

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
Építőmérnöki Kar – építőmérnöki képzés 1782 óta

Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék  
H-1111 Budapest Műegyetem rkp.3.

Tel.: 463 2043, 463 1447  
Fax: 463 2017  
web: [www.gmt.bme.hu](http://www.gmt.bme.hu)

Int. az.: FI 23344

Témaszám: .....-577-GM-.....-2017.

## MŰEMLÉKI HABARCSOK KÖTŐANYAG VIZSGÁLATA – IPARMŰVÉSZETI MÚZEUM

.....  
Dr. Kopecskó Katalin  
egyetemi docens  
témavezető

.....  
Dr. Török Ákos  
egyetemi tanár  
tanszékvezető

.....  
Dr. Majorosné dr. Lublós Éva  
egyetemi docens

Budapest, 2017. november 21.



## 1. Előzmények

Az ALAKart Kft. (Budapest, Tagló u. 11, 1097) megbízta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszékét, hogy végezze el az Iparművészeti Múzeum pirogránit elemei alól származó habarcsok kötőanyag vizsgálatát, majd a vizsgálati eredményeket szakvéleményben foglalja össze.

*A Tanszék (Megbízott) a következőket vállalta a kijelölt és átadott minták esetében:*

- a vizsgálatok elvégzése, értékelése és dokumentálása,
- szakvélemény készítése, amelyet Megbízónak 3 nyomtatott példányban ad át.

*A Megbízó feladatai:*

- Megbízó a vizsgálandó mintákat Megbízott laboratóriumába szállítja.
- Megbízó a mintavétellel kapcsolatos információkat Megbízott rendelkezésére bocsátja,
- a mintavétel dokumentációja (mintavételi helyek, stb.) Megbízó feladata.

A vizsgálatokat végezte:

Dr. Kopecskó Katalin egy. docens, témavezető,  
Rónaky Viktória technikus,  
Takács Krisztián technikus.

A vizsgálatokat értékelte és a szakvéleményt készítette:

Dr. Kopecskó Katalin egy. docens, témavezető,  
Dr. Majorosné dr. Lublós Éva egy. docens.



## 2. A vizsgálati minták és vizsgálati terv

Megbízó a vizsgálatokra a következő jelű mintákat adta át (*1. táblázat*).

*1. táblázat* A vizsgálatokra átadott minták mintavételi helyei

| Mintavétel időpontja: 2017.10.13. |    |                   |                               |
|-----------------------------------|----|-------------------|-------------------------------|
| Habarcsminták                     | 1. | Kinizsi utca      | ablak szemöldökből            |
|                                   | 2. | VÍZKŐ MINTA       | főpárkány alól                |
|                                   | 3. | Hőgyes Endre utca | lebontott majolika dísz alól  |
|                                   | 4. | Hőgyes Endre utca | felső bontott kváderezés alól |
|                                   | 5. | Hőgyes Endre utca | alsó bontott kváderezés alól  |
|                                   | 6. |                   | bontott téglamező alól        |
|                                   | 7. | Üllői út          | 3 / 5 mázas szél – bal        |
|                                   | 8. | Üllői út          | 4 / 2 régi kváder alól        |
|                                   | 9. | Hőgyes Endre utca | 3 / 4 téglal alól             |

### 3. Vizsgálati módszerek

#### 3.1 A kötőanyag típus meghatározásának módszere

Cementet tartalmazó kötőanyagok esetén a tájékoztató cement mennyiséget az MSZ 4715-7:1972 szabványban leírtak szerint határozzuk meg. A cementtartalom számításához továbbá szükséges a térfogatsűrűség meghatározása is mintánként. A vizsgálat során meghatároztuk a minták nedvességtartalmát, a bemerítéses vízfelvételt, valamint a látszólagos (kapilláris) porozitást.

#### 3.2 A kötőanyag pH meghatározásának módszere

A pH értékek vizsgálatával jellemezhető az anyagok kémhatása. A pH érték dimenzió nélküli kémiai mennyiség, amely egy adott oldat kémhatását (savasságát vagy lúgosságát) jellemzi (híg vizes oldatokban a pH egyenlő az oxóniumion-koncentráció,  $[H_3O^+]$  tízes alapú logaritmusának ellentettjével, azaz negatív előjellel vett értékével).

A pH értékek mérését TESTO 206 típusú pH mérő készülékkel, a pormintákból készített desztillált vizes szuszpenzió végeztük el.

#### 3.3 Röntgendiffrakció (XRD) fázisanálízis – pordiffrakciós módszer

Röntgendiffrakció (XRD) módszerrel a kristályos fázisok kimutatása lehetséges. Az általunk használt pordiffrakciós módszer főként többfázisú minták ásványi összetevőinek minőségi kimutatására alkalmas.

A mérésekhez a PHILIPS PW 3710 diffraktométert használtuk a következő paraméterekkel:

- röntgen cső: Cu (réz) anódú;
- generátor feszültség [kV]: 40;
- generátor áram [mA] : 30;
- röntgensugárzás hullámhossza [Å]: 1,5406,
- mérési szögtartomány [ $2\theta$ , °]: 3 – 70;
- monokromátor használatával.

A mérési adatok kezelését, kiértékelését a PHILIPS PC-APD (Version 3.5) szoftverének segítségével és a TOTAL ACCESS DIFFRACTION DATABASE PDF-2 (PLUS 42) adatbázis felhasználásával végezzük.

## 4. Vizsgálati eredmények

### 4.1 A kötőanyag meghatározás és a fizikai vizsgálatok eredményei

A minták tömegösszetételi, valamint kémiai (kötőanyag) vizsgálatának eredményeit az 2. és 3. táblázatok tartalmazzák. (Ahol a minta mennyisége lehetővé tette, két párhuzamos mintadarabon végeztük el a vizsgálatot.)

