



Inverkan av vatten på egenskaper hos grova obundna vägmateriäl

"Influence of Water on Coarse Granular Road Material Properties"

Slutsatser

Resilienta (återfjädrande) egenskaper:

- Ökad vattenhalt orsakar en sänkning av resilientmodul. För material med maximal stenstorlek 90 mm och låg halt av finmaterial (<math><63 \mu\text{m}</math>) är reduktionen relativt liten. När kornstorleksfördelningen förskjuts mot finare fraktioner blir reduktionen orsakad av ökad vattenhalt större.
- En ökad andel glimmer (i fraktionen <math><4 \text{ mm}</math>) medför generellt lägre styvhetsmoduler. Den relativa sänkning av resilientmodul vid ökande vattenhalt blir dock lägre med ökad andel glimmer.

Hydrauliska mätningar:

- Vattenbindningskurvor har uttryckts enligt modell föreslagen av van Genuchten¹ för samtliga materialkombinationer som ingått i undersökningen.
- Den vattenhållande förmågan påverkas av gradering och glimmerhalt: förmågan ökar med ökad andel finmaterial och andel fritt glimmer.
- Vattenhalten i grova obundna material kan med hygglig noggrannhet bestämmas med tidsdomänreflektometri (TDR). Framförallt är det möjligt att följa vattenhaltsförändringar.

Inledning

Obundna granulära material tillhör de mest använda för konstruktion inom väg- och vattenbyggnad, om inte det mest använda. Detta gäller i synnerhet för vägar. Dock är kunskapen om mekaniska och hydrauliska egenskaper för denna typ av material tämligen begränsad, särskilt för graderingar med stor maximal stenstorlek. Huvudsyftet med detta arbete - redovisat i doktorsavhandlingen "Influence of Water on Coarse Granular Road Material Properties, 2007"²-

¹ van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892–898.

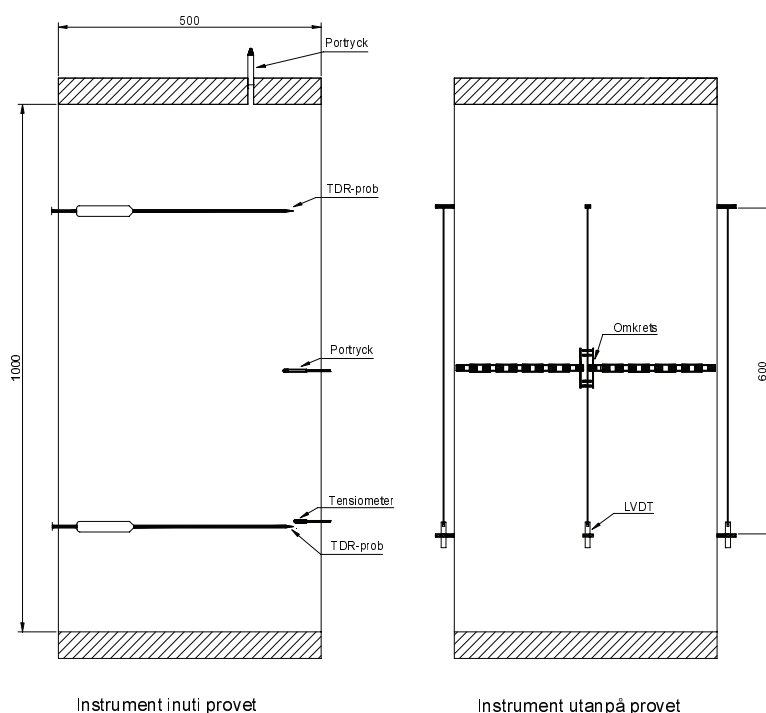
² Ekblad, Jonas. Influence of Water on Coarse Granular Road Material Properties, TRITA-VT FR 07:01, ISSN 1650-867x, ISRN KTH/VT/FR-07/01-SE. <http://www.diva-portal.org/kth/theses/abstract?dbid=4329>.

var att undersöka vattenhaltens inverkan på huvudsakligen mekaniska egenskaper hos grova obundna material med stor maximal partikelstorlek. Arbetet omfattade mätningar av resilienta egenskaper, vattenbindningskurvor och vattenhaltsmätning med tidsdomänreflektometri (TDR). Två experimentserier genomfördes: en där graderingen ändrades och en där andelen fria glimmerpartiklar ändrades.

