

FAUR KRISZTINA BEÁTA, SZABÓ IMRE,

GEOTECHNIKA

5



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

V. AZ ALAPTESTEK ÁLLÉKONYSÁGÁNAK A VIZSGÁLATA

1. TALAJTÖRÉSSSEL, FELÚSZÁSSAL, ELCSÚZÁSSAL, FELBILLENÉSSSEL SZEMBENI BIZTONSÁG

Az épületek, létesítmények állékonyságának a feltétele, hogy felúszással, elcsúzással, elbillenéssel, talajtöréssel szemben kellő biztonsággal rendelkezzenek, természetesen a gazdaságosság határain belül. A továbbiakban nézzük meg, hogyan végezhethetjük el az állékonysági vizsgálatokat, szem előtt tartva, hogy mindegyik összefüggésben kell, hogy legyen a talaj teherbírásával.

Talajtöréssel szembeni biztonság

Az előző fejezetben megismertek alapján nézzük meg, hogyan határozhatjuk meg egy meglévő alaptest **talajtöréssel szembeni biztonságát**, függőleges, központos eredő erő esetén.

Ferde, excentrikus eredőknél az együttes elcsúzási-, ill. felbillenési és talajtörési biztonságot kell meghatározni.

A talaj törőteherbírására megismert összefüggést felhasználva,

a) sávalaptest 1 m hosszúra a törőterhelés:

$$P_t^{sáv} = B \cdot [B \cdot \gamma \cdot N_\gamma(\varphi) \cdot s_\gamma + q \cdot N_q(\varphi) \cdot s_q + c \cdot N_c(\varphi) \cdot s_c] \quad (5.1)$$

b) pillér alaptest esetén (L=B) a törőteher:

$$P_t^{pillér} = B^2 \cdot [B \cdot \gamma \cdot N_\gamma(\varphi) \cdot s_\gamma + q \cdot N_q(\varphi) \cdot s_q + c \cdot N_c(\varphi) \cdot s_c] \quad (5.2)$$

Mindkét esetben a kifejezések a következő alakban rendezhetők:

$$f_1[B, q, s_i, \gamma, N_i(\varphi)] \quad (5.3)$$

ahol: N_i a három állékonysági tényező, amelyek csak φ függvényei. A konstans B, q, s_i és γ behelyettesítése után a következő jellegű kifejezést kapjuk:

$$c = f_2(\varphi) \quad (5.4)$$

Az 5.4 összefüggés azt fejezi ki, hogy az adott esetben milyen összetartozó $\varphi - c$ értékpárookra van szükség ahhoz, hogy az alaptestnek az alaptöréssel szembeni biztonsága éppen egységnyi legyen.

A biztonsági tényezőt a **7.17. ábrán** (lásd a 7. fejezetben) a rézsűk állékonyságvizsgálatánál tárgyaltakhoz teljes mértékben megegyezően kell meghatározni. Ha több $\varphi - c$ értékpárral rendelkezünk, akkor a **7.18. ábrán** (lásd ugyanott) feltüntetett és a hozzá tartozó magyarázó szövegben leírtaknak megfelelően kell eljárni.

A felúszással szembeni biztonság

Elsősorban a viszonylag kis súlyú (könnyű, nagy térfogatú műtárgyak, mint pl. földalatti tartály, gyalogos aluljáró, földalatti garázs stb), a nyugalmi vízszint alatt alapozott építmények vagy műtárgyak esetében merül fel a vizsgálat szükségessége.

