

Megcsúszással szembeni ellenállás értékelése súrlódási tényezővel

Gálos Miklós

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, miklos.galos@gmail.com

Terjék Anita

ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft. aterjek@emi.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: Az emberi járás bonyolult élettani folyamat, mely lépések sorából tevődik össze. A járás folyamatában ritmikusan követi egymást a lábak elrugaszkodása és érkezése a burkolatra. Mindkét fázisban meghatározó fizikai tényező a talp és a burkolat közötti súrlódás. Nyugalomban levő testek között tapadási súrlódás lép fel. A járás során a talp és a burkolat közötti tapadási súrlódást kell legyőzni, ami energiaveszteséget okoz. Abban az esetben, ha a járás során a talp és a burkolat közötti súrlódási erő legyőzése véletlen, azaz akarunktól független, akkor megcsúszásról beszélünk.

Kulcsszavak: súrlódási tényező, felületi érdesség, járásbiztonság

1 BEVEZETÉS

Kőburkolatok felületi tulajdonságai közül a geometriai tulajdonságok kiemelten fontosak az emberi járás járásbiztonsága szempontjából. A biztonságos járás feltétele a járófelület és a burkolat között levő tapadási súrlódás. A járásbiztonság megítélésére azonban a szabvány szerinti minősítő vizsgálatok szerinti, ún. ingás módszerrel (SRT inga) meghatározott értékeket használjuk. A burkolatok felületi tulajdonságainak értékelésére azonban jó lehetőséget biztosít az az önjáró vizsgáló berendezés, amely mind helyszíni, mind pedig laboratóriumi körülmények között a különböző felületek közötti súrlódási tényező meghatározására alkalmas

2 A SÚRLÓDÁS MECHANIZMUSA

A felületeken történő csúszás megértésében alapvető szerepet tölt be az a jelenség, amely két érintkező test egymáson való elmozdulását vagy annak akadályozását jelenti. Ezt nevezzük súrlódásnak. A súrlódás egyik esete, amikor egy szilárd test másik test felületén csúszik, a második esete pedig az, amikor a nyugalmi állapotból való megindulás következik be a test elcsúszásával.

Abban az esetben, ha egy vízszintes síkfelületen nyugvó testet ki akarunk mozdítani a nyugalmi helyzetéből, akkor az egy bizonyos ideig ellenáll a fokozatosan növelt erőnek. Majd, ha ezt a bizonyos erőnagyságot elérjük, akkor a test elmozdul eredeti helyéből. A szükséges elmozdító erő függ a felületek érdességétől.

Amennyiben az akadályozott mozgás csúszás jellegű, csúszó súrlódásról beszélünk. A csúszó súrlódás erőviszonyait leíró tétel Coulombtól származik, aki kimondta, hogy az érdes felületű testek érintkezési síkjában egy F_s súrlódási erő ébred, amelynek iránya a kialakulandó elmozdulással ellentétes, és nagysága egy bizonyos értéknél nem lehet nagyobb, azaz

