

Egy környezetkímélő és fenntartható talajjavítási módszer: a kalcit mikrobiológiai kicsapása

(MICP: Microbial-induced calcite precipitation)

Irodalmi áttekintés

A talaj fizikai stabilizálására szokványosan használt vegyi alapú kötőanyagok, mint például a Portland cement, mész, aszfalt, nátrium szilikát, stb. hatékonynak bizonyultak a talajjavításban (Karol et al, 2003; Peethamparan et al, 2009), bár alkalmazásuk általában módosítja a talaj pH-át, ugyanakkor toxikus és veszélyes szennyezőanyagokat juttatnak a talajba és a talajvízbe (Karol et al, 2003).

Az utóbbi években a szakirodalom a kalcit mikrobiológiai kicsapásának (angolul: Microbial-induced calcite precipitation (MICP) építőipari és talajjavítási alkalmazásáról számolt be. A MICP környezetkímélő és fenntartható talajjavítási módszer, mely a talajban lezajló biokémiai folyamaton alapszik. A folyamat javítja a gyenge, kis ellenállású, tömörödéssre hajlamos talaj geotechnikai tulajdonságait (ellenállóképesség, áteresztőképesség), ugyanakkor eredményesnek bizonyult más területen is, mint például a beton ellenállásának és tartósságának (Muynck et al, 2008), (Achal et al, 2011) javításában, a téglá tartósságának (Sarda et al, 2009) és a homokos talaj ellenállásának növelésében (Lu, et al, 2010), a homok áteresztőképességének csökkentésében (Nemati and Voordouw, 2003).

A MICP egy biológiai anyagcsere folyamatot használ fel a talaj mechanikai tulajdonságainak javítására. A folyamat a talajban is végbemenő urea hidrolízisen alapszik, melynek következtében helyenként bázikus környezet jön létre a talajszemcsék közötti pórusvízben, ezzel elősegítve a kalcit kicsapódását. Ezt a kémiai reakciót a lúgos talajokban általában előforduló talajbaktérium (pld. *Sporosarcina pasteurii*) erőteljes ureáz aktivitása segíti elő. A talajban a baktérium anyagcseréje során termelt vagy a talajba mesterségesen in situ beinjektált ureáz enzim hidrolizálja a talajban található ureát ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), mely során ammónium keletkezik és helyileg nő a környezet pH-ja, elősegítve a kalcium és a karbonát kicsapódását kalcit formájában. Az így keletkezett kalcit in situ cementálja a talajszemcséket, a talajpórusokat pedig eltömíti, ezáltal erősíti a talaj ellenállását, csökkenti a tömörödési képességét (DeJong et al 2006).

A bio-cementálódás legfontosabb eleme a kalcium karbonát (kalcit), mely elterjedt a természetben. Ugyanakkor az ureáz pozitív baktériumok is elterjedten fordulnak elő, ezért az in situ talajjavítás nem igényli minden esetben idegen ureolitikus baktériumok talajba vitelét (Fujita et al, 2000). A honos ureolitikus talajbaktériumok szaporíthatók a kívánt koncentráció eléréséig a tápanyag talajba injektálásával.

Vandevivere és Baveye (2010), valamint Abdel Aal et al., (2010) megfigyelték, hogy a homokos talaj áteresztőképessége nagymértékben lecsökken a biomasza akkumulációjával és az EPS (extracellular polymeric substances) termelődésével. Ezek az anyagok akkumulálódhatnak a talajpórusok körül vagy egyenletesen a talajszemcsé felületén.

Wei-Soon et al (2012) szerint a MICP folyamat hatékonysága a talajjavításban, többek között, függ az alábbi tényezőktől: tápanyagtartalom, baktérium típusa, baktérium alakja, baktériumsejtek koncentrációja, a baktériumok eloszlása a talajban, talaj hőmérséklete, reagensek koncentrációja, talaj pH, az ureáz enzim injektálási módszere.

Wei-Soon et al (2012) laboratóriumi eredményei azt mutatták, hogy a MICP kezelés hatására nőtt a talaj ellenállása és csökkent az átteresztőképessége.

Összeállította: Vaszita Emese (BME ABÉT)

Irodalom

Abdel Aal, G. Z. Atekwana, E. A. and Atekwana E. A. (2010) "Effect of bioclogging in porous media on complex conductivity signatures," *J. Geophys. Res.*, vol. 115, p. G00G07, 2010.

Achal V., Pan, X. and Özyurt, N. (2011) "Improved strength and durability of fly ash-amended concrete by microbial calcite precipitation," *Ecol. Eng.*, vol. 37, pp. 554-559, 2011.

DeJong, J. T.; Fritzges, M. B. and Nüsslein, K. (2006) "Microbially Induced Cementation to Control Sand Response to Undrained Shear," *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, vol. 132, pp. 1381-1392, 2006.

Fujita, Y. Ferris, F. G. Lawson, R. D. Colwell F. S., and Smith R. W. (2000), "Calcium Carbonate Precipitation by Ureolytic Subsurface Bacteria, (2000) "*Geomicrobiol. J.*, vol. 17, pp. 305-318, 2000.

Karol, R. H. *Chemical grouting and soil stabilization*, (2003) 3rd ed. New York: M. Dekker, 2003.

Lu, W.; Qian, C. and Wang, R. (2010) "Study on soil solidification based on microbiological precipitation of CaCO₃," *Sci. China Technol. Sci.*, vol. 53, pp. 2372-2377, 2010

Muynck, W. De, Debrouwer, D.; Belie, N. De and Verstraete, W. (2008) "Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials," *Cem. Concr. Res.*, vol. 38, pp. 1005-1014, 2008.

Nemati M. and Voordouw, G. (2003) "Modification of porous media permeability, using calcium carbonate produced enzymatically in situ," *Enzyme Microb. Technol.*, vol. 33, pp. 635-642, 2003.

Peethamparan, S.; Olek, J. and Diamond, S. (2009) "Mechanism of stabilization of Na-montmorillonite clay with cement kiln dust," *Cem. Concr. Res.*, vol. 39, pp. 580-589, 2009.

Sarda, D., Choonia, H. Sarode, D. and Lele, S. (2009) "Biocalcification by *Bacillus pasteurii* urease: a novel application," *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 36, pp. 1111-1115, 2009.

Vandevivere P. and Baveye, P. (2010) "Relationship between Transport of Bacteria and Their Clogging Efficiency in Sand Columns," (2010) *Appl Environ Microbiol*, vol. 58, pp. 2523-2530.

Wei-Soon Ng, Min-Lee Lee, and Siew-Ling Hii (2012) An Overview of the Factors Affecting Microbial-Induced Calcite Precipitation and its Potential Application in Soil Improvement, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 62 2012