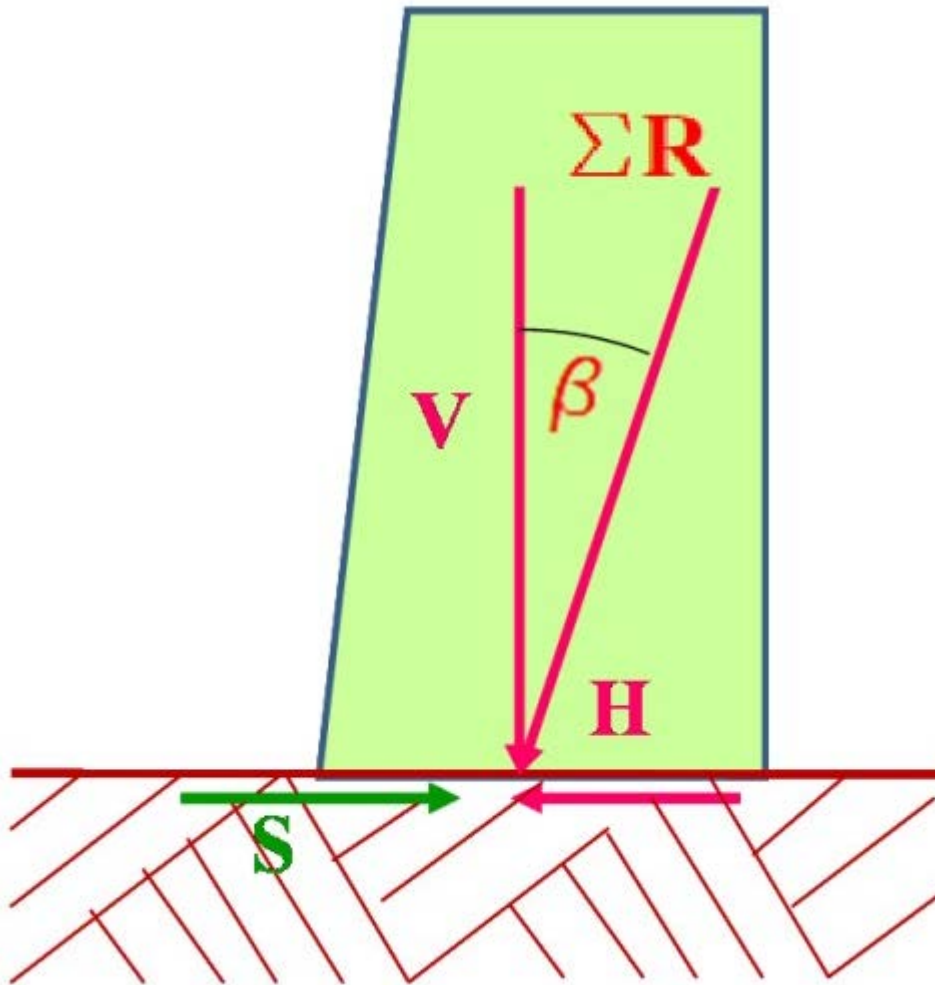
Az ellenőrzéshez az alap és a szerkezet önsúlyának, a földnyomásból származó aktív- és passzív-, valamint a sűrítődésből származó erőknek és a felhajtó erőnek az egyensúlyát kell vizsgálni. Alaptesteknél ez a probléma ritkán fordul elő.

Az elcsúzással szembeni biztonság

Mint már korábban említésre került, a valóságban nagyon ritka, hogy az eredő tömegerőnek csak függőleges komponense van. Mindazon műtárgyak esetében, amelyekre az alapsík fölött vízszintes erők hatnak (pl. a víz áramlási nyomása, földnyomás stb.) Meg kell vizsgálni az elcsúzással és az elbillenéssel (lásd 5.4 alatt ►) szembeni

biztonságot.

Az elcsúszással szembeni vizsgálatot általában a csúszó súrlódás mechanikai alaptörvénye alapján szokták elvégezni.



5.1. ábra: Az alaptest elcsúszásának a vizsgálata az altalaj teherbírásának figyelmen kívül hagyásával

Az 5.1 ábra alapján:

$$n \cdot H = V \cdot f \quad (5.5)$$

ahol

- n: a biztonsági tényező,
- f: a fajlagos súrlódási tényező.

