal, hogy a gát fent a koronán keskenyebb, lent az alapon pedig szélesebb, ugyanazon állékonyság mellett jelentékeny anyagmegtakaritás is éretik el. Az ilyen gátak oldalai lejtős sikokból állanak vagy padkásan készülnek és függőleges faluak. Az épszögény keresztmetszetü gát ezek szerint ugyanazon koronaszélesség mellett a legkisebb állékonyságot nyujtja és ha ennél az állékonyságot kellő mértékig fokozni akarjuk, akkor a gátat az alapon kell szélesebbre venni: csakhogy ez sok anyagpazarlással jár, mivel a gát keresztmetszetének alakjánál fogva a koronának nagy szélességet adunk, pedig az itt fellépő csekély nyomásra való tekintettel kevesebb is elegendő.

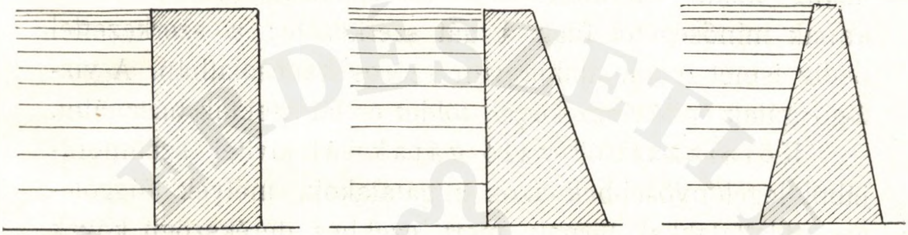
A gátalak megválasztásánál tekintetbe veendő az anyag neme is, melyből a gát épitendő, mert ettől és annak minőségétől függ a gát szerkezete; a szerkezettel pedig ismét a gát alakja van szoros kapcsolatban. A vizfogó gátak épitéséhez követ, földet és fát szoktak használni.

Kőfalazatból való gátaknál kivitel szempontjából legelőnyösebbek azok a gátalakok, melyek függőleges oldalfalakkal birnak, mert ezekhez derékszögü kövek használhatók s igy épitésük a legkönnyebb. Lejtős falak készitése a lejtő miatt nehéz, mert a köveken többékevésbé hegyesszögü éleket kell késziteni, melyeknek kifaragása nagy vigyázatot igényel és az ilyen kövek elhelyezése is nagyobb gonddal jár. Mindennek daczára nagyobb állékonyság végett az oldalfalakat lejtősen és padkák nélkül épitik, mert a padkák a légköri csapadékokat felfogják és éleik gyorsan kopnak. A gyakorlatban a kőből való gátakat nagyobb állékonyság céljából leggyakrabban trapézalaku keresztmetszettel épitik oly módon, hogy a vizfal igen gyenge rézsüvel bir és faragott kőből készül, a hátsó fal rézsüje ellenben nagyobb és terméskőből van épitve.

A földgátak szintén trapéz keresztmetszettel készülnek ugy, hogy a vizfal kissé meredekebb, a hátsó fal ellenben lejtősebb.

A kőszekrényes gátaknál, könnyebb kivitele miatt, leginkább az épszögény alaku keresztmetszetet használják, de a kivitel egyszerüsége következtében a trapéz, sőt a padkás alak is talál alkalmazást, ugy azonban, hogy a vizfalat vagy függőlegesen épitik, vagy pedig igen meredekre veszik.

Vizfogóknál, a felsoroltaknak megfelelően, az alábbi 2. ábrában bemutatott keresztszelvénynyel biró gátak nyernek leginkább alkalmazást.



a. b c.

2. ábra.

d) A gátfal sulya. Az építésre használt anyag neme, minősége és a gát szerkezete szerint a gátfal köbegységének sulya változik; rendszerint ezt közvetlen mérés utján szokták meghatározni. Ebből és a gát szabadon álló részének köbtartalmából a gát összes sulyát ugy számitjuk ki, hogy a köbtartalmat, a köbegység kipuhatolt sulyával szorozzuk. Kő- és földgátak sulya megközelitőleg 2000—2200 *kg.*-ra-, kőszekrényes gátak sulya pedig 1400—1500 *kg.*-ra tehető köbméterenkint.

e) Az állékonysági együttható vagy az épitmény biztosságának foka. A gyakorlatban nem elegendő a gátnak csakis olyan méreteket adni, hogy az pusztán csak ellensulyozza a viznyomás kifordító hatását, mert igy a különböző sulyu anyagból való gátak ellentállóképességi fokát biztosan megitélni nem lehet, hanem megfelelő biztosság elérése czéljából még bizonyos biztossági, vagy *állékonysági együtthatót* kell számitásba venni, vagyis a viznyomás kiszámitott hatását emez együtthatónak megfelelően nagyobbitani.

Ha a gát szilárd és széles alapra, jó anyagból, tömötten és vizáthatlanul van épitve, akkor az állékonysági együttható nagysága gyanánt, tapasztalat szerint, általában 1·5—1·75, kedvezőtlenebb esetekben 2·0—2·5, sőt a körülményekhez képest ennél még több is vehető fel. Olyan völgyekben, hol a gát gyökerei a hegyoldalakon biztos támasztékot találnak s a viszonyok kedvezők, 1·5—1·75 állékonysági együttható a viznyomással szemben, a tapasztalat szerint, mindig megfelelő ellentállást biztosit.

Tényleg azonban a biztossági fok sokkal nagyobb, mert a számitásnál a gátak szerkezetét nem veszszük tekintetbe, pedig ez is lényegesen hozzájárul az állékonyság biztosságának emeléséhez, mivel az egyes alkotórészek a lehető legnagyobb pontossággal és szilárdan vannak egymáshoz kapcsolva. A biztosság emelésére szolgál az is, hogy a gátak a vizudvar felőli oldalon többnyire kissé domboruan épülnek s igy a gát, mint valami teherhordó boltozat müködik, melynek végei a hegyoldalakra támaszkodnak; sőt a gáttest ezenkivül még az alapárokba, valamint a hegyoldalakba is jó mélyen be van eresztve. A biztosságot növeli még az is, hogy a viz csak ritka esetben emelkedik a gát koronájáig, hanem rendesen 0·5—1·0 *m.*-rel mélyebben marad, a hydrostatikai nyomás kiszámitásánál azonban a viztükör a gát koronájáig érőnek vétetik, tehát a gáttest felső (0·5—1·0 *m.*) rétegének sulya szintén az állékonyság javára esik. Az ellentállóképesség emelése végett a gátakat néha mellvédőkkel vagy gyámoszlopokkal is ellátják, kivált kőszekrényes szerkezetnél.