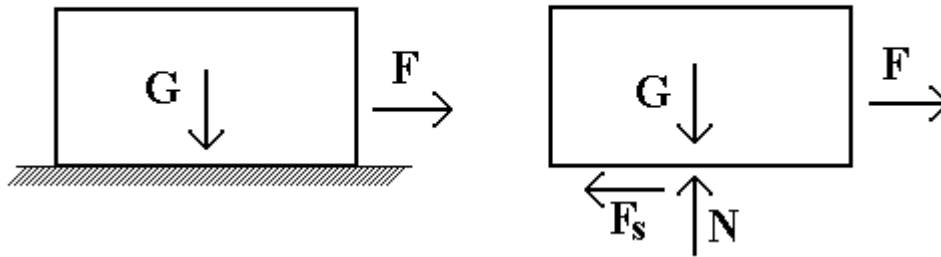
$$F_s \leq \mu N$$

ahol N : a két testet összeszorító erő

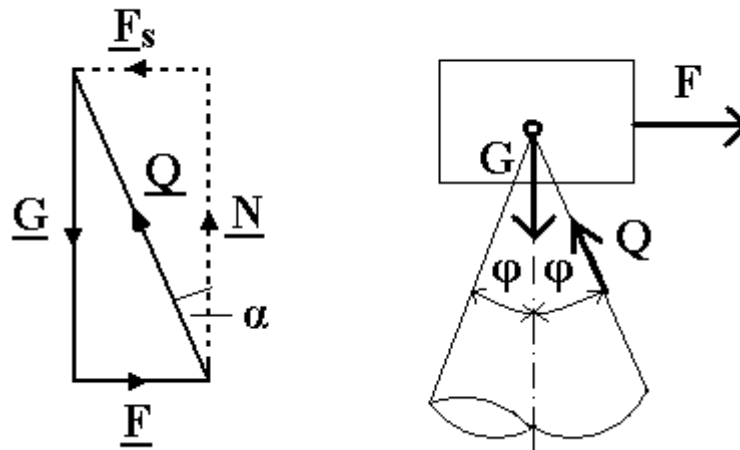
μ : súrlódási tényező, a csúszó mozgás ellen fellépő súrlódási erő és a normálerő hányadosa

A kísérletek szerint a létrehozható súrlódó erő legnagyobb értéke egyenesen arányos a szorítóerő (a felületre merőleges erő) nagyságával, erősen függ az érintkező testek felületi tulajdonságaitól, de független az érintkező felületek nagyságától.

Ha az érintkező testek éppen a nyugalom és mozgás (csúszás) határán vannak, akkor a súrlódási erő eléri a μN határértéket. Ilyenkor a súrlódás teljesen kimerül. A nyugalom és mozgás határán felírhatjuk az $F = F_s = \mu N$ egyenlőséget.



A nyugalomnak a mozgás előtti határállapotát feltételezve, $F_s = \mu N$, átrendezve $\mu = F_s/N$. Az erőhatásokat vektorsokszögben megrajzolva a $Q = (N, F_s)$ eredő reakciót rajzolhatjuk fel és a Q és N vektorok által közbezárt szöget (φ) a $\text{tg}\varphi = F_s/N$ összefüggés szerint írhatjuk fel.



A két megállapítás összevetésével a $\mu = \text{tg}\varphi$ képlethez jutunk, ami a súrlódás alaptörvényének geometriai értelmezését adja, és kimondja, hogy az érdes felülettel érintkező merev testre működő Q eredő reakcióerő hatásvonala a normálistól eltérhet ugyan, de az eltérés α szöge nem lehet nagyobb a fenti módon meghatározott φ szögnél: $\alpha \leq \varphi$.

A súrlódási tényező az érintkező testek anyagától és felületének érdességétől függő, kísérletileg meghatározható állandó.

Ha az F erő a μN értéknél nagyobb, akkor nincs egyensúly, a test nyugalmi állapota megszűnik, és gyorsulással mozog. Ha a csúszás bekövetkezett, akkor a test tapadási súrlódási igénye meghaladja az elérhető súrlódást.

A tapadási súrlódási erő, mindig akkora, mint az az erő, amivel el akarjuk mozdítani a testet, iránya pedig ellentétes annak irányával. Növelve a húzóerőt azt tapasztaljuk, hogy a tapadási súrlódási erő egy meghatározott értékig növekedhet, utána elindul a test. A tapadási erőnek ez a legnagyobb értéke is a felületek egyenletlenségétől és a testeket egymáshoz szorító erők nagyságától függ. A tapadási súrlódási együttható azonos érdesség mellett mindig nagyobb, mint a csúszási súrlódási együttható.

3 MEGCSÚSZÁS AZ EMBERI JÁRÁS FOLYAMATÁBAN

Az emberi járás bonyolult élettani folyamat, mely ismétlődő, agyunk által koordinált lépésekből áll. A lépés a lábak ingaszerű mozgása az ízületekkel merevített „csuklók” által biztosított lehetőségek szerezint. Orvosi szempontból a lépésnek van stabil és instabil fázisa. Stabil állapot, amikor mindkét lábunk a burkolaton van. Instabil, amikor egyik lábunk előrelelendül, talpunk a levegőben van és így nem érintkezik a burkolattal. A járással szemben a futás folyamatában ritmikusan vannak olyan fázisok, amikor egyik talpunk sem érintkezik a burkolattal.