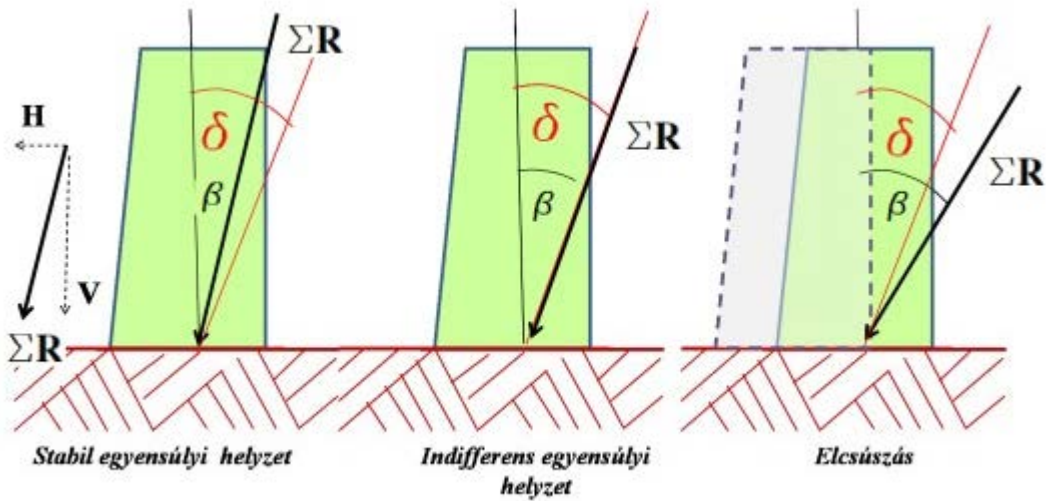
Mivel $H = R \cdot \sin \beta$; $V = R \cdot \cos \beta$, f helyett a talaj és az alaptest közötti súrlódási szög (δ) tangensét írva:

$$n \cdot \operatorname{tg} \beta \leq \operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg} \varphi \quad (5.6)$$

vagy

$$n \cdot \beta \leq \delta \cong \varphi \quad (5.7)$$

Az (5.7) szerinti egyensúlyi helyzeteket az 5.2. ábra szemlélteti.



5.2. ábra: Az alaptest különböző egyensúlyi helyzete csúsztató erő esetében

Kemény agyagtalajok esetén a fenti összefüggés még az elcsúszó felületen fellépő adhézióval ($a = c \cdot B$) bővül, vagyis

$$n \cdot \operatorname{tg} \beta \leq \operatorname{tg} \delta + \frac{c \cdot B}{R \cos \beta} \quad (5.8)$$

Mint látjuk, a fenti összefüggésekből a külső erőhatás abszolút nagysága a klasszikus vizsgálatban sem játszik szerepet, s ezt a gyakorlati tapasztalat nem támasztotta alá. Ezen összefüggésekkel számolva az alaptest elcsúszását úgy vizsgáljuk, mintha merev test mozdulna el egy másik merev testen.

Kézdi és Varga, az Erzsébet-híd talajvizsgálatakor nyitott kutatógödörbe 25 cm élhosszúságú kockákat betonoztattak, s különböző normálterhelések mellett mérték a folyamatos mozgáshoz szükséges erőt. Az adódott, hogy a H erő nem az (5.5) összefüggés szerint (azaz lineárisan) nőtt, hanem az 5.3 ábrán feltüntetettek szerint alakult. A jelenséget azzal magyarázták, hogy ferde terheléskor a V növekedtével csúszólap alakul ki. Ennek bizonyítására a kavicsba deszkalapot építettek be, s ekkor a V és H közötti összefüggés valóban lineáris volt. Magyarázata, hogy bizonyos határon túl a normál erő csökkenti a csúszással szembeni ellenállást.

Varga az elcsúszás vizsgálatára a ferde terhelésre kidolgozott **Dubrová**-féle elméletet javasolja felhasználni, de kiindulhatunk bármely más elfogadott elméletből is. A vizsgálat során különböző ferdeség mellett meg kell határoznunk az egységnyi biztonsági tényezőhöz ($\nu = 1$) tartozó F_{Σ} törőerő értékeket, és így kapjuk a "b" jelű görbét az 5.3 ábrán. Mindaddig, amíg az eredő ferde erő a "b" jelű görbén "belülre" esik, az elcsúszással és az alaptöréssel szembeni biztonság nagyobb, mint egy.