Az állékonysági együtthatót az alábbiakban *s*-sel jelöljük.

4. Ama feltevésből kiindulva, hogy a gátudvarban felfogott viznek a gátra nehezedő nyomása azt külső alapéle körül törekszik kiforditani, *a deréknyomás forgató hatása* *vagy nyomatéka*, valamint a *gátnak* evvel szemben érvényesülő ellentállása vagy *állékonysága* kiszámitható.

A viz deréknyomásának nyomatékát ugy kapjuk, hogy a nyomás nagyságát (az erőt) szorozzuk a külső alapélnek, mint forgási tengelynek, a nyomás középpontján áthaladó deréklő irányától való merőleges távolságával (az erő karjával). Ha tehát N a deréknyomás, M annak nyomatéka és x az erő karja, akkor

$$M = N \times x \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

A gát állékonyságát pedig nyerjük, ha a gáttest szabadon álló részének sulyát (az erőt) szorozzuk a külső alapélnek a gát sulyvonalától való merőleges (vizszintes) távolságával (az erő karjával). Ha már most G a gát szabadon álló részének sulya, y a külső alapélnek a gát sulypontján keresztül haladó függőlegestől (sulyvonaltól) való távolsága és S a gát állékonysága, akkor

$$S = G \times y \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Az egyensuly feltétele, hogy

$$M = S \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

legyen. Nagyobb biztosság okáért azonban, mint már előbb megemlékeztünk róla, az állékonysági együttható (s) mindig számitásba veendő s igy az egyensuly feltétele tulajdonképpen

$$s\,M = S \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10a)$$

Az x és y értéke a gát alakja szerint változik, minélfogva azt a vizfogóknál közönségesen alkalmazásba jövő keresztmetszeteknek megfelelően külön-külön kell meghatározni.

A mint már láttuk, vizfogó-gátaknál az épszögény- és a trapézalaku keresztmetszetet szokták alkalmazni közönségesen s ehez képest aztán *a*) függélyes oldalfalu (2. ábra *a*),

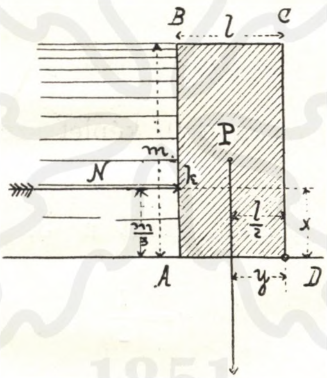
b) csak a vizudvar felől függélyes oldalu (2. ábra *b*),

c) mindkét felől lejtős és egymás felé hajló oldalu (2. ábra *c*) gátakat különböztetünk meg, melyek *vastagságainak* kiszámitása az alábbiak szerint történik.

a) A függőleges oldalu gátnál (3. ábra) legyen $AB = m$ a gát magassága, $BC = l$ a gátkoronaszélesség vagy gátvastagság, $DF = x$, PG a sulyvonal és $DG = y$. Az 1. képlet szerint a deréknyomás

$$N = m_s \gamma F$$

Jelen esetben, ha egyszerüség okáért csak 1 méter



3. ábra.

hosszu gátfalat veszünk, $m_s = \frac{m}{2}$ és $F = m \times 1 = m$ s igy a deréknyomás nagysága

$$N = \frac{1}{2} m^2 \gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

hol γ a viz köbegységének sulyát jelenti.

A viznyomást képviselő számtalan párhuzamos erő iránya merőleges a nyomott felületre s eredője, vagyis a deréklő, a nyomás középpontján, tehát az alapéltől a magasság $^1/_3$-ában támad (l. 6. képlet); a gát keresztmetszete épszögény, miből következik, de a 3. ábrából is világosan látható, hogy

$$x = \frac{1}{3} m$$

mit, ha a deréknyomás nyomatékának képletébe (8. képlet) helyettesitünk, lesz

$$M = N \frac{m}{3} \quad \text{. . . . . } \mathbf{(12)}$$

vagy a 11. képletben kiszámitott értéket is behelyettesitve, lesz a *viz deréknyomásának* forgató hatása vagy *nyomatéka:*

$$M = \frac{1}{6} m^3 \gamma \quad \text{. . . . . } \mathbf{(13)}$$

A gát állékonysága a 9. képlet szerint

$$S = G \times y$$

Függélyes oldalu gátnál, mint a 3. ábrából világosan kivehető

$$y = \frac{l}{2}$$

s igy

$$S = G \times \frac{l}{2} \quad \text{. . . . . . . } \mathbf{(14)}$$

Egy méter hosszu gát sulya

$$G = m l \gamma_1 \quad \text{. . . . . } \mathbf{(15)}$$

hol γ_1 a gát köbegységének a sulya; ezt az előbbi (14.) képletbe helyettesitve, nyerjük a *gát állékonyságát*, mely

$$S = m l \gamma_1 \times \frac{l}{2}$$

$$S = \frac{1}{2} m \gamma_1 l^2 \quad \text{. . . . . } \mathbf{(16)}$$

A mint láttuk, a 10. képlet szerint egyensuly esetén

$$M = S$$

$$\frac{1}{6} m^3 \gamma = \frac{1}{2} m \gamma_1 l^2$$

a miből aztán a *gátkorona szélessége* lesz

$$l = m \sqrt{\frac{1}{3} \frac{\gamma}{\gamma_1}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (\mathbf{17})$$

Nagyobb biztosság okáért az előzők szerint (10*a*. képlet) azonban az állékonysági együtthatót (*s*) is számitásba kell venni s igy *M* helyett mindig *sM*-et veszünk ugy, hogy az egyensuly képlete tulajdonképen

$$s M = S$$

miből aztán az előbbi módon a *gátkoronaszélesség* lesz

$$l = m \sqrt{\frac{1}{3} \frac{\gamma}{\gamma_1} s} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (\mathbf{18})$$

b) Függőleges vizfallal és lejtős hátsó fallal biró gátnál a deréknyomás nagysága 1 méter hosszu gátfalra itt is

$$N = \frac{1}{2} m^2 \gamma$$

hasonlóképen

$$x = \frac{1}{3} m$$

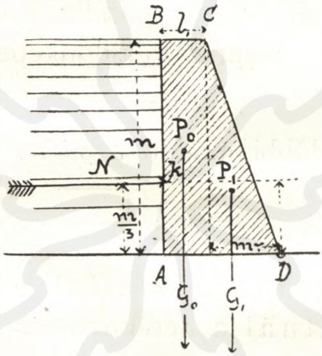
tehát a *viznyomás forgató nyomatéka*, mint az előbbi gátnál (13. képlet)

$$M = \frac{1}{6} m^3 \gamma$$

Legyen a 4. ábra szerint $\overline{BC} = l_1$ a koronaszélesség; $\frac{\overline{DE}}{\overline{CE}} = r$; a hátsó oldal rézsüje, vagyis, miután

$\overline{CE} = m$, tehát $\overline{DE} = m\,r$; P_0 és P_1 a keresztmetszet sulypontjai; $P_0\,G_0$ és $P_1\,G_1$ a sulyvonalak; $\overline{G_0 D} = \left(\frac{l_1}{2} + m\,r\right)$ és $\overline{G_1 D} = \frac{2}{3}\,m\,r$ a sulyvonalaknak a külső alapéltől való távolsága és végül $G_0 + G_1$ egy folyóméter gát sulya; akkor a gát állékonysága lesz

$$S_1 = G_0\left(\frac{l_1}{2} + m\,r\right) + G_1\,m\,r\,.$$



4. ábra.