A járás folyamatában, lábunk ritmikus ingamozgása során a stabil állapotból talpunk elrugaszkodásával kerülünk instabil állapotba és előrelendülő lábunk talpának megérkezésével a burkolatra, jutunk újra stabil állapotba. Az elrugaszkodás és érkezés között talpunk a burkolaton elfordulva tapadt állapotban van. A talp sarokrészén érkezünk és az orr-résszel rúgjuk el magunkat. A járás folyamatában meghatározó fizikai tényező a súrlódás, tudva azt, hogy a súrlódási erők a mozgásoknál energiavesztést okoznak

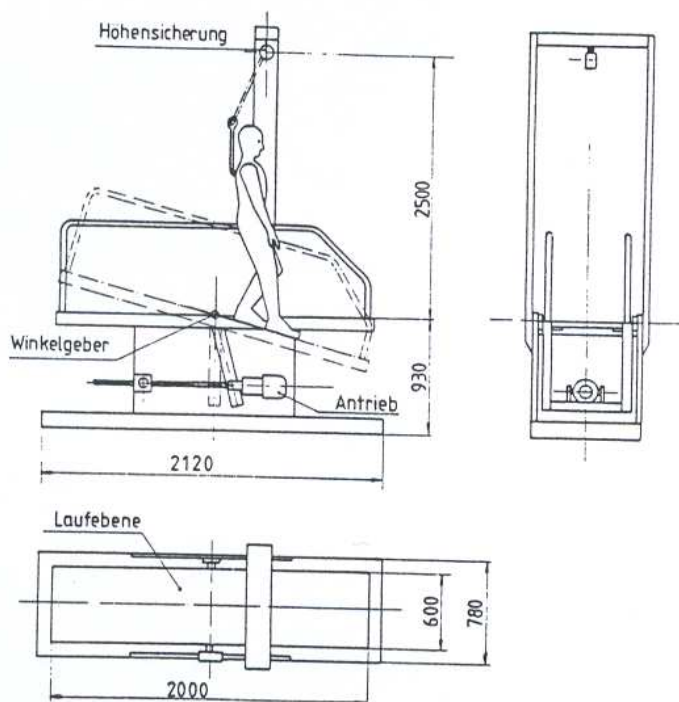
Megcsúszás akkor következik be, ha az érkezéskor, vagy az elrugaszkodáskor a mozgásban hirtelen bekövetkező, nem kívánt, nehezen koordinálható mozgás következik be.

4 MEGCSÚSZÁSSAL SZEMBENI ELLENÁLLÁS VIZSGÁLÓ LEJÁRÁSAI

A megcsúszással szembeni ellenállás megítélésére a német előírások az un. lejtős vizsgálattal meghatározott „R” értéket javasolták. Az 1. ábrán bemutatott vizsgáló berendezéssel végzett vizsgálatoknál a megcsúszást eredményező lejtőszöghöz rendelt „R” érték a minősítés, illetve a beépíthetőség feltétele.

1. táblázat . A lejtőszögekhez tartozó R minősítő értékek

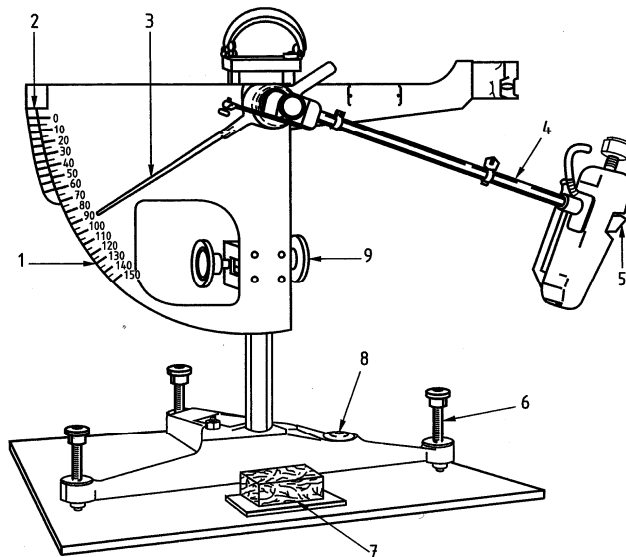
Megcsúszást eredményező szög	Csoport
3° - 10°	R9
10° - 19°	R10
19° - 27°	R11
27° - 35°	R12
≥ 35°	R13



1. ábra A ZH 1/571 szerinti vizsgálat elrendezése

Az európai szabvány szerinti ingás vizsgáló berendezéssel a vizsgált felületen átcsúszó ingának az átlendülés után a SRT berendezés 0-150 skáláján leolvasható érték a csúszással szembeni ellenállás mértéke.