2. táblázat A tömegösszetételi vizsgálat eredménye

| Minta jele | Nedvesség<br>tartalom,<br>tömeg % | Vízfelvétel,<br>tömeg % | Testsűrűség,<br>kg/m <sup>3</sup> | Látszólagos<br>porozitás, % |
|------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1          | 0                                 | 22,59                   | 1689                              | 38,15                       |
| 3          | 0,1                               | 18,55                   | 1718                              | 31,87                       |
|            | 0,1                               | 18,68                   | 1743                              | 32,56                       |
| 4          | 0                                 | 22,56                   | 1699                              | 28,33                       |
| 5          | 0,1                               | 15,89                   | 1801                              | 28,63                       |
|            | 0                                 | 16,76                   | 1793                              | 30,06                       |
| 6          | 0,2                               | 18,46                   | 1664                              | 30,72                       |
| 7          | 0,2                               | 21,57                   | 1727                              | 37,25                       |
|            | 0                                 | 21,98                   | 1704                              | 37,46                       |
| 8          | 0,3                               | 16,52                   | 1762                              | 29,12                       |
| 9          | 0                                 | 20,29                   | 1731                              | 35,12                       |

3. táblázat A kötőanyag vizsgálat eredménye és a számított, tájékoztató cementtartalmak  
(5 kg/m<sup>3</sup> pontossággal megadva)

| Minta jele | Híg sósavban<br>oldható rész,<br>tömeg % | SiO <sub>2</sub> tartalom, *<br>tömeg % | Számított<br>cementtartalom,<br>kg/m <sup>3</sup> |
|------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1          | 25,79                                    | 0,15                                    | 15                                                |
| 3          | 37,47                                    | 0,63                                    | 55                                                |
| 4          | 28,62                                    | 0,16                                    | 15                                                |
| 5          | 29,35                                    | 0,36                                    | 30                                                |
| 6          | 38,70                                    | 0,59                                    | 50                                                |
| 7          | 26,93                                    | 0,18                                    | 20                                                |
| 8          | 27,00                                    | 0,25                                    | 20                                                |
| 9          | 37,74                                    | 0,44                                    | 20                                                |

\* Híg sósavas oldással meghatározott érték

Cementet tartalmazó kötőanyagok esetén a tájékoztató cement mennyiség az MSZ 4715-7:1972 szerint, a híg sósavval oldható szilícium-dioxid tartalomból számítható, a 2. táblázat szerinti testsűrűségeket figyelembe véve. A számítási eljárás CEM I 42,5 N típusú normál portlandcement felhasználását feltételezi. A magyarországi adalékanyagokból kioldható  $\text{SiO}_2$  mennyisége tapasztalataink szerint elhanyagolható. A számított, tájékoztató cementtartalmak a 3. táblázatban találhatók.

*A kötőanyag vizsgálat eredménye* azt mutatja, hogy nagyon kis mennyiségű „cement” típusú kötőanyag került felhasználásra a ragasztó habarcsok kialakításában, ami alapján azt is *feltételezhetjük, hogy a pirogránit elemek alól származó ragasztó habarcsok nem cementes kötőanyaggal készültek, hanem inkább mészhabarcsok. A mészhabarcs alkalmazását a makroszkópiusan megfigyelhető mészcsomok jelenléte is alátámasztja.* Az oltott mészhhez felhasznált égetett meszet készíthették kissé agyagos mészkő vagy méshmárga felhasználásával is, ami *hidraulikus (víz alatt is kötőképes, szilárduló) meszet eredményez.* Ez tartalmazhat kis mennyiségű szilícium-dioxidot. *A mészhabarcs/hidraulikus mészhabarcs felhasználását a rgt-diffrakciós vizsgálatok eredménye is megerősíti.*

## 4.2 A pH értékek vizsgálatának eredményei

A pH értékek vizsgálati eredményét tartalmazza a 4. táblázat. A kötőanyag vizsgálat (tájékoztató cementtartalmak) eredményét is feltüntettük a táblázatban, hogy a pH értékek alakulását a lehetséges cementfelhasználással összevessük.

4. táblázat A habarcsok pH vizsgálati eredményei és a számított, tájékoztató jellegű cementtartalmak

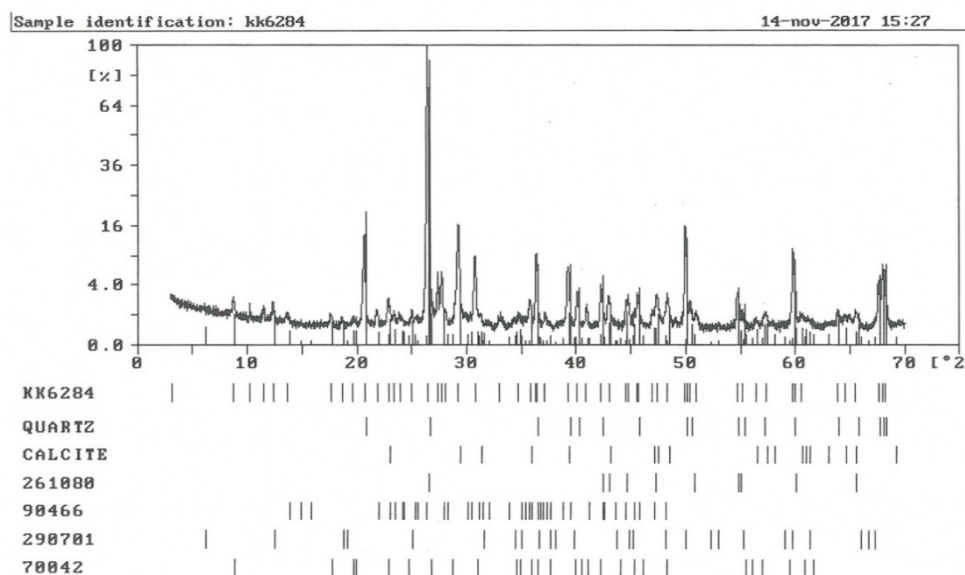
| Minta jele | pH érték | Számított cementtartalom, kg/m <sup>3</sup> |
|------------|----------|---------------------------------------------|
| 1          | 9,0      | 15                                          |
| 3          | 9,7      | 55                                          |
| 4          | 9,0      | 15                                          |
| 5          | 11,6     | 30                                          |
| 6          | 9,8      | 50                                          |
| 7          | 8,9      | 20                                          |
| 8          | 8,8      | 20                                          |
| 9          | 8,9      | 20                                          |

A pH vizsgálat eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy az 5-ös minta kivételével 10 alatti (9 körüli) értékek. ***A habarcsminták 9 körüli pH értékei a habarcsok gyengén lúgos kémhatását, az 5-ös minta pH=11,6 értéke a habarcsminta lúgos kémhatását jelzi.***

Általánosságban elmondható, hogy a pH értékek friss mészhabarcs esetén 12 körüli értéket mutatnak, ugyanis a lúgosságot biztosító portlandit (oltott mész,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) még nem reagált a levegő széndioxid ( $\text{CO}_2$ ) tartalmával. Megszilárdult mészhabarcs esetén viszont kisebb pH érték ( $\sim 9$ ) mérhető, amely a  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$  szilárdulási reakció következménye. További fontos értékelési szempont, hogy a megszilárdult mészhabarcsokban általában kisebb pH értékeket ( $\text{pH} \sim 9$ ) lehet mérni, mint a megszilárdult cementes habarcsok esetén ( $\text{pH} \sim 12$ ). ***A porított habarcsból és desztillált vízből készített szuszpenziókon mért pH = 9 körüli értékek alátámasztják a mészhabarcs használatát. pH > 9 esetén a röntgendiffrakciós ásványtani elemzés alapján el lehet dönteni, hogy a minta mész- vagy cementes kötésű habarcs.*** Mészhabarcs esetében is előfordulhat, hogy a pH magasabb, mint 9, amennyiben a levegő (széndioxid) hozzáférése korlátozott. Műemléki (mész-) habarcsokban, akár több száz éves falazatokban is ki lehet mutatni az égetett mész ( $\text{CaO}$ ), vagy az oltott mész ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) jelenlétét.