Ha γ_1 a gátfal köbegységének sulya, akkor $G_0 = m\,l_1\,\gamma_1$ és $G_1 = \frac{m^2\,r}{2}\,\gamma_1$, melyet ha behelyettesitünk és az összevonásokat végrehajtjuk, lesz a *gát állékonysága*

$$S_1 = m\,\gamma_1\left(\frac{m^2\,r^2}{3} + l_1\,m\,r + \frac{1}{2}\,l_1^2\right)\quad .\;.\;.\quad \textbf{(19)}$$

Az egyensuly feltétele

$$s\,M = S_1$$

vagyis

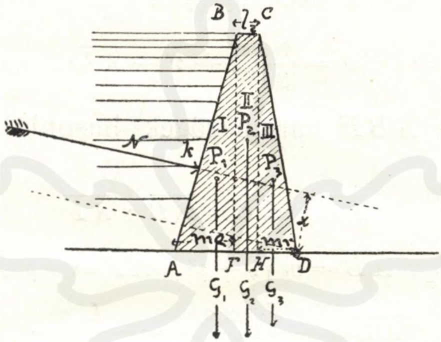
$$\frac{1}{6}\,m^3\,\gamma\,s = m\,\gamma_1\left(\frac{m^2\,r^2}{3} + l_1\,m\,r + \frac{1}{2}\,l_1^2\right)$$

melyet ha l_1 szerint rendezünk és megoldunk, nyerjük a függőleges vizfallal és a hátsó oldalon rézsüvel (r) biró *gátkorona szélességét*,

$$l_1 = m\left[\sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{\gamma}{\gamma_1}s + r^2\right)} - r\right] \quad . \; . \; . \; (20)$$

Ha a gát *talpának szélességét* L_1-lel jelöljük, akkor

$$L_1 = l_1 + m r \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (21)$$



5. ábra.

c) Lejtős oldalakkal biró gátnál (5. ábra), ha annak magassága az alapfaltól $\overline{BF} = m$, szélessége fent a koronán $\overline{BC} = l_2$, az alapfalon pedig $\overline{AD} = L_2$; továbbá, ha a vizfal rézsüje $\frac{\overline{AF}}{m} = \rho$ és a hátsó fal rézsüje $\frac{\overline{DH}}{m} = r$, tehát $\overline{AF} = m\rho$ és $\overline{DH} = m r$, akkor a *deréknyomás* vagyis az erőknek a déréklő $\left(\overline{Nk}\right)$ irányában való szállitó hatása a vizfal egy méter hosszu részére lesz

$$N = \overline{AB}\frac{m}{2}\gamma;$$

azonban $\overline{AB}^2 = m^2 + \rho^2 m^2$, tehát $\overline{AB} = m\sqrt{1 + \rho^2}$ s igy aztán

$$N = \frac{m^2\gamma}{2}\sqrt{1 + \rho^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (22)$$

A viznyomás nyomatéka vagy forgató hatása a 8. képlet szerint $M = Nx$, ahol $x = \overline{DJ}$ az N erő karját képezi a gátfal külső alapélére vonatkozólag; ezt ugy találjuk, ha D ponttól $\overline{KJ}$ deréklő irányával párhuzamost huzunk s e két párhuzamos merőleges távolságát $(\overline{DJ} = x)$ keressük. $x = \overline{AK} - \overline{AE}$, de $\overline{AK} = \frac{1}{3}\overline{AB}$ és $\overline{AB} = m\sqrt{1+\rho^2}$ s ezek alapján

$$x = \frac{m}{3}\sqrt{1+\rho^2} - \overline{AE} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

ADE és ABF háromszögek hasonlóságából következik, hogy

$$\overline{AD} : \overline{AE} = \overline{AB} : \overline{AF}$$

ebben $\overline{AD} = L_2$, $\overline{AB} = m\sqrt{1+\rho^2}$, $\overline{AF} = m\rho$ s igy aztán lesz

$$\overline{AE} = \frac{L_2 m \rho}{m\sqrt{1+\rho^2}} = \frac{L_2 \rho}{\sqrt{1+\rho^2}}$$

melyet a 23. képletbe helyettesitve, lesz

$$x = \frac{m}{3}\sqrt{1+\rho^2} - \frac{L_2\rho}{\sqrt{1+\rho^2}} = \frac{m(1+\rho^2) - 3L_2\rho}{3\sqrt{1+\rho^2}}$$

A gát talpának szélessége azonban kifejezhető a koronaszélesség és a rézsük által, azaz

$$L_2 = l_2 + m\rho + mr \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

melyet helyettesitve, lesz

$$x = \frac{m(1 - 2\rho^2 - 3\rho r) - 3 l_2 \rho}{3\sqrt{1+\rho^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

Ha most a 8. képletbe $(M = Nx)$ a 22. és 25. képletek szerint talált értékeket irjuk, akkor nyerjük a deréknyomás forgató hatását vagy nyomatékát:

$$M = \frac{m^2 \gamma}{2} \sqrt{1+\rho_2} \times \frac{m(1-2\rho^2-3\rho r)-3 l_2 \rho}{3\sqrt{1+\rho^2}}$$

röviditve s rendezve, lesz *a deréknyomás nyomatéka:*

$$M = \frac{m^3 \gamma}{2} \left(\frac{1-2\rho^2}{3} - \rho r \right) - \frac{m^2 \gamma l_2 \rho}{2} \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

A gát állékonysága egy méter hosszuságra, ha G_1 az I. rész, G_2 a II. rész és G_3 a III. rész sulya, a következő:

$$S_2 = G_1 \left(\frac{1}{3} m \rho + l_2 + m r \right) + G_2 \left(\frac{l_2}{2} + m r \right) + G_3 \times \frac{2}{3} m r$$