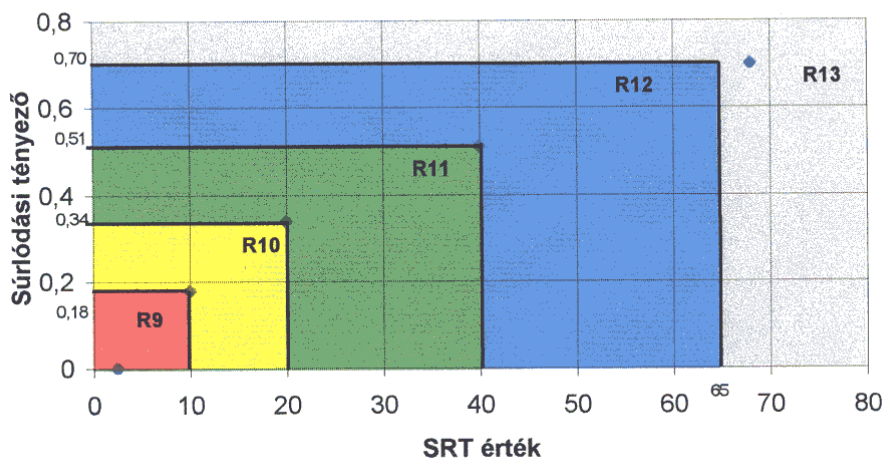
A gyakorlati élet számára az SRT értékek és az R értékek között a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló laboratóriumának kőzetvizsgáló laborrészlegében készültek regressziós vizsgálatok, melyek alapján az SRT ingával mért értékekből „R” minősítő érték adható meg.



2. ábra . Az SRT vizsgáló berendezés

A 3. ábra mutatja, hogy a besorolás megadható a súrlódási tényezővel is. A megadásnak azonban nagy hiányossága az, hogy nem tudhatjuk milyen felületek közötti súrlódásról van szó. Hiszen a súrlódási tényező az érintkező felületek felületi tulajdonságaitól függ.

Összefüggés az SRT és az R érték között



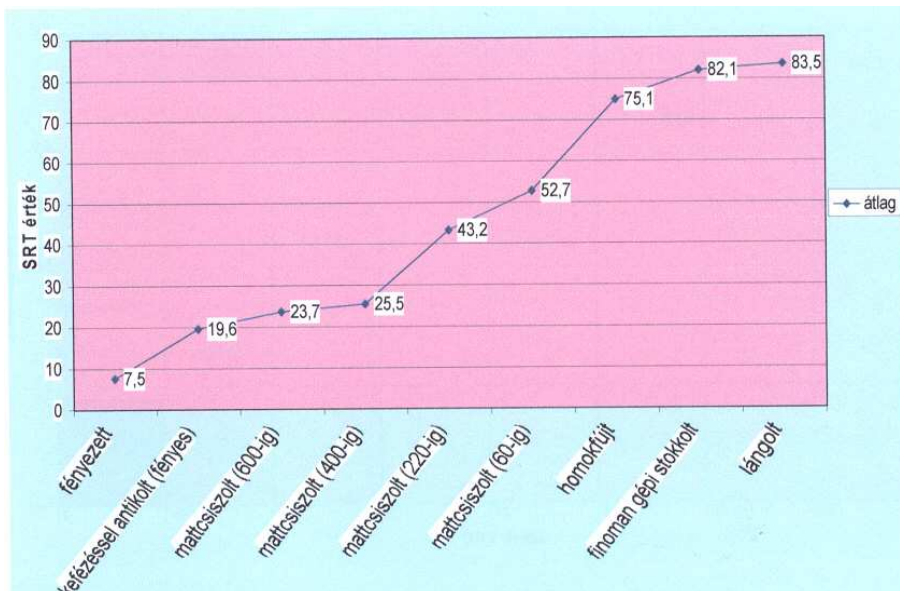
3. ábra Összefüggés az SRT és az „R” értékek között.

A megcsúszással szembeni ellenállás a felületek megmunkálástól függ. Seres E. vizsgálatai alapján a különböző felület megmunkálású forrásvízi mészkőből készült burkolatok SRT értékeit a 4. ábra mutatja.