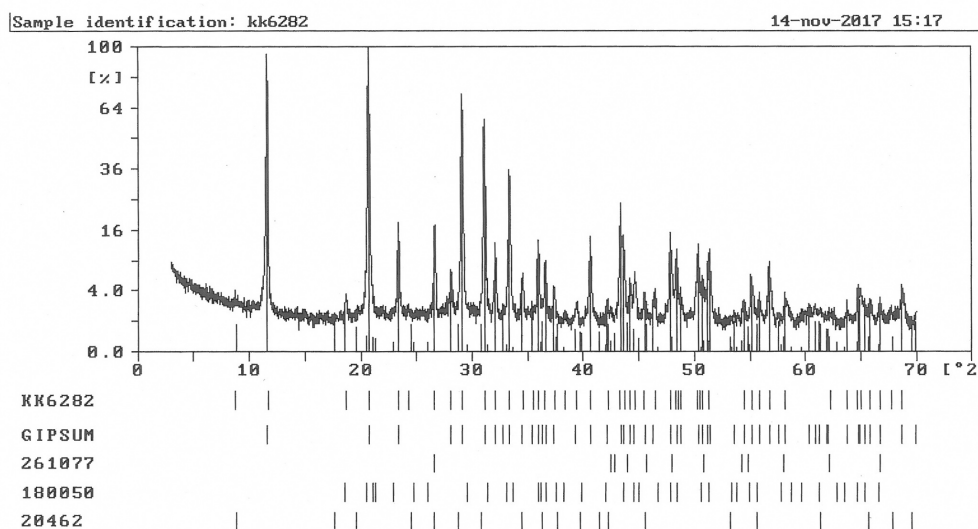
### 4.3 A röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálat eredménye

Az **1. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, albit (földpát, homokból), klinoklor (agyagásvány, homokból), muszkovit (csillám, homokból), *(a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük)*. A vizsgált minta pH értéke 9,0. Megállapíthatjuk, hogy az **1. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarc**.



1. ábra Az 1-es minta röntgendiffrakciós elemzése

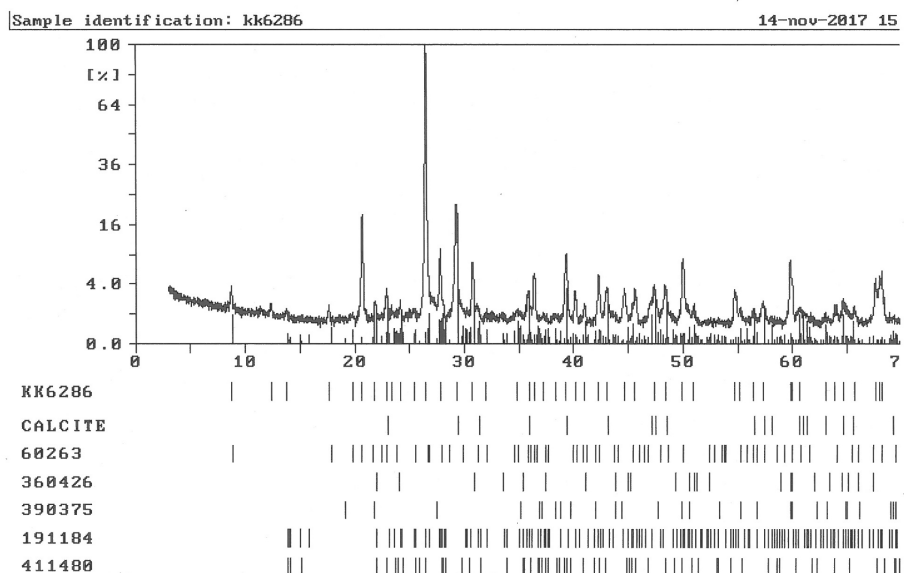
A **2. minta (vízkő)** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a mintát **fő ásványa a gipsz** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). További ásványai: elemi szén (C, korom),  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (kioldódásból), illit (agyagásvány, szálló porból), *(a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük)*.



2. ábra A 2-es minta röntgendiffrakciós elemzése

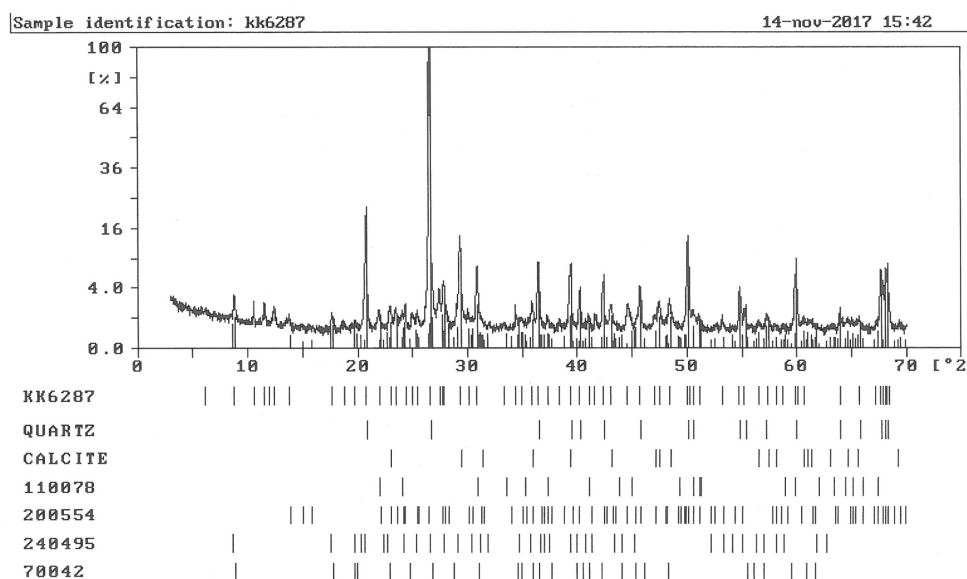


A **3. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, muszkovit (csillám, homokból), dolomit (adalékanyag), albit és Ca-albit (földpátok, homokból), chamosit (agyagásvány, homokból), CaO (égetett mész), *(a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük)*. A vizsgált minta pH értéke 9,7. Megállapíthatjuk, hogy a **3. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarc**.