Ha γ_1 = a gát köbegységének sulya, akkor

$$G_1 = \frac{1}{2}\, m\, \rho\, m\, \gamma_1 = \frac{1}{2} m^2 \rho \gamma_1 ; \quad G_2 = l_2 m \gamma_1 \text{ és } G_3 = \frac{1}{2}\, m^2 r \gamma_1$$

ezeket helyettesitve, lesz

$$S_2 = \frac{1}{6} m^3 \rho^2 \gamma_1 + \frac{1}{2} m^2 \rho l_2 \gamma_1 + \frac{1}{2} m^3 \rho r \gamma_1 + \frac{1}{2} m \gamma_1 l_2^2 +$$
$$+ m^2 r \gamma_1 l + \frac{1}{3} m^3 r^2 \gamma_1$$

vagy összevonva és rendezve nyerjük a *gát állékonyságát,* mely

$$S_2 = \frac{m^3 \gamma_1}{2} \left(\frac{2}{3} r^2 + r\rho + \frac{1}{3} \rho^2 \right) + m^2 \gamma_1 \left(r + \frac{1}{2} \rho \right) l_2 +$$
$$+ \frac{1}{2} m \gamma_1 l_2^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

Egyensuly esetén kellő biztosság mellett

$$s\, M = S_2$$

kell lenni. Evvel az állékonysággal azonban a gát csak akkor fog birni, ha vastagsága, illetve koronájának szélessége ennek megfelel, miért is eme feltevésből kiindulva kell azt az egyensuly egyenletéből kiszámitani. Ha az előbbi egyenletbe M és S_2 helyett a 26. és 27. egyenlet szerint talált értékeket irjuk, akkor

$$\frac{m^3 \gamma s}{2}\left(\frac{1-2\rho^2}{3}-r\rho\right)-\frac{m^2 \gamma s \rho}{2} l_2=\frac{m^3 \gamma_1}{2}\left(\frac{2}{3} r^2+r\rho+\frac{1}{3}\rho^2\right)+$$
$$+m^2 \gamma_1\left(r+\frac{1}{2}\rho\right) l_2+\frac{m \gamma_1}{2} l_2^2$$

m és γ_1-val osztva, 2-vel szorozva és l_2 szerint rendezve, lesz:

$$l_2^2+l_2\left[2r+\rho\left(1+\frac{\gamma s}{\gamma_1}\right)\right] m=m^2\left[\left(\frac{1-2\rho^2}{3}-r\rho\right)\frac{\gamma s}{\gamma_1}-\right.$$
$$\left.-\left(\frac{2r^2+\rho^2}{3}+r\rho\right)\right]$$

legyen $$\left[2r+\rho\left(1+\frac{\gamma s}{\gamma_1}\right)\right]=\alpha;$$

továbbá $$\left(\frac{1-2\rho^2}{3}-r\rho\right)\frac{\gamma s}{\gamma_1}-\left(\frac{2r^2+\rho^2}{3}+r\rho\right)\Bigg]=\beta;$$ akkor

$$l_2^2+l_2 \alpha m=m^2 \beta$$

és a *gátkoronaszélesség*

$$l_2=-\frac{\alpha m}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha m}{2}\right)^2+m^2 \beta}=-\frac{\alpha m}{2} \pm m \sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2+\beta}$$

vagy csak a $+$ jelt tartva meg s m-et, mint közös szorzót kiemelve

$$l_2=m\left[\sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2+\beta}-\frac{\alpha}{2}\right] \quad \ldots . \quad (28)$$

A *gát talpának szélessége* a 24. képlet alapján

$$L_2=l_2+m(\rho+r) \quad \ldots\ldots \quad (29)$$

5. A gát állékonyságának kellő biztositására szükséges gátvastagság megállapitása az előadott elvek szerint történik nemcsak a kő- és földgátaknál, hanem a kőszekrényes gátaknál is, mivel szerkezetüknél fogva ezek is teljesen összefüggő egészet képeznek és hasonlóan sulyukkal állanak ellent a viznyomás hatásának.

A kőszekrényes gátakat rendesen az építés könnyebb kivitele végett függélyes oldalfalakkal és épszögény keresztmetszettel építik; ezek állékonysága tehát, ha $G =$ a gát szabadon álló részének sulya és $l =$ annak vastagsága, a 14. képlet szerint

$$S = G \frac{l}{2}$$

a viznyomás nyomatéka pedig a 12. képlet szerint

$$M = N \frac{m}{3}$$

hol N a deréknyomás és m a gát magassága az alaptól mérve.

A kellő ellentállás létrehozása céljából, különösen kőszekrényes gátaknál ugy is szoktak eljárni, hogy a gát szabadon álló részének sulyát, a rá nehezedő nyomás háromszorosára veszik, azaz

$$G = 3\,N$$

Hogy meggyőződjünk arról, vajjon eme feltétel mellett mekkora a gát állékonysága, számitsuk ki az állékonysági együttható értékét.

Az egyensuly feltétele itt is kellő szilárdság mellett

$$s\,M = S$$

vagy

$$s\,N \frac{m}{3} = G \frac{l}{2}$$

ha most G helyett $3\,N$-t irunk s l-nek a 17. képlet szerint meghatározott értékét $l = m \sqrt{\frac{1}{3} \frac{\gamma}{\gamma_1}}$ veszszük, akkor

$$s N \frac{m}{3} = 3 N \frac{m}{2} \sqrt{\frac{1}{3} \frac{\gamma}{\gamma_1}}$$

s ebből

$$s = 4{\cdot}5 \sqrt{\frac{1}{3} \frac{\gamma}{\gamma_1}}$$

Ha $\gamma = 1000$ *kg.*-nak és ama viszonynak megfelelően, melyben a fa és kőtölteléknek sulya a kő- vagy földgátak sulyához áll, $\gamma_1 = 1400$ *kg.*-nak veszszük, akkor

$$s = 2{\cdot}20$$

Az ilyen feltételek mellett készült kőszekrényes gátak tehát *nem csekély* állékonysági együtthatóval birnak s ezenkivül minden más ellentállás számitáson kivül marad, amit pl. egyrészt a gáttestnek az alapfallal való szilárd kapcsolása, másrészt pedig a gát gyökereinek a völgy két oldalába való beépitése stb. idéz elő, mert a számitásnál az van feltételezve, hogy a gát csakis saját sulya által képes ellentállani a viznyomás kifordító törekvésének. E körülmények természetesen lényeges befolyást gyakorolnak az egész épitmény szilárdságának és állékonyságának fokozására s ennélfogva a háromszoros vagy még nagyobb biztossági fok felvétele az épitési költségek céltalan emelése lenne.

