

Werken met natuur-eigen biologie om de bodem in de Toronto Port Lands te verbeteren.

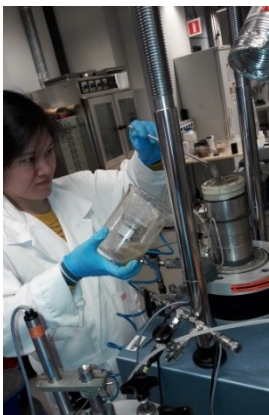
Waterfront Toronto ontwikkelt het oude industriegebied 'Port Lands' tot een schitterend nieuw stroombed voor de Don River, met ruimte voor natuur, recreatie, sport, bedrijven en wonen. Hiervoor natuurlijke in situ processen inzetten is enorm milieuvriendelijk en waarschijnlijk kostenbesparend. Waterfront Toronto is een project-ontwikkelingsorganisatie voor het gebied tussen de stad Toronto en Lake Ontario. Waterfront Toronto heeft een internationaal consortium geselecteerd om in situ biologische bodemstabilisatie te testen en demonstreren. Dit project omvat twee fasen uitgevoerd: eerst een serie testen in het laboratorium, bij positief resultaat gevolgd door een full-scale demonstratie op locatie.

De laboratoriumexperimenten toonden aan dat het 'bouwen met de natuur' heel goed werkt in de bodem van de Port Lands Toronto. Na de er op volgende veld-pilot hebben we proefsleuven gegraven die het succes van de methoden lieten zien. Calciet was zichtbaar aanwezig en de behandelde bodem was zichtbaar stabielere dan de onbehandelde.

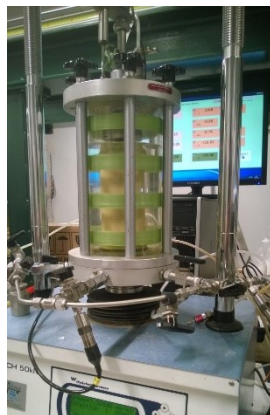
Waterfront Toronto heeft een internationaal consortium bestaande uit Groundwater Technology (Rotterdam), Accuworx, Inc (Brampton, ON, Canada), Deltares (Delft), Arizona State University (Tempe, AZ, USA) en de TU Delft, uitgekozen om een demonstratie te geven van in situ biologische processen om de stabiliteit te verbeteren van de bodem in de Port Lands. Stabilisatie is noodzakelijk omdat de bodem onvoldoende stabiel is om de geplande herinrichting van het gebied mogelijk te maken. De wens is er een schitterend nieuw gebied met ruimte voor de rivier, voor natuur en voor wonen, werken en recreëren te realiseren.

In de literatuur zijn verschillende biologische processen omschreven om bodem te stabiliseren, Het komt er op neer dat natuurlijke bodembacteriën een natuurlijk cement maken: calciet. Calciet komt in gigantische hoeveelheden voor in de natuur; het is een van de bindende stoffen waardoor zandsteen uit los zand gevormd wordt. Andere processen produceren daarnaast ook gas waardoor de bodem ook gestabiliseerd wordt.

De eerste fase was het testen/demonstreren van deze processen onder laboratoriumcondities op bodemonsters afkomstig uit het gebied.



Figuur 1: Laboratorium werk



Hoewel deze processen bekend zijn in de wetenschappelijke literatuur en in beperkte mate in full-scale projecten zijn bewezen, is uniek voor de Port Lands dat de te stabiliseren bodem ook nog eens flink is verontreinigd. Deze processen zijn niet eerder getest op verontreinigd sediment.

Geotechnisch modeleren heeft laten zien dat een toename van sterkte tot $c=5$ kPa en een ϕ van 20 graden nodig is om een helling van 1:2 te stabiliseren.



Figuur 2: Calciet gecoate sensor

De volgende stap was deze processen in het veld, in de Port Lands in Toronto, toe te passen. Voor beide technieken hebben we verschillende behandelintensiteiten toegepast. Natuurlijk, lokaal voorkomende, bacteriën zijn aangezet om calciëet en stikstofgas te vormen door specifieke mengsels van werkzame stoffen, opgelost in water, in te brengen. Grondwater monitoring liet zien dat de processen conform verwachting op gang kwamen. Figuur 2 toont calciëet neerslag op één van de sensoren.