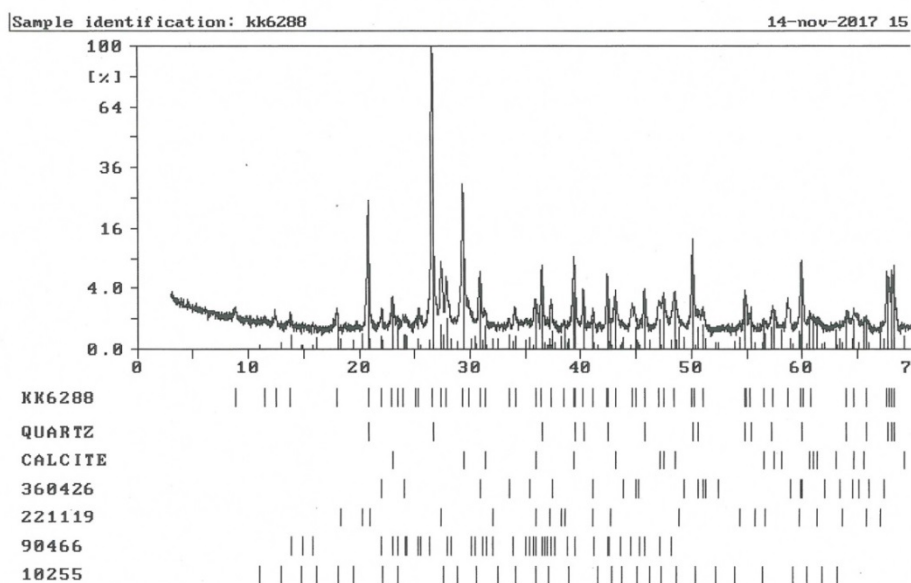
3. ábra A 3-as minta röntgendiffrakciós elemzése

A **4. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, dolomit (adalékanyag), albit (földpát, homokból), muszkovit (csillám, homokból), gipsz, szaponit és klinoklor (agyagásványok, homokból), *(a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük)*. A vizsgált minta pH értéke 9,0. Megállapíthatjuk, hogy a **4. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarc**.



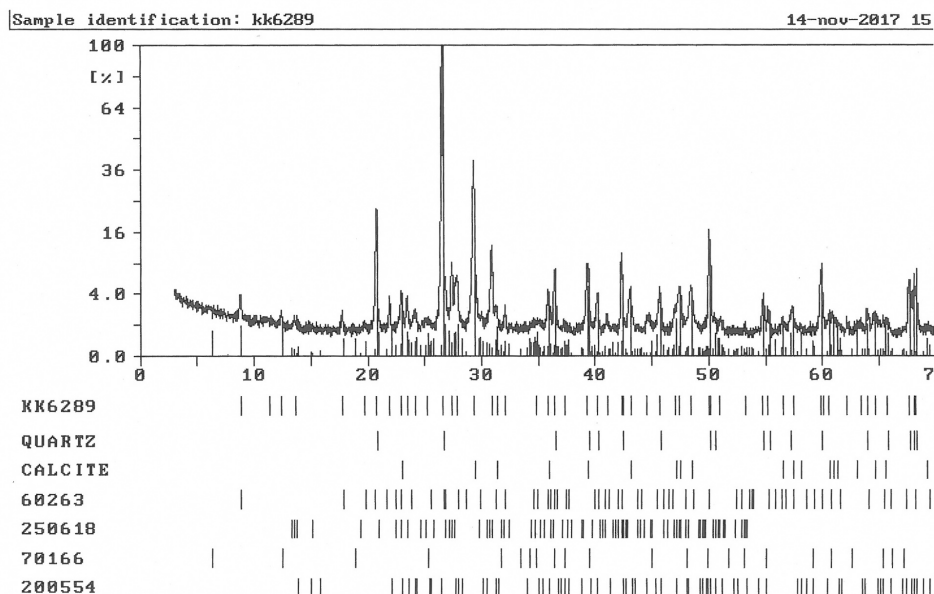
4. ábra A 4-es minta röntgendiffrakciós elemzése

Az **5. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, dolomit (adalékanyag), alumínium-oxid hidrát ( $\text{Al}_{10}\text{O}_{15} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), albit (földpát, homokból), melanterit (vas-szulfát hidrát),  **$\text{Ca}(\text{OH})_2$**  (portlandit, oltott mész), anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ), Brownmillerit ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , kalcium-alumint ferrit, hidratálatlan klinkerásvány), aluminát ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , hidratált kalcium-aluminát klinkerásvány), biotit (csillám, homokból), illit (agyagásvány, homokból), *(a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük)*. A vizsgált minta pH értéke 11,6. Megállapíthatjuk, hogy **az 5. minta ásványtani összetétele alapján cementes mészhabarc** (kis mennyiségű cementtel feljavított mészhabarc, valószínűsíthetően nem eredeti, hanem későbbi alkalmazás).



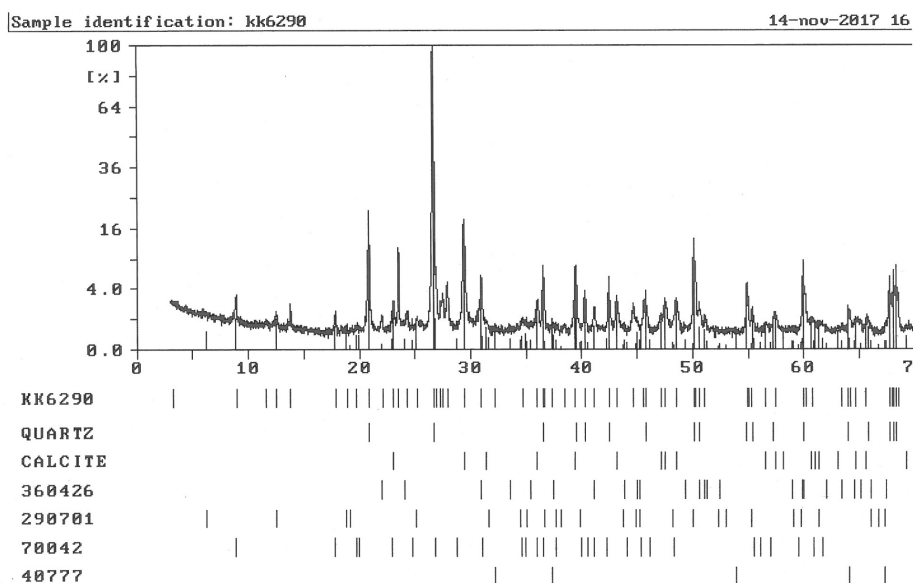
5. ábra Az 5-ös minta röntgendiffrakciós elemzése

A **6. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, muszkovit (csillám, homokból), szanidin, albit (földpátok, homokból), dolomit (adalékanyag), wollasztonit ( $\text{CaSiO}_3$ , salak alkotóeleme), *(a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük)*. A vizsgált minta pH értéke 9,8. Megállapíthatjuk, hogy **a 6. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarc**.