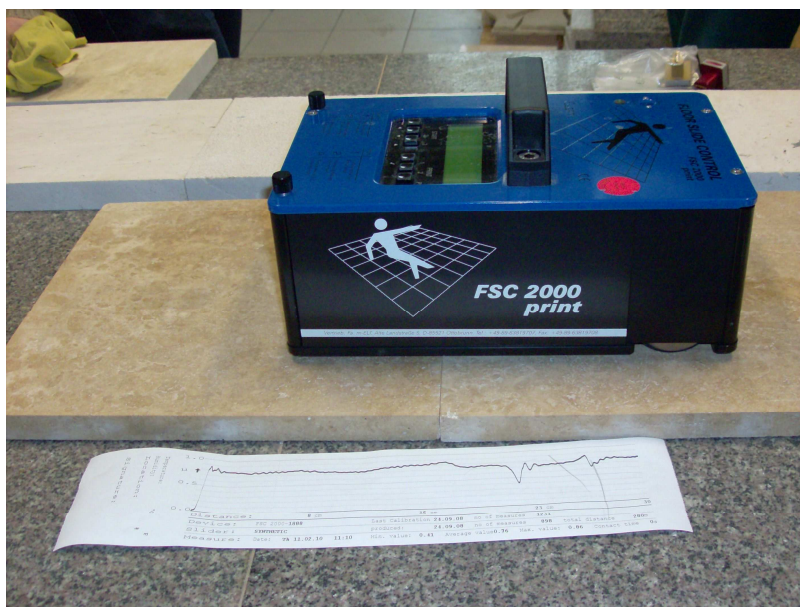
5 A SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ VIZSGÁLATA

A súrlódási tényező vizsgálatára az Elcon GmbH (Ottobrunn, Németország) fejlesztett ki egy önjáró, helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokra is alkalmas vizsgáló berendezést.

A súrlódásmérő megadható úthosszon különböző mérőfelületek és a burkolók közötti súrlódási tényezőt méri 24 N normálerő esetén. A mérés eredményeit a mérési profillal, valamint a mért súrlódási tényező átlag- minimum- és maximum értékeivel regisztrálja és adja meg.



4. ábra. Különböző felületmegmunkálási burkolólapok megcsúszással szembeni ellenállása



5. ábra. Az FSC 2000 print típusú súrlódási tényező mérésére alkalmas berendezés

Összehasonlító mérések eredményeit mutatjuk a 6. és 7. ábrákon. A 6. ábrán különböző megmunkálási és utólagosan csúszásmentesítő kezelésnek alávetett gránit burkolólapok felületén mért súrlódási ellenállás és az SRT érték közötti összefüggést, a 7. ábrán Süttöről származó forrásvízi burkolólapokon a hasonló vizsgálatok eredményeit mutatjuk. A vizsgálati eredmények értékelését további kutatási munkát eredményei alapján tehetjük meg.

A gránit burkolólapokon végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a súrlódási tényező és az SRT értékek között a felületi érdességet mutató súrlódási tényező között jól hasznosítható összefüggés nem mutatható ki.

Egészen más a helyzet a különböző felületmegmunkálási forrásvízi mészköveknél, ahol a felületmegmunkálás és a felületkezelés már jól mutatja a súrlódási tényezőben a különbségeket.

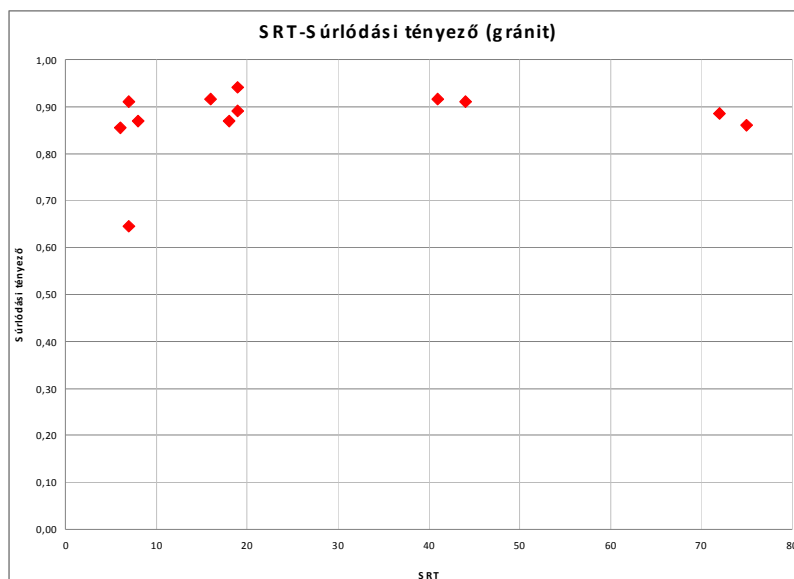
A megcsúszással szembeni ellenállás megítélésére a súrlódási tényező valószínűsíthetően jól használható jellemző, de szükséges egy, minden peremfeltételre figyelmet fordító kutatás, melynek eredménye a szabályozás rendjébe való beillesztést megalapozza.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