6. A tárgyalt háromféle alaku gátak vastagságának kiszámitására szolgáló és az előbbiekben levezetett képletekből könnyen ki lehet mutatni, hogy egyenlő állékonysági együttható mellett, a különböző magasságu gátaknál, ha azok egyenlő anyagból készülnek, egyforma keresztmetszettel, egyenlő rézsükkel és szerkezettel birnak, a koronaszélességek a magasságokkal arányosak. Ha tehát *l* és *m* valamely gátnak vastagsága, illetve koronaszélessége és magassága, *l'* és *m'* ugyanolyan anyagból való és szerkezettel biró másik gát vastagsága, illetve koronaszélessége és magassága, akkor

$$l : l' = m : m' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\mathbf{30})$$

mert a 18. képlet alapján

$$l : l' = m\sqrt{\frac{1}{3}\frac{\gamma}{\gamma_1}s} : m'\sqrt{\frac{1}{3}\frac{\gamma}{\gamma_1}s};$$

a 20. képlet alapján

$$l_1 : l_1' = m\left[\sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{\gamma}{\gamma_1}s + r^2\right)} - r\right] : m'\left[\sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{\gamma}{\gamma_1}s + r^2\right)} - r\right]$$

és végül a 28. képlet alapján

$$l_2 : l_2' = m\left[\sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \beta} - \frac{\alpha}{2}\right] : m'\left[\sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \beta} - \frac{\alpha}{2}\right].$$

E tétel szerént egy már létező gát magasságából és vastagságából, illetve koronaszélességéből valamely tervbe vett gát koronaszélességét összehasonlitás utján kényelmesen megállapithatjuk, ha magasságát megelőzőleg már kipuhatoltuk, mert a fennebbiek alapján

$$l' = \frac{l}{m} m' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\mathbf{31})$$

7. *A koronaszélesség és gátmagasság közötti viszony.* Az eddig levezetett (18., 20. és 28.) képletekből az is következik, hogy a koronaszélesség és a gát magassága között, a gátalak és biztossági fok szerént változó viszony áll fenn, melyet — adott magasság mellett, — ama feltétel alapján, hogy a gát a viznyomás hatásának még biztosan képes legyen ellentállani, a leginkább használatos gátalakokra vonatkozólag meg lehet állapitani.

a) Függőleges oldalu gátnál a koronaszélesség és magasság közötti viszony a 18. képlet alapján

$$\frac{l}{m} = \sqrt{\frac{1}{3}\,\frac{\gamma s}{\gamma_1}}$$

Kedvező körülmények között $s = 1{\cdot}5$ vehető s ha most $\gamma = 1000$ *kg.* és az épitőanyag sulyát $\gamma_1 = 2000$ *kg.* veszszük, akkor

$$l = 0{\cdot}5\,m = \frac{m}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\mathbf{32})$$

azaz, ha azt akarjuk, hogy a függőleges oldalakkal biró gát a viznyomás hatásának még biztosan ellentálljon, akkor a koronaszélességet a gátmagasság felénél kisebbre vennünk nem szabad.

b) Függőleges vizfallal és lejtős hátsó fallal biró gátnál a szélesség és magasság közötti viszony a 20. képletnek megfelelőleg

$$\frac{l_1}{m} = \sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{\gamma s}{\gamma_1} + r^2\right)} - r$$

Hogy $\frac{l_1}{m}$ pozitiv mennyiség legyen, okvetlen szükséges, hogy

$$r < \sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{\gamma s}{\gamma_1} + r^2\right)}$$

legyen, miből következik, hogy

$$r < \sqrt{\frac{1}{2}\,\frac{\gamma s}{\gamma_1}}$$

Vegyük itt is $s = 1{\cdot}5$, $\gamma = 1000$ *kg.* és $\gamma_1 = 2000$ *kg.*, akkor lesz:

$$r < \sqrt{\frac{1}{2}\,\frac{1000 \times 1{\cdot}5}{2000}}$$

$$r < 0{\cdot}6$$

Miután azonban a gyakorlatban ugy találjuk, hogy a hátsó fal rézsüje (r) 0·08—0·25-ig, sőt 0·33 is vétetik, vegyük itt is $r = 0{\cdot}33$-nak, akkor

$$\frac{l_1}{m} = \sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{15}{20} + \overline{0{\cdot}33}^2\right)} - 0{\cdot}33$$

$$\frac{l_1}{m} = 0{\cdot}20$$

tehát

$$l_1 = 0{\cdot}2\,m = \frac{m}{5} \quad \ldots\ldots \quad (33)$$

vagyis a függőleges vizfallal és hátul rézsüvel biró gát a viznyomással szemben elegendő ellentállást fejt ki, ha a koronaszélességet a a gát magasságának legkevesebb ötödrészére veszszük.

c) Lejtős oldalakkal biró gátnál a koronaszélesség és gátmagasság közötti viszony a 28. képlet alapján:

$$\frac{l_2}{m} = \sqrt{\left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \beta} - \frac{\alpha}{2}$$

ahol

$$\alpha = 2\,r + \rho\left(1 + \frac{\gamma\,s}{\gamma_1}\right) \quad \text{és}$$

$$\beta = \left(\frac{1 - 2\,\rho^2}{3} - r\,\rho\right)\frac{\gamma\,s}{\gamma_1} - \left(\frac{2\,r^2 + \rho^2}{3} + r\,\rho\right)$$

Ha egyenlő rézsüket veszünk, tehát ha $r = \rho = r_2$ veszünk, akkor

$$\alpha = 3\,r_2 + \frac{\gamma\,s}{\gamma_1}r_2 \quad \text{és} \quad \frac{\alpha}{2} = \frac{3\,r_2}{2} + \frac{\gamma\,s}{\gamma_1}\frac{r_2}{2}$$

$$\beta = \frac{1}{3}\frac{\gamma\,s}{\gamma_1} - \frac{5\,r_2^2}{3}\frac{\gamma\,s}{\gamma_1} - 2\,r_2^2$$

ha ezeket az értékeket behelyettesitjük, találjuk, hogy

$$\frac{l_2}{m} = \sqrt{\left(\frac{3r_2}{2} + \frac{r_2}{2}\frac{\gamma s}{\gamma_1}\right)^2 + \frac{1}{3}\frac{\gamma s}{\gamma^1} - \frac{5r_2^2}{3}\frac{\gamma s}{\gamma_1} - 2r_2^2} - \left(\frac{3r_2}{2} + \frac{r_2}{2}\frac{\gamma s}{\gamma_1}\right)$$