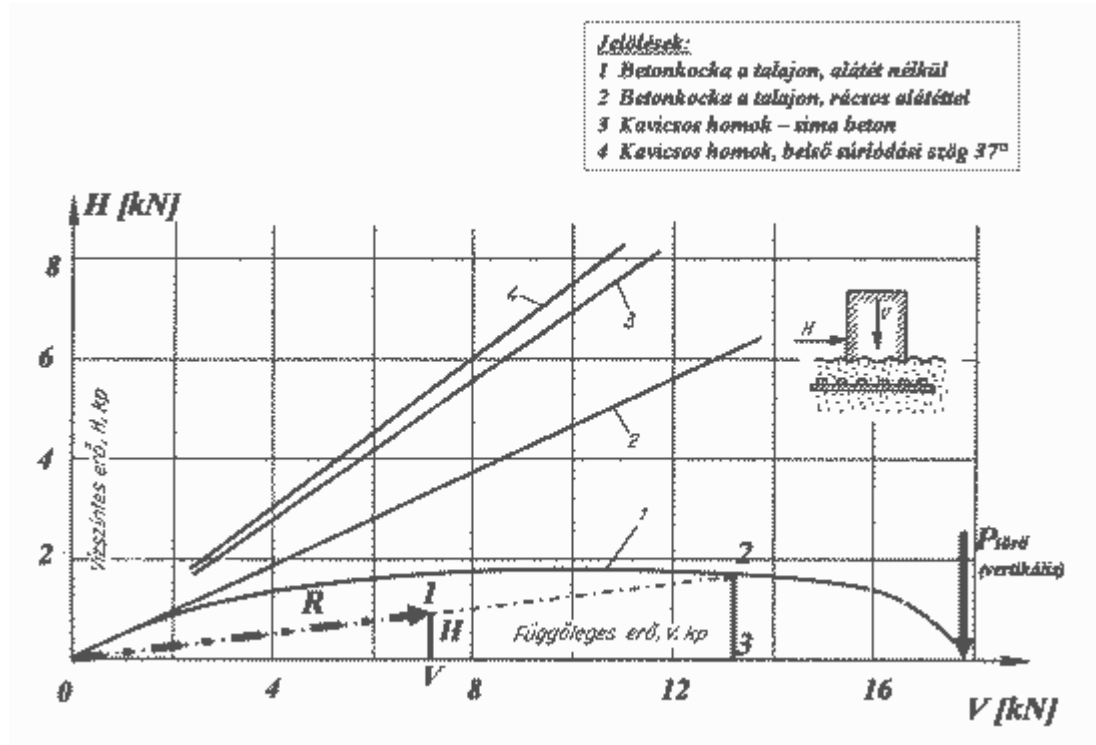
Amennyiben az eredő tömegeerő $R = \overline{01}$, akkor a töréssel és elcsúszással szembeni együttes biztonság a

$$\nu_{\text{törés+csúszás}} = \frac{\overline{02}}{\overline{01}}$$

összefüggésből adódik.

Az elcsúszással szembeni biztonság:

$$V_{\text{elcsúszás}} = \frac{\overline{23}}{H} \quad (5.9)$$



5.3. ábra: Az alaptöréssel és elcsúszással szembeni együttes biztonság meghatározása

Az 5.5-5.8 összefüggések használata csak a törőterheléstől távol maradó kis terheléseknél megengedett. Gyakorlati számításoknál a következő irányelv ajánlott: [1]

- Amennyiben $P_t/V \geq 3$ (vagyis a töréssel szemben a biztonság nagyobb, mint 3), akkor a merev testen történő elcsúszás vizsgálata használható, ahol P_t a törőerő.
- Amennyiben $P_t/V \leq 3$, akkor az alaptörés és elcsúszás együttes biztonságát a fentiekben bemutatottak szerint kell elvégezni.