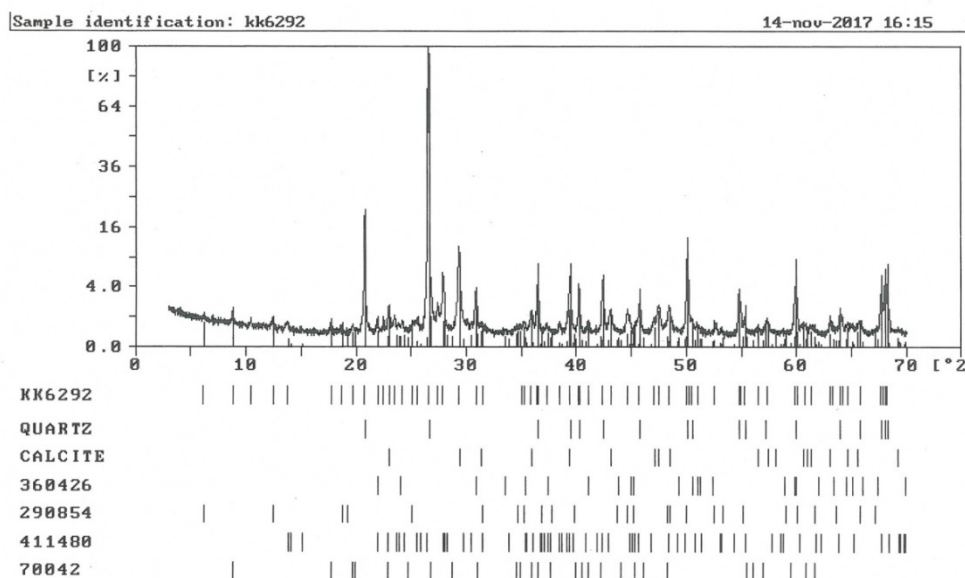
6. ábra A 6-os minta röntgendiffrakciós elemzése

A **7. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, dolomit (adalékanyag), klinoklor (kloritcsoport, agyagásvány), muszkovit (csillám, homokból), CaO (égetett mész), Ca-albit, Na-anortit (földpátok, homokból), monokarbonát (kálcium-aluminát-karbonát hidrat,  $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_7\text{CO}_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ , aluminátcement vagy bauxitcement használatára utalhat, azonban más, cementre utaló ásványt nem lehetett kimutatni), (*a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük*). A vizsgált minta pH értéke 8,9. Megállapíthatjuk, hogy a **7. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarcs, amelynél aluminát tartalmú cement használata feltételezhető.**



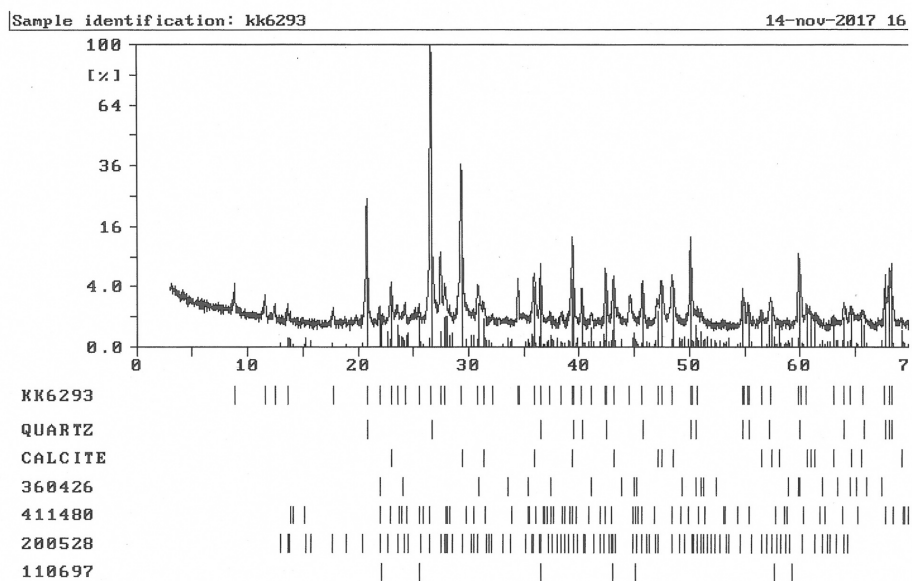
7. ábra A 7-es minta röntgendiffrakciós elemzése

A **8. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, dolomit (adalékanyag), klinoklor (kloritsoport, agyagásvány), albit (földpát, homokból), muszkovit (csillám, homokból), anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ),  $\text{Al}_{10}\text{O}_{15}\cdot\text{H}_2\text{O}$  (*a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük*). A vizsgált minta pH értéke 8,8. Megállapíthatjuk, hogy **a 8. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarc**s.



8. ábra A 8-as minta röntgendiffrakciós elemzése

A **9. minta** rtg-diffrakciós vizsgálata alapján a minta fázisai a következők:  **$\alpha$ -kvarc** (adalékanyag, homok), **kalcit**, dolomit (adalékanyag), Ca-albit, Na-anortit (földpátok, homokból), bárium-karbonát ( $\text{BaCO}_3$ ), CaO (égetett mész), kloritok (kloritsoport, agyagásvány), muszkovit (csillám, homokból) (*a domináns ásványokat vastagon szedett betűkkel jelöltük*). A vizsgált minta pH értéke 8,9. Megállapíthatjuk, hogy **a 9. minta ásványtani összetétele alapján mészhabarc**s.