Metoder och material

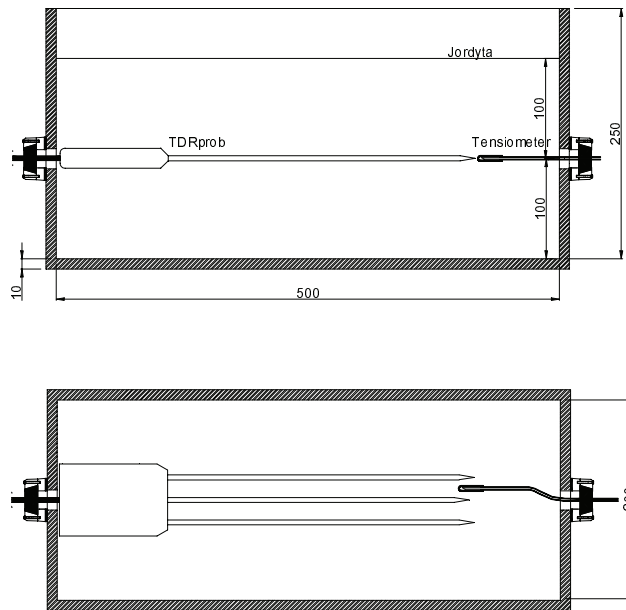
Utrustning för mätning av resilientmodul visas i figur 1. Instrumenteringen omfattade mätton inuti provkroppen, begrävda under packningen, och givare monterade på provet. I provet inpackades TDR-prober för kontinuerlig mätning av vattenhalt. Varje provkropp provades vid minst 4 olika vattenhalter:

1. initialt vid låg vattenhalt motsvarande en tension i vattenfasen omkring 15 kPa
2. vid maximal vattenhållande förmåga, dvs. ytterligare vatten kommer att dränera från botten
3. vattenmättnad (eller vattendränkning)
4. dränerat.



Figur 1. Triaxialutrustning.

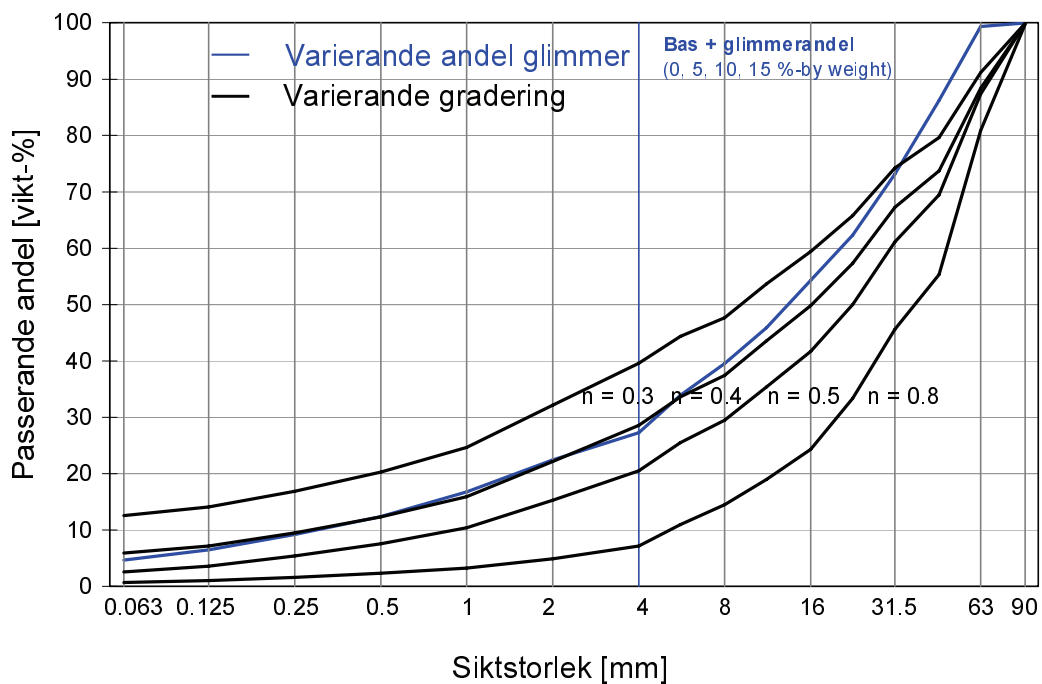
För samma material som provades med avseende på resilienta egenskaper, mättes även vattenbindningskurvor. För att kunna mäta vattenhalten med TDR bestämdes även ett förhållande mellan materialets vattenhalt och dess relativa permittivitet (dielektricitetskonstant). Utrustning för dessa mätningar visas i figur 2.