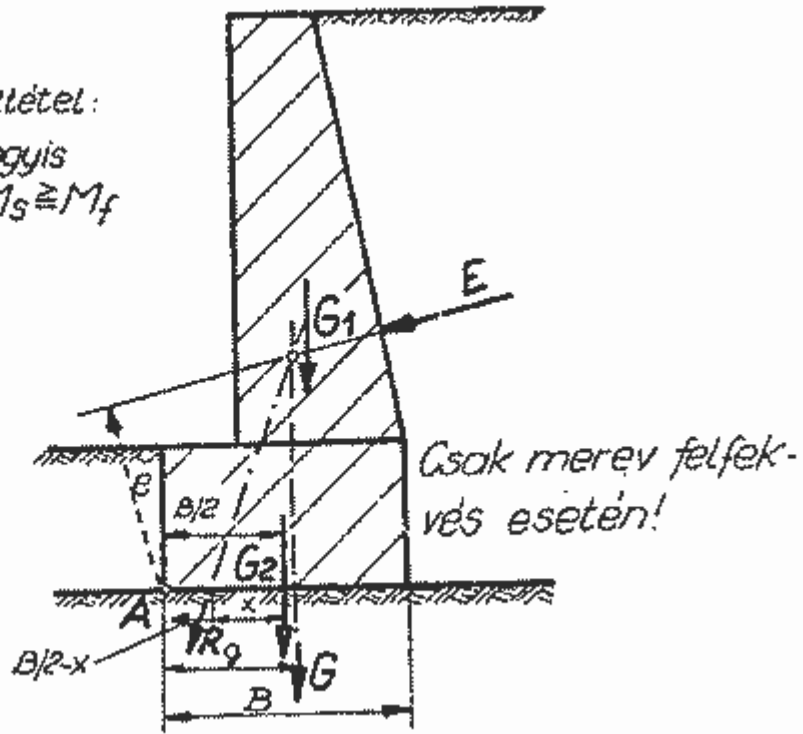
A felbillenéssel szembeni biztonság

Amennyiben az eredő tömegerő excentrikus, felmerül a **felbillenés veszélye**. Hagyományos, a statikai számításokból jól ismert megoldást tüntet fel az **5.4 ábra**. Az alapelv a felbillenést akadályozó erők nyomatékának (M_g) nagyobbak kell lennie a jelenséget előidéző erők nyomatékánál (M_f), vagyis

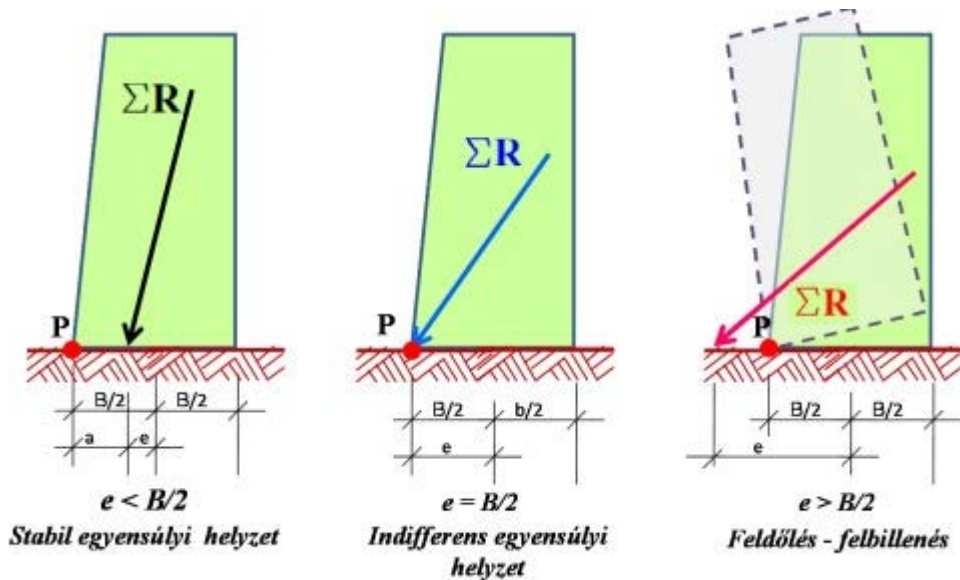
$$g \cdot \Sigma G_i \geq n \cdot e \cdot E \quad (5.11)$$

- n: biztonsági tényező.