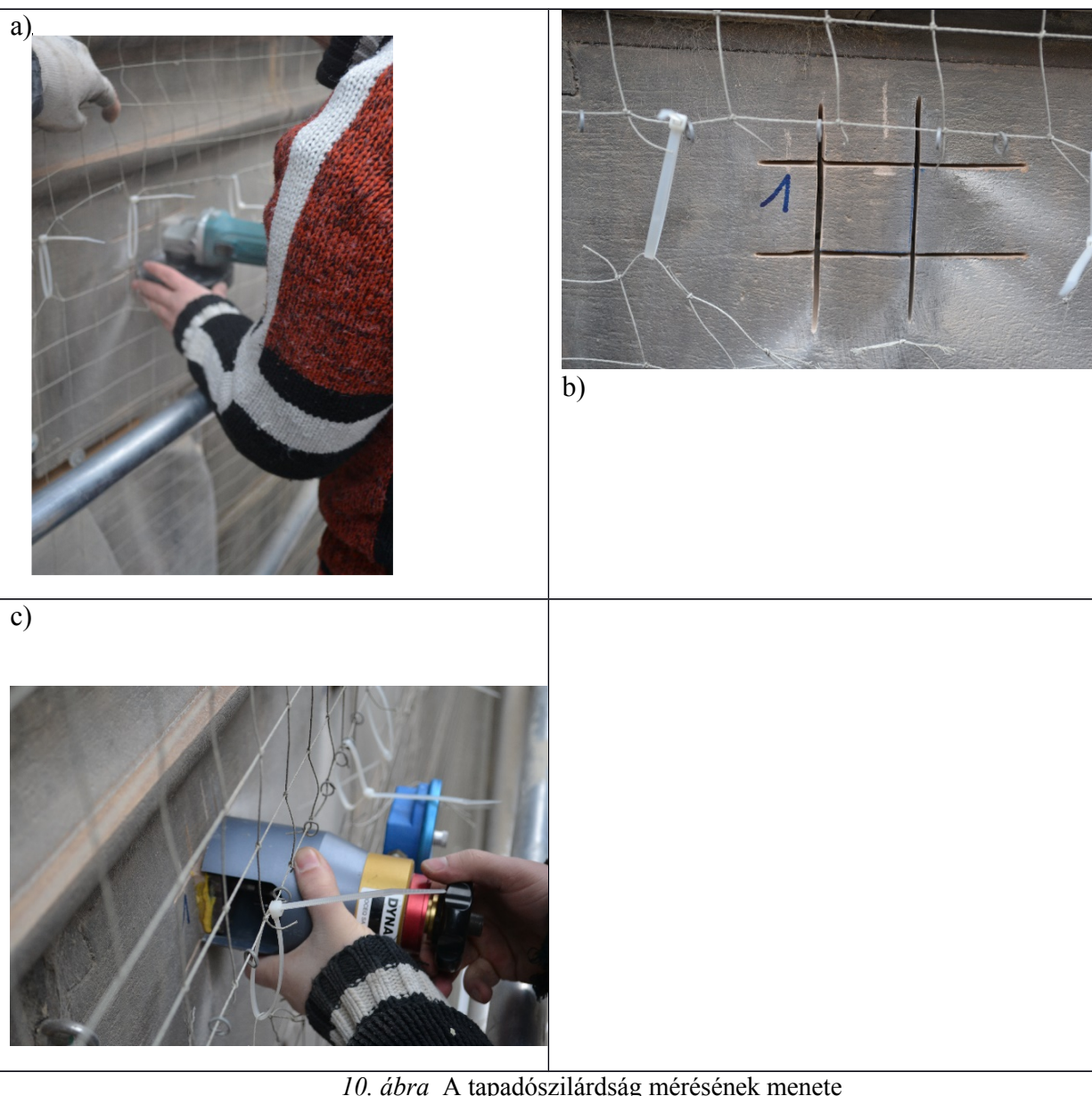


9. ábra A 9-es minta röntgendiffrakciós elemzése

## 5. Tapadó-húzószilárdság vizsgálata

A tapadó-húzószilárdság vizsgálatát DYNA Proseq 25 kN-os készülékkel végeztük el. A vizsgálat lépései a következők voltak (10.a – 10.c ábrák):

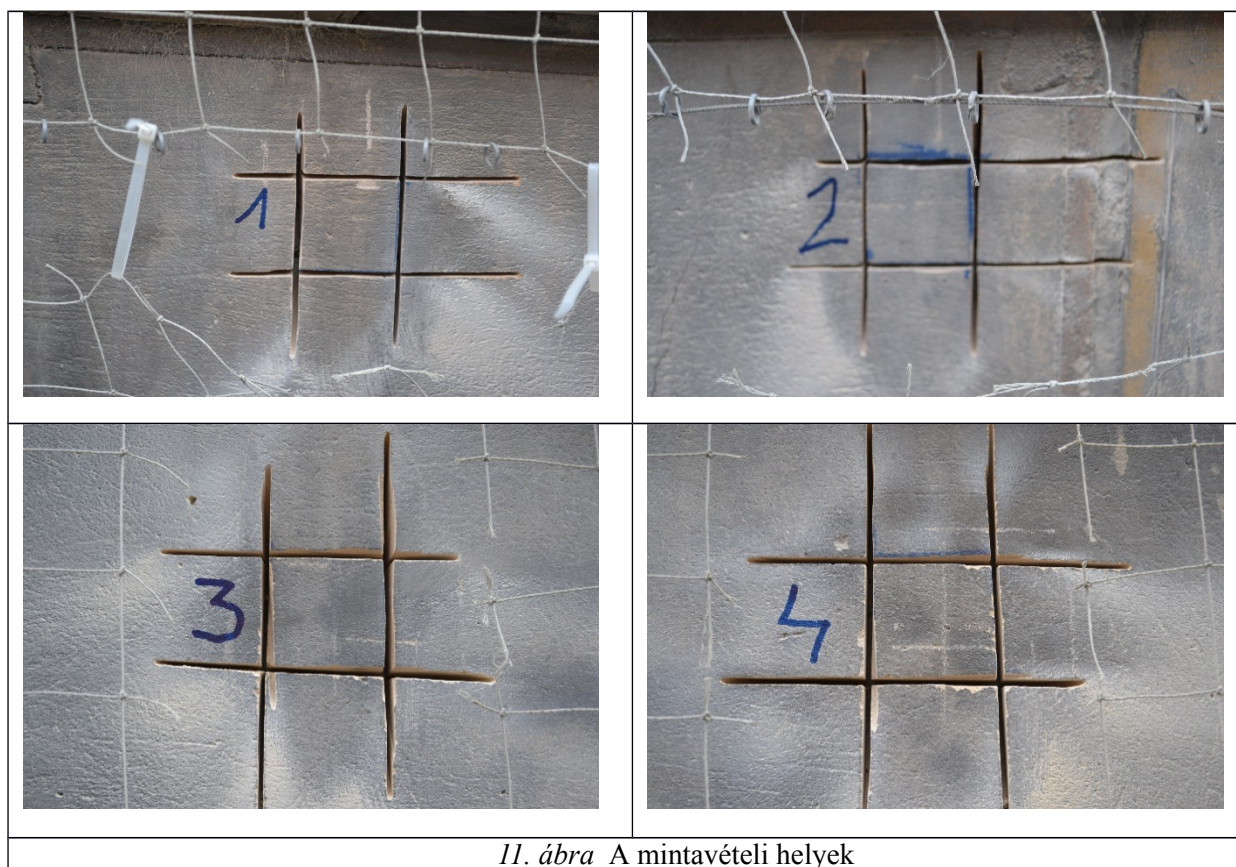
- a felületet flex gyorsvágóval bevágtuk,
- a tisztítás után a mérőhöz tartozó acél lapokat nagyszilárdságú, gyorskötő ragasztóval a felületre ragasztottuk,
- a ragasztás követően 15 perces kötési idő után elkezdtük a szakítást,
- a leszakítást követően a tönkremenetel jellegének megállapítása, a leszakadt felületek szemrevételezésével.