Hogy $\frac{l_2}{m}$ pozitiv értékü legyen, okvetlen szükséges, hogy

$$\left(\frac{3r_2}{2} + \frac{r_2}{2}\frac{\gamma s}{\gamma_1}\right) < \sqrt{\left(\frac{3r_2}{2} + \frac{r_2}{2}\frac{\gamma s}{\gamma_1}\right)^2 + \frac{1}{3}\frac{\gamma s}{\gamma_1} - \frac{5r_2^2}{3}\frac{\gamma s}{\gamma_1} - 2r_2^2}$$

legyen, miből azután következik, hogy

$$r_2 < \sqrt{\frac{\gamma s}{5\gamma s + 6\gamma_1}}$$

Ha itt is $s = 1{\cdot}5$, $\gamma = 1000$ *kg.* és $\gamma_1 = 2000$ *kg.*-nak veszszük s ezeket helyettesitjük, akkor lesz

$$r_2 < \sqrt{\frac{1000 \times 1{\cdot}5}{5 \times 1000 \times 1{\cdot}5 + 6 \times 2000}}$$

vagyis $r_2 < 0{\cdot}28$ kell lenni. Vegyük fel $r_2 = 0{\cdot}2$, akkor az előbbi adatokkal számitva

$$\frac{l_2}{m} = 0{\cdot}1$$

vagy

$$l_2 = 0{\cdot}1\, m = \frac{m}{10} \quad \ldots\ldots \quad (\mathbf{34})$$

azaz, ha a gáttest lejtős oldalakkal bir, elegendő állékonysága lesz már akkor is, ha a koronaszélesség a gátmagasságnak tizedrészét teszi.

8. *A különböző alaku gátak anyagszükségletének összehasonlitása egyenlő állékonyság mellett.* Legyen a gát magassága $= m$, hosszusága $= h$, köbegységének sulya $= \gamma_1$, akkor

a) a függőleges oldalakkal biró gátnak *volumenje*, ha $l =$ a gátkoronaszélesség:

$$V = m\, l\, h \quad \ldots\ldots\ldots \quad (\mathbf{35})$$

és állékonysága h hosszuságra a 16. képlet szerént

$$S = \frac{1}{2} m \gamma_1 l^2 h \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \textbf{(36)}$$

b) A függőleges vizfalu és hátul rézsüvel (r) biró gát volumenje, ha l_1 = a koronaszélesség:

$$V_1 = m h \left(l_1 + \frac{m r}{2} \right) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad \textbf{(37)}$$

állékonysága, h hosszuságra a 19. képlet szerént

$$S_1 = m h \gamma_1 \left(\frac{m^2 r^2}{3} + l_1 m r + \frac{1}{2} l_1^2 \right) \quad . \; . \; . \quad \textbf{(38)}$$

A két gátalaknál egyenlő állékonyságot tételezve fel

$$S = S_1$$

kell lenni, vagyis

$$\frac{1}{2} m \gamma_1 l^2 h = m h \gamma_1 \left(\frac{m^2 r^2}{3} + l_1 m r + \frac{1}{2} l_1^2 \right)$$

ha ezt kellő módon röviditjük és l_1 szerint megoldjuk, lesz:

$$l_1 = \sqrt{l^2 + \frac{m^2 r^2}{3}} - m r \quad . \; . \; . \; . \; . \quad \textbf{(39)}$$

helyettesitve ezt a 37. képletbe:

$$V_1 = m h \left(\sqrt{l^2 + \frac{m^2 r^2}{3}} - \frac{r m}{2} \right) \quad . \; . \; . \; . \quad \textbf{(40)}$$

A két volumen közötti különbség adja az anyagmegtakaritást, vagyis

$$V - V_1 = m h \left[l - \left(\sqrt{l^2 + \frac{m^2 r^2}{3}} - \frac{m r}{2} \right) \right]$$

$$V - V_1 = m h \left(l + \frac{m r}{2} - \sqrt{l^2 + \frac{m^2 r^2}{3}} \right)$$

A különbség akkor lesz pozitiv, ha

$$l+\frac{mr}{2}>\sqrt{l^2+\frac{m^2r^2}{3}}$$

azaz

$$12\frac{l}{m}>r$$

vagyis mindaddig, mig a hátsó rézsü a függőleges falu gát vastagsága és magassága közötti viszony tizenkétszeresénél kisebb, a függőleges vizfalu és hátsó rézsüvel biró gátnál anyagmegtakaritás történik.

Hogy a 39. képlet szerént pozitiv koronaszélességet nyerhessünk, okvetlen szükséges, hogy

$$mr<\sqrt{l^2+\frac{m^2r^2}{3}}$$

legyen, miből következik, hogy

$$mr<1{\cdot}2\,l$$

kell lenni. Ha $mr=l$ veszszük, akkor a 39. képlet alapján

$$l_1=\sqrt{\frac{4}{3}l^2}-l$$

vagy

$$l_1=0{\cdot}15\,l$$

Ezt a 37. képletbe helyettesitve, leend

$$V_1=mh\left(0{\cdot}15\,l+\frac{l}{2}\right)=0{\cdot}65\,mhl\quad . \quad . \quad . \quad (\mathbf{41})$$

és az anyagmegtakaritás, vagyis a 35. és 41. képletek közötti különbség

$$V-V_1=mhl-0{\cdot}65\,mhl$$

miből aztán az *anyagmegtakaritás*

$$V-V_1=0{\cdot}35\,mhl\quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\mathbf{42})$$

vagyis a függőleges vizfalu és hátsó rézsüvel biró gát, — egyenlő anyagot, magasságot és állékonyságot felvéve, — a függőleges oldalu gáttal szemben 35%-nyi anyagmegtakaritást mutat.

c) Lejtős oldalakkal biró gátnál a volumen h hosszuság mellett

$$V_2 = m\,h\left(l_2 + \frac{m\,r + m\,\rho}{2}\right)$$

és az állékonyság a 27. képlet szerént h hosszuság mellett

$$S_2 = \frac{m^3\,h\,\gamma_1}{2}\left(\frac{2}{3}r^2 + r\,\rho + \frac{1}{3}\rho^2\right) + m^2\,h\,\gamma_1\left(r + \frac{1}{2}\rho\right)l^2 +$$
$$+ \frac{1}{2}m\,h\,\gamma_1\,l_2^2$$

Vegyünk fel egyenlő rézsüket, tehát legyen $r = \rho = r_2$, akkor a volumen

$$V_2 = m\,h\,(l_2 + m\,r_2) \quad \ldots\ldots \quad (43)$$

és a gát állékonysága

$$S_2 = \frac{m\,h\,\gamma_1}{2}(2\,m^2\,r_2^2 + 3\,m\,r_2\,l_2 + l_2^2) \quad \ldots \quad (44)$$