Stabilitási feltétel:
 $\Sigma Gg \geq n \Sigma Ee$ vagyis
 $M_s \geq M_f$



5.4. ábra: A felbillenési biztonság értelmezése az altalaj teherbírásának figyelmen kívül hagyásával

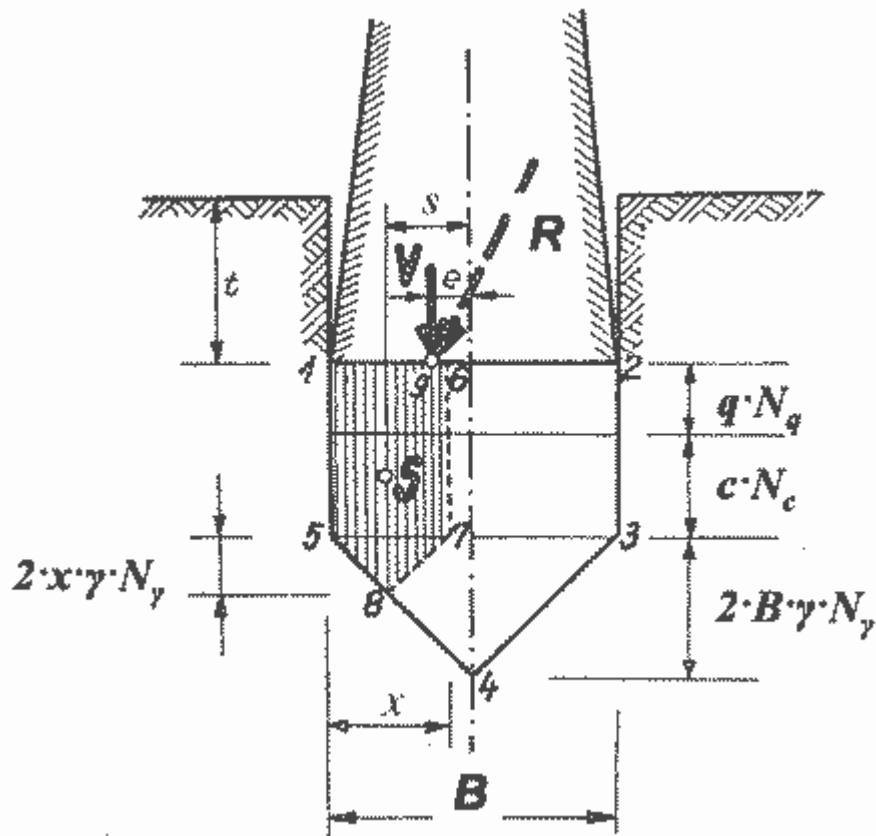


5.5. ábra: Az alaptest felbillenési egyensúlyi helyzetei az altalaj teherbírásának figyelmen kívül hagyása esetében

Belátható, hogy az 5.11 összefüggés csak merev testnek merev alapon való felbillenésére igaz, azonban a P pont környezetében az *élterhelés* hatására az altalaj összenyomódik, a forgáspont beljebb tolódik, a felbillenési biztonság csökken.