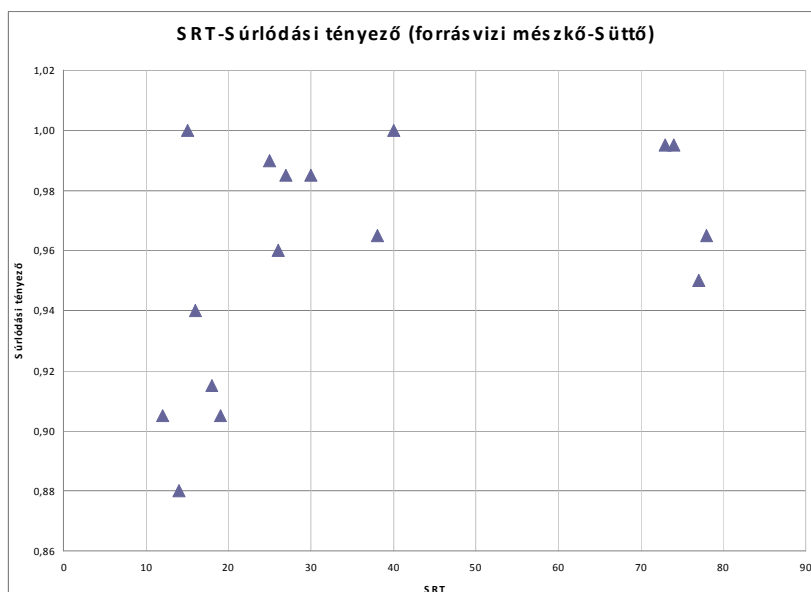
A járásbiztonság megítélése a különböző felületek közötti súrlódási tényező figyelembe vételével ma még nem megfelelően kidolgozott eljárás. Az önjáró, helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokra alkal-

mas vizsgáló berendezés használata megteremtheti annak lehetőségét, hogy az eredmények alapján a járásbiztonság megítélésére olyan súrlódási tényezők adhatók meg, melyek minősítő határértékként lesznek kezelhetők.

A bemutatott vizsgáló berendezés (FSC 2000) alkalmas lehet arra, hogy vitás esetekben a kőburkolat megcsúszással szembeni ellenállását minősítse. Ennek feltétele, hogy a vizsgálati eljárás vizsgálat-technikai értékelése elkészüljön.



6. ábra. Az SRT érték és a súrlódási tényező közötti összefüggés gránit burkolólapon



7. ábra. Az SRT érték és a súrlódási tényező közötti összefüggés forrásvízi mészkövön

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki mind a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló laboratórium, mind pedig az ÉMI Kht Szerkezetvizsgáló laboratórium munkatársainak a vizsgálatok során kapott segítségért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Gálos M. 2008: Felületek geometriai tulajdonságai.1. rész. Díszítő-, Termés-, Építő- és Mű- KŐ. **X**.(4): 28.
 Gálos M. 2009: Felületek geometriai tulajdonságai. 2. rész. Díszítő-, Termés-, Építő- és Mű- KŐ. **XI**(1):36-39.
 Gálos M. 2009: Kövek felületképzései Díszítő-, Termés-, Építő- és Mű- KŐ. **XI**(3)32-35.
 Seres E. 2007: Belső téri kő padlóburkolatok tervezési szempontjai. Díszítő-,Termés-,Építő-és Mű-KŐ. **IX**(1)24-27.