Hogy a lejtős oldalakkal biró gát a függőleges falu gáttal egyenlő ellentállást fejthessen ki, az állékonyságoknak egyenlőknek kell lenni, azaz

$$S = S_2$$

vagyis, ha a 36. és 44. képletek szerént ezek értékeit veszszük:

$$\frac{1}{2}m\,\gamma_1\,l^2\,h = \frac{1}{2}m\,\gamma_1\,h\,(2\,m^2\,r_2^2 + 3\,m\,r_2\,l_2 + l_2^2)$$

röviditve, összevonva és l_2 szerént megoldva, lesz:

$$l_2 = \frac{1}{2}\left[\sqrt{4\,l^2 + m^2\,r_2^2} - 3\,m\,r_2\right] \quad \ldots \quad (45)$$

Hogy l_2 pozitiv értékü legyen, szükséges, hogy

$$3\,m\,r_2 < \sqrt{4\,l^2 + m^2\,r_2{}^2}$$

legyen; miből aztán következik, hogy

$$m\,r_2 < 0{\cdot}71\,l$$

vagy

$$r_2 < 0{\cdot}71\,\frac{l}{m}$$

kell lenni. Vegyük $r_2 = 0{\cdot}7\,\frac{l}{m}$, akkor $m\,r_2 = 0{\cdot}7\,l$ s ennélfogva, ha ezt a 45. képletbe helyettesitjük, lesz:

$$l_2 = \frac{1}{2}\left[\sqrt{4\,l^2 + 0{\cdot}49\,l^2} - 2{\cdot}1\,l\right]$$

$$l_2 = \frac{1}{2}\,l\left[\sqrt{4{\cdot}49} - 2{\cdot}1\right]$$

$$l_2 = 0{\cdot}5\,(2{\cdot}12 - 2{\cdot}1)\,l$$

vagy

$$l_2 = 0{\cdot}01\,l\,.$$

Ha ezt az értéket a 43. képletbe helyettesitjük és ismét $m\,r_2 = 0{\cdot}7\,l$-t veszünk, akkor a volumen lesz

$$V_2 = m\,h\,(0{\cdot}01\,l + 0{\cdot}7\,l)$$

$$V_2 = 0{\cdot}71\,m\,h\,l \quad . \;.\;.\;.\;.\;. \quad \textbf{(46)}$$

Az *anyagmegtakaritás* pedig a 35. és 46. képlet alapján

$$V - V_2 = m\,h\,l - 0{\cdot}71\,m\,h\,l = m\,h\,l\,(1 - 0{\cdot}71)$$

azaz

$$V - V_2 = 0{\cdot}29\,m\,h\,l \quad . \;.\;.\;.\;.\;. \quad \textbf{(47)}$$

Ennélfogva tehát a lejtős oldalakkal biró gát egyenlő minőségü anyag, egyenlő magasság és állékonyság feltétele mellett, — a függőleges oldalu gáttal szemben 29%-nyi anyagmegtakaritást mutat, de a fügőleges vizfalu és hátsó rézsüvel biró gát ellenében az anyagmegtakaritás a 41. és 46. képletek alapján

$$V_2 - V_1 = 0{\cdot}71\,m\,h\,l - 0{\cdot}65\,m\,h\,l = (0{\cdot}71 - 0{\cdot}65)\,m\,h\,l$$

$$V_2 - V_1 = 0{\cdot}06\,m\,h\,l \quad \ldots\ldots \quad (48)$$

6%-kal kevesebb.

Mindezekből következik, hogy az ismertetett gátalakok közül takarékossági és gazdasági szempontból a fügőleges vizfalu és hátsó rézsüvel biró gát a legelönyösebb, mert ez ugyanazon állékonyság mellett legkevesebb épitőanyagot igényel.

9. *A leginkább használatos alaku gátak anyagszükségleteinek összehasonlitása a kipuhatolt minimális koronaszélesség mellett.*

A 7. pont alatt láttuk már, hogy bizonyos minimális gátkoronaszélesség mellett még mindig megfelelő állékonyság érhető el s hogy ez a szélesség a gát magasságával annak alakjától függő viszonyban áll; nevezetesen

a) a függőleges oldalu gátnál a 32. képlet szerént

$$l = \frac{m}{2}$$

b) a függőleges vizfalu és hátsó rézsüvel biró gátnál, a 33. képlet szerént

$$l_1 = \frac{m}{5}$$

c) a lejtős oldalu gátnál, a 34. képlet szerént

$$l_2 = \frac{m}{10}$$

Hogy e gátak melyikénél és mekkora anyagmegtakaritás mutatkozik, azt megitélhetjük, ha kiszámitjuk egyforma épitőanyag, egyenlő magasság s hosszuság és a koronaszélesség előbbi feltétele mellett mindenik gátnak anyagszükségletét külön-külön és egymással összehasonlitjuk. Az összehasonlitást legegyszerübben amaz ismert tétel alapján tehetjük, mely szerént egyenlő magasságu és hosszuságu testek volumenjei ugy aránylanak, mint azok keresztmetszeteinek felületei. Az összehasonlitás czéljából legyen a gátak közös magassága $= m$ és hosszusága $= h$; akkor

a) ha a függőleges oldalu gát vastagsága $= l$, keresztmetszetének felülete $= f$ és volumenje $= V$, leend

$$f = m\,l$$

de a feltétel szerint

$$l = \frac{m}{2}$$

s igy

$$f = \frac{m^2}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

b) a függőleges vizfalu gátnál, ha a keresztmetszet felülete $= f_1$, a gátkoronaszélesség $= l_1$, a hátsó fal rézsüje $= r$ és a gát volumenje $= V_1$, akkor

$$f_1 = \frac{l_1 + l_1 + m\,r}{2}\,m = \left(l_1 + \frac{m\,r}{2}\right)m$$

s ha a feltétel (7 *b* pont) szerint $l_1 = \frac{m}{5}$ és $r = \frac{1}{3}$ veszszük, akkor

$$f_1 = \left(\frac{m}{5} + \frac{1}{3}\,\frac{m}{2}\right)m = \frac{m^2}{5} + \frac{m^2}{6}$$

vagyis

$$f_1 = \frac{11}{30}\,m^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Ismeretes dolog, hogy

$$V : V_1 = f : f_1 = \frac{m^2}{2} : \frac{11}{30}\,m^2 = \frac{1}{2} : \frac{11}{30}$$

azaz

$$V : V_1 = 0{\cdot}50 : 0{\cdot}37$$

miből aztán

$$V_1 = \frac{0{\cdot}37}{0{\cdot}50} V$$

vagyis

$$V_1 = 0{\cdot}74\, V \quad \dots\dots\dots \quad \textbf{(51)}$$

Az anyagmegtakaritást a függőleges oldalu gáttal szemben a két volumen közötti különbség adja, mely

$$V - V_1 = V - 0{\cdot}74\, V = (1 - 0{\cdot}74)\, V$$

tehát

$$V - V_1 = 0{\cdot}26\, V \quad \dots\dots \quad (52)$$

vagyis, ha a minimális gátkoronaszélességet veszszük számitásba, akkor a függőleges vizfalu gát, megfelelő állékonysági fok mellett 26%-nyi anyagmegtakaritást mutat a függőleges oldalu gáttal szemben.