Legjobb, ha a felbillenési biztonságot a talaj teherbírásával együttesen vizsgáljuk (5.6. ábra). A teherbírást az ábrán a teherbírásra vonatkozó ismert összefüggés alapján az 1-5 pontokkal adott maximálisan lehetséges talpfeszültségek ábrájával szemléltethetjük, s a tényleges talpfeszültségek sohasem léphetnek ki ebből az idomból. Az 1-6-7-8-5 sarokpontú, sraffozott idom területe a *külpontos terheléssel* – ill. annak V vertikális komponensével - egyenlő, vagyis:

$$(2 \cdot x \cdot \gamma \cdot N_y \cdot i_y + q \cdot N_q \cdot i_q + c \cdot N_c \cdot i_c) \cdot x = V \quad (5.12)$$



5.6. ábra: Az alaptest felbillenési biztonságának a meghatározása az altalaj teherbírásának a figyelembe vételével

A fenti összefüggésből x meghatározható. A sraffozott ábra súlypontja:

$$s = \frac{B - x}{2} \quad (5.13)$$

távolságra van a középvonaltól, és a V erő külpontossága maximálisan ekkora lehet.

Varga szerint a felbillenéssel szembeni biztonság megfelelő, amennyiben

$$\bar{19} > \frac{x}{2} \quad (5.14)$$

ahol a 9 a ferde, excentrikus eredő támadáspontja. Amennyiben az (5.14) feltétel teljesül, az egyben a töréssel szembeni megfelelő biztonságot is jelenti. (Megjegyzés: az R erő a biztonsági tényezőkkel növelt terheléseknek a felborulás szempontjából legkedvezőtlenebb eredője.)

A billenés biztonsági mérőszáma:

$$V_{\text{billenés}} = \frac{s}{e} \quad (5.15)$$

Szokásos korlátozás: az eredő ne lépjen ki az alapfelület belső magjából, azaz

$$e \leq B/6 \text{ legyen.}$$

2. FELADATOK

Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.
 A feladat végső eredményének a mindenkori **legutolsó megoldás** számít.

Döntse el, hogy az állítás igaz vagy hamis!

1. Állékonyságvizsgálatoknál az állékonysághoz szükséges kohézió a
 következő típusú kifejezéssel adható meg $c = f_1 [B, q, s_i, \gamma]$

I	H

Adja meg a helyes választ!

2. **Melyik megállapítás igaz? Az N_i állékonysági tényező:**

a talaj belső súrlódási szögének a függvénye

csak a kohéziónak a függvénye

a talaj nyírószilárdságának a függvénye

3. **Mikor igaz, hogy az elcsúszással szembeni biztonság a következő összefüggéssel vizsgálható?** $n \cdot \operatorname{tg} \beta \leq \operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg} \varphi$

Minden esetben.

Ha a töréssel szemben a biztonság nagyobb, mint 3.

Ha a töréssel szemben a biztonság kisebb, mint 3.

4. **Vizsgálható-e az elcsúszással szembeni biztonság az $n \cdot \operatorname{tg} \beta \leq \operatorname{tg} \delta \leq \operatorname{tg} \varphi$ összefüggéssel egy $\mu = 45^\circ$ hajlású, 10 kN nagyságú ferde eredő erő esetében, ha az alapfelület nagysága 1 m^2 ?**

Igen

Nem

5. **Melyik megfogalmazás igaz?**

Ferde eredő estében az alaptöréssel és elcsúszással és felbillenéssel szembeni együttes biztonságot kell vizsgálni.

Ferde eredő estében az alaptöréssel és elcsúszással szembeni együttes biztonságot kell vizsgálni.

Ferde eredő estében csak az elcsúszással szembeni biztonságot kell vizsgálni.

6. **Milyen esetben vizsgálható a felbillenéssel szembeni biztonság a $g \cdot \sum G_i \geq n \cdot e \cdot E$ összefüggéssel? (Több lehetséges helyes válasz.)**


Az alkalmazása függ az altalaj törőfeszültségétől és az ébredő talpfeszültségektől.

Csak merev testnek merev altalajon való felbillenésének vizsgálatakor.

Puha, kis teherbírású altalaj esetében.

Minden esetben.

BIBLIOGRÁFIA:

 Farkas, 2000