10. ábra A tapadósilárdság mérésének menete

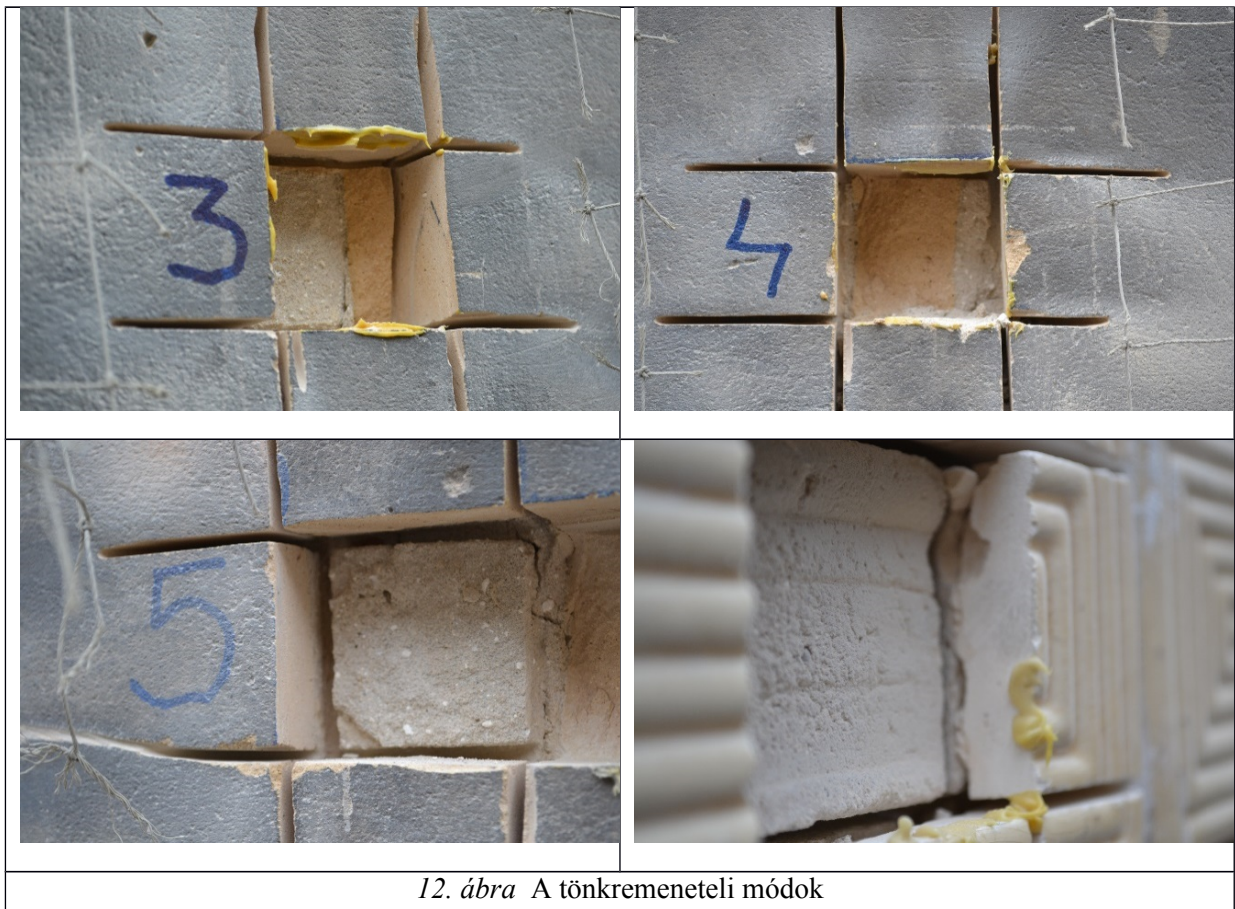


A mintavételi helyeket a 11. ábrán adjuk meg.



11. ábra A mintavételi helyek

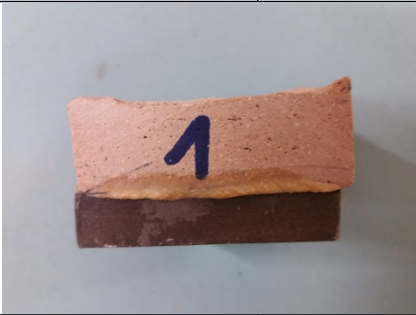
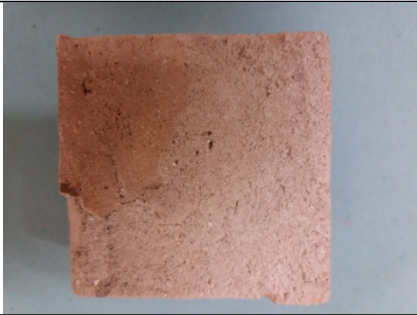
A leszakítást követően a tönkremenetel jellegének megállapításához a leszakadt felületeket szemrevételeztük (12. ábra). Az 1. mintavételi helyen a tönkremenetel a pirogránit és a habarcs határán történt. A 2. mintavételi helyen a habarcs szakadt le a díszítőkö felületéről. A 3. mintavételi helyen a habarcs ment tönkre. A 4. mintavételi helyen az anyag a felragasztott borda anyagában ment tönkre.





A tapadó-húzószilárdság értékeit az 5. táblázatban adjuk meg.

5. táblázat A tapadó-húzószilárdság vizsgálatának eredményei – 1

| Mintavételi hely                                                                    | Egyedi tapadó szilárdság értékek [N/mm <sup>2</sup> ]                                | Megjegyzés                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                                                  | 0,310                                                                                | Tönkremenetel a pirogránit és a habarcs határán:                       |
|    |    |                                                                        |
| 2.                                                                                  | 0,039                                                                                | Tönkremenetel a pirogránit és a habarcs határán, a habarcs szakadt le: |
|   |   |                                                                        |
| 3.                                                                                  | 0,471                                                                                | Tönkremenetel a habarcsban                                             |
|  |  |                                                                        |
| 4.                                                                                  | 1,138                                                                                | Tönkremenetel a bordában                                               |
|  |  |                                                                        |

A tapadó-húzószilárdság értékeit a 6. táblázatban adjuk meg. Az 5. mintavételi helynél a tönkremeneteli zóna a pirogránit és a habarcs határán figyelhető meg, a leszakadás a mintavételi hely gyorsvágóval történő előkészítése során, leszakítás nélkül történt meg. A tönkremenetel a habarcsban történt.