Het ene proces gebruikt ureum en calcium om calciëet te laten ontstaan. Dit proces geeft heel snel resultaat, binnen enkele weken, en werd niet gehinderd door aanwezige olie verontreiniging. Het andere proces gebruikt een calcium-koolwaterstof en nitraat om calciëet en stikstofgas te produceren. Stikstof komt al binnen enkele dagen vrij, het duurt langer om calciëet te vormen (1 – 2 maanden). We hebben dit proces niet met olie verontreinigd sediment getest in het laboratorium, in het veld werkte het prima in sediment verontreinigd met koolwaterstoffen.

De proefsleuven lieten zien dat de stabiliteit was toegenomen. Figuur 5 toont een proefsleuf in onbehandelde bodem: na 3 uur was deze (deels) ingestort. Figuur 4 toont de proefsleuf in wel behandelde bodem, ook na 3 uur. Er was nog geen teken van instorting.



Figuur 3: Calciëet kristallen (wit materiaal) in behandelde bodem



Figuur 5: sleuf in niet-behandelde bodem: na 3 uur reeds deels ingestort



Figuur 4: Sleuf in wel behandelde bodem, geen teken van bezwijken

Deze veldproeven trokken veel (wetenschappelijke) aandacht. We kregen het verzoek van het Center for Bio-mediated and Bio-inspired Geotechnics (CBBG) van de Arizona State University in samenwerking met NSF NHERI (Natural Hazard Engineering Research Infrastructure) van de University of Texas om eigen onderzoek te doen op locatie naar de mogelijkheden van de Microbially Induced Carbonate Precipitation om liquefactie (drijfzandvorming) door aardbevingen te voorkomen. Waterfront Toronto gaf toestemming voor deze aanvullende tests. Dit unieke en innovatieve geotechnisch onderzoekapparaat (er is er maar één van op het Amerikaans continent) is ontworpen om zo veel energie op de bodem over te brengen dat je er een aardbeving mee kan nabootsen. Het apparaat kan daadwerkelijk liquefactie in de bodem veroorzaken. Dit apparaat is in de nasleep van de grote aardbeving bij Christchurch (Nieuw Zeeland) daar jaar lang gebruikt.

Meetgegevens worden verzameld gedurende de schudproeven, zodat er een ruimtelijk beeld ontstaat van liquefactie en andere verschijnselen in de bodem. Door tests op niet behandelde delen van de bodem te vergelijken met tests op wel-behandelde, verwachten we inzicht te krijgen in de effecten van de behandeling. De metingen gaven aan dat er gas is gevormd in de bodem, waardoor deze deels onverzadigd is geraakt.

Zowel de MICP (urease-techniek) als MIDP (nitraat-reductie) resulteren in calciëtvorming om zo de stabiliteit te verbeteren. Deze toegenomen sterkte helpt om liquefactie te voorkomen en zorgt voor toegenomen helling-stabiliteit. Bij ver doorgezette stabilisatie kan het ook werken om funderingen te verstevigen.



Figuur 6: Big Shaker ("T rex") op locatie. De 'shaker' is de oranje schijf midden onder deze dinosaurus.

We hebben (voor het eerst ter wereld) zijn de MICP en MIDP processen tegelijkertijd op één locatie op praktijkschaal toegepast. Dit toonde aan dat de biologische reacties met succes toegepast kunnen worden in Toronto, ondanks aanwezigheid van bodemverontreiniging. MIDP gaf een duidelijke gasvorming (onverzadiging) van de bodem binnen enkele dagen. Dit heeft een groot effect op het voorkomen van liquefactie (drijfzandvorming) als gevolg van trillingen, schokgolven en aardbevingen. Op basis van de reactiesnelheden die we hier hebben gemeten, verwachten we dat voldoende onverzadiging bereikt kan worden binnen 5 – 20 dagen. We kunnen uit deze proeven niet afleiden hoe lang de gasbellen in de bodem aanwezig blijven. Het succes van de biologische reacties ondanks de aanwezigheid van flinke kleilagen in de bodem geeft aan dat deze methode ook toegepast kan worden in gelaagde bodems. We kunnen dus ook een bodempakket als geheel stabiliseren door alleen de dunne zandlaagjes te behandelen, zolang we er in slagen om de benodigde hulpstoffen in die zandlagen te verspreiden.