c) Legyen a lejtős oldalakkal biró gát keresztmetszetének felülete $= f_2$ és volumenje $= V_2$; egyenlő rézsük mellett, ha azokat r_2-rel s a gátkoronaszélességet l_2-lel jelöljük, lesz:

$$f_2 = \frac{l_2 + r_2 m + l_2 + r_2 m}{2} m = (l_2 + r_2 m) m$$

azonban az előzők (7 *c* pont) szerint

$$l_2 = \frac{m}{10} \quad \text{és} \quad r_2 = 0{\cdot}24\,,$$

minélfogva

$$f_2 = \frac{m^2}{10} + 0{\cdot}24\, m^2 = 0{\cdot}1\, m^2 + 0{\cdot}24\, m^2$$

vagyis

$$f_2 = 0{\cdot}34\, m^2 \quad \dots\dots\dots \quad \textbf{(53)}$$

Minthogy a volumenek és keresztmetszetek felületei egyenes arányban állanak, ugy lesz

$$V : V_2 = f : f_2 = 0{\cdot}5\,m^2 : 0{\cdot}34\,m^2$$

vagyis pedig

$$V : V_2 = 0{\cdot}50 : 0{\cdot}34$$

miből aztán

$$V_2 = \frac{0{\cdot}34}{0{\cdot}50}\,V$$

azaz a *volumen*

$$V_2 = 0{\cdot}68\,V \quad \ldots\ldots \quad (54)$$

A függőleges oldalu gáttal szemben mutatkozó *anyagmegtakaritás*

$$V - V_2 = V - 0{\cdot}68\,V = (1 - 0{\cdot}68)\,V$$

minélfogva

$$V - V_2 = 0{\cdot}32\,V \quad \ldots\ldots \quad (55)$$

A lejtős oldalakkal biró gát tehát megfelelő állékonyság és a kipuhatolt minimális koronaszélesség felvétele mellett a függélyes oldalu gáttal szemben 32%-nyi anyagmegtakaritást mutat.

Ha a függőleges vizfalu gáttal hasonlitjuk össze, akkor avval szemben is a lejtős oldalu gátnál *anyagmegtakaritást állapithatunk meg*, mely az 51. és 54. képletek alapján

$$V_1 - V_2 = 0{\cdot}74\,V - 0{\cdot}68\,V = (0{\cdot}74 - 0{\cdot}68)\,V$$

$$V_1 - V_2 = 0{\cdot}06\,V \quad \ldots\ldots \quad (56)$$

tehát az anyagmegtakaritás a függőleges vizfalu s hátul rézsüvel biró gáttal szemben, megfelelő állékonyság mellett 6%-nyi.

Az előbbiek szerint talált eredményekből következik, hogy a *lejtős oldalu gátak* minimális koronaszélesség mellett nemcsak *megfelelő állékonyságot* biztositanak, hanem *legnagyobb anyagmegtakaritást* is nyujtanak s igy ezeknek alkalmazása, vizfogó gátaknál különösen ott ajánlható, hol elegendő biztosság mellett még bizonyos takarékosság elérésére is törekedni kell.

10. Az előadottak után nem nehéz belátni, — de az állékonyság fogalmából is következik, hogy egyenlő állékonyság mellett, a gátkorona szélességének csökkentésével és a rézsü nagyobbitásával az anyagszükséglet apad; tehát gazdasági szempontból előnyösebb a gátkoronát lehető keskenyre, — s evvel szemben a rézsüt nagyobbra venni. A koronaszélesség apasztásával azonban, — részint az épitmény egyes részeinek s az épitő anyagnak szilárdabb kapcsolása miatt, részint pedig az időjárás és hőmérsékletváltozás hátrányos befolyásának ellensulyozása céljából, *bizonyos határon alul menni nem szabad.* A minimális koronaszélesség, még az egészen alacsony gátaknál is, tapasztalat szerint 0·8 *m.*-nél kisebb nem lehet; magától értetődik, hogy kedvezőtlenebb körülmények között, különösen magasabb gátfalaknál azt a fenforgó viszonyoknak megfelelően nagyobbra — a gátudvarban összegyülő viz magasságának $^1/_4$—$^1/_3$-ára is szükséges venni, hogy a gát feladatának biztosan megfelelhessen. Egyébként e tekintetben a helyi viszonyokon kivül még az épitő anyag sajátságai, az épités kivitelének mikéntje, a gát keresztmetszetének alakja stb. irányadók.

Ha a gátfal rézsüi előlegesen és tetszés szerint vétetnek fel, akkor a koronaszélesség a 4. pont alatt megállapitott elvek szerint számittatik ki; e számitás azonban néha kisebb koronaszélességet eredményez, mint a 7-ik pontban megállapitott, vagy a fennebb megadott minimális koronaszélesség (0·8 *m.*). Ebben az esetben előnyös a koronaszélességet és az egyik rézsüt a gyakorlat igényeinek és a fenforgó viszonyoknak megfelelően felvenni s a másik rézsüt (rendesen a hátsót) az egyensuly képletéből $sM = S_2$-ből kiszámitani. Különösen alacsony gátaknál megeshetik, hogy a felvett koronaszélesség, vizudvar felőli rézsü és állékonysági együttható mellett, számitás utján *igen csekély, vagy éppen minus előjelü hátsó rézsüt* nyerünk; ez azt jelenti, hogy a gátfalnak, már a minimális koronaszélesség által elegendő vagy nagyobb állékonysága van, mint a minő a felvett állékonysági együttható által kifejezett mértékig megkivántatik s ilyen esetben azután helyesen ugy járunk el, hogy a koronaszélesség és a vizfal rézsüjének csökkentése és az állékonysági együttható nagyobbitása által emeljük a hátsó rézsü értékét a gyakorlat által legjobbnak ismert mértékig. Természetes, hogy e tekintetben is mindig az adott viszonyokkal, az épitő anyag tulajdonságaival, az épitmény szerkezetével, a gátalakkal stb. kell számot vetni.