A 6. mintavételi helyen (sárga mázas bordás felületű pirogránit elem) szintén a gyorsvágóval történő előkészítés során, leszakítás nélkül kiesett a minta a helyéről. A habarcs vékony rétegben van a pirogránit felületre tapadva, de a habarcs zsugorodása miatt valószínűleg már korábban levált a felületről, megszűnt a tapadás.

6. táblázat A tapadó-húzószilárdság vizsgálatának eredményei – 2

|                                                |                                                                                     |                                                               |                                                                                      |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.                                             |   | Tönkremenetel a habarcsban, a pirogránit és a habarcs határán |   |
|                                                |  |                                                               |                                                                                      |
| 6. sárga mázas bordás felületű pirogránit elem |  | Tönkremenetel a habarcsban, a pirogránit és a habarcs határán |  |
|                                                |  |                                                               |                                                                                      |

## 6. Nyomószilárdsági vizsgálatok

A nyomószilárdsági vizsgálatokat a szakítószilárdsági vizsgálat során vett mintákból, valamint a Megbízó által vett mintákból alakítottuk ki. A habarcsok esetében csak 3 db próbatest kialakítása (vágása) volt sikeres, a többi – kis szilárdságának köszönhetően – vágás közben szétesett. A 13. ábrán látható, hogy a habarcs a pirogránit elemekben jelentősen zsugorodott, és emiatt a kapcsolat a pirogránit és habarcs között már megszűnt. A képen látható elemből, mint egy zsaluzatból, a habarcs erőhatás nélkül kiesett. A mészhabarcs zsugorodása a szilárdulási folyamat következménye.



A nyomószilárdsági vizsgálatokra előkészített minták jeleiben a szám a mintavételi helyet, a „pg” a pirogránit anyagot, a „h” a habarcs anyagot jelzi, valamint az „a, b, c, d” betűkkel a párhuzamosan vizsgált próbatesteket jelöltük. A vizsgálati eredmények a 7. táblázatban találhatók.



Megállapíthatjuk, hogy a pirogránit és a vele közvetlen kapcsolatban levő mészhabarcok nyomószilárdsága között nagyságrendnyi különbség van, a mészhabarc szilárdsága közelítőleg tizede a pirogránit elemekének. A legtöbb kivett mészhabarcsminta esetében nyomószilárdság vizsgálatára nem is kerülhetett sor, ugyanis már a mintakialakítás során ezek szétestek. Ez azt is jelzi, hogy a mészhabarc szilárdsága sok esetben a 7. táblázatban látható értékeknél is kisebb (átlagosan a 2 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdsági értéket sem érhetik el). További fontos megfigyelés, hogy az alkalmazott korabeli rögzítéstechnika (drótozás) a kis pH érték mellett már rozsdásodott, eredeti funkcióját a meggyengült anyag valószínűsíthetően már nem látja el.

**Vizsgálataink során a pirogránit burkolóelemek korabeli vagy javított rögzítése/ragasztása tartóssági és szilárdsági kérdéseit elemeztük. A pirogránit és mészhabarc közötti meggyengült vagy megszűnt kapcsolati szilárdság (tapadószilárdság), a mészhabarcok nyomószilárdsága és kémhatása (pH értékei), valamint a rögzítéstechnika (drótozás) korróziós állapota (előre haladott korróziója) alapján – figyelembe véve a pirogránit elemek tömegét – megállapíthatjuk, hogy a rögzítések/ragasztások eredeti funkciójukat már nem látják el, ezért részletes felülvizsgálatuk és rekonstrukciójuk javasolt.**

7. táblázat A pirogránit és habarc minták nyomószilárdság vizsgálatának eredménye

| Minta jele | Nyomószilárdság,<br>N/mm <sup>2</sup> | Térfogatsűrűség,<br>kg/m <sup>3</sup> |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1-a-pg     | 20,42                                 | 1673                                  |
| 1-b-pg     | 10,87                                 | 1730                                  |
| 2-a-pg     | 21,11                                 | 1712                                  |
| 2-b-pg     | 26,51                                 | 1749                                  |
| 2-c-pg     | 29,10                                 | 1824                                  |
| 2-d-pg     | 15,21                                 | 1940                                  |
| 3-a-pg     | 24,12                                 | 1748                                  |
| 3-b-pg     | 16,96                                 | 1632                                  |
| 3-c-pg     | 22,02                                 | 1758                                  |
| 3-d-pg     | 23,51                                 | 1641                                  |
| 5-a-pg     | 23,44                                 | 1755                                  |
| 5-b-pg     | 31,28                                 | 1683                                  |
| 5-c-pg     | 8,59                                  | 1793                                  |
| 5-d-pg     | 18,30                                 | 1738                                  |
| 6-a-h      | 2,07                                  | 1450                                  |
| 6-a-h      | 1,49                                  | 1445                                  |



|       |      |      |
|-------|------|------|
| 6-a-h | 1,92 | 1450 |
|-------|------|------|

## 7. Összefoglalás

Az ALAKart Kft. (Budapest, Tagló u. 11, 1097) megbízta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszékét, hogy végezze el az Iparművészeti Múzeum külső homlokzatáról származó minták vizsgálatát, majd a vizsgálati eredményeket szakvéleményben foglalja össze.

*A kötőanyag vizsgálat eredménye* azt mutatja, hogy nagyon kis mennyiségű „cement” típusú kötőanyag került felhasználásra a ragasztó habarcsok kialakításában, ami **alapján feltételezhetjük, hogy a habarcsok valószínűsíthetően nem cementes kötőanyaggal készültek, hanem inkább mészhabarcsok.** Az oltott mészhez felhasznált égetett meszet készíthették kissé agyagos, márgás mészkő felhasználásával is, ami *hidraulikus (víz alatt is kötőképes, szilárduló) meszet* eredményez. Ez tartalmazhat kis mennyiségű szilícium-dioxidot. *A mészhabarcs/hidraulikus mészhabarcs jelenlétét a rtg-diffrakciós vizsgálatok eredménye alapján tudjuk majd megerősíteni.*

*Vizsgálataink során a pirogránit burkolóelemek korabeli vagy javított rögzítése/ragasztása tartóssági és szilárdsági kérdéseit elemeztük. A pirogránit és mészhabarcs közötti meggyengült vagy megszűnt kapcsolati szilárdság (tapadószilárdság), a mészhabarcsok nyomószilárdsága és kémhatása (pH értékei), valamint a rögzítéstechnika (drótozás) korróziós állapota (előre haladott korróziója) alapján – figyelembe véve a pirogránit elemek tömegét – megállapíthatjuk, hogy a rögzítések/ragasztások eredeti funkciójukat már nem látják el, ezért részletes felülvizsgálatuk és rekonstrukciójuk javasolt.*





## MELLÉKLET