Figur 2. Försöksuppställning för mätning av tension med tensiometer och vattenhalt med TDR.

Vattenbindningskurvor bestämdes först för vätande förlopp dvs. provet hade initialt en låg vattenhalt varefter vatten tillfördes ytan upp till vattenmättnad. För att bestämma kurvan under torkande förlopp, dränerades provet och tilläts torka under kontinuerlig mätning av vattenhalt och tension i vattenfas.

I figur 3 visas kornstorleksfördelning för de två provserier som genomfördes. I provserien med varierande gradering var maximal stenstorlek 90 mm och för serien med varierande glimmerhalt 63 mm.

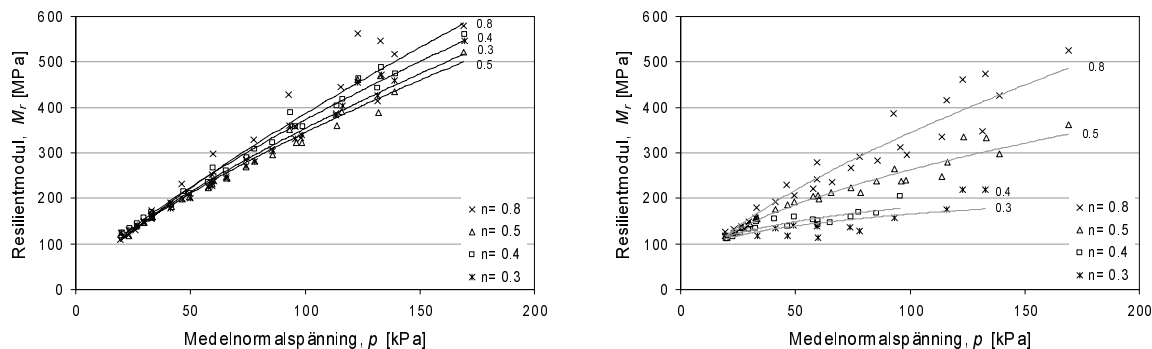


Figur 3. Kornstorleksfördelning för de två provserierna.

För provserien med varierande andel glimmer ökades andelen glimmer i fraktionen under 4 mm genom att ersätta en del av det ursprungliga materialet med samma mängd rent glimmer med samma kornstorleksfördelning; ersatta andelar var 5, 10 resp. 15 vikt-% som tillsammans med originalmaterialet utgjorde provserien.

Resultat

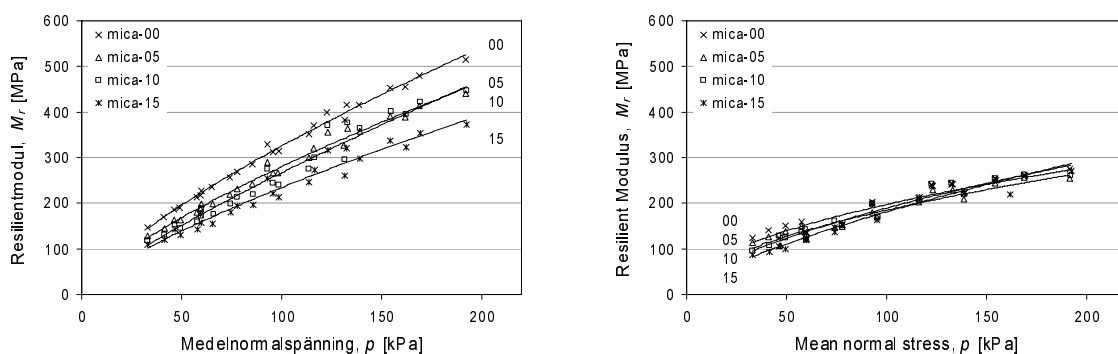
En stor del av arbetet omfattade mätningar av resilienta egenskaper, dvs. deformationerna är elastiska eller återfjädrande. I figur 4 sammanfattas resultat för provserien med varierande gradering för låg vattenhalt (initialt tillstånd) och vid vattenmättnad.



Figur 4. Resilientmodul vid låg vattenhalt (vänster) respektive vattendränkning/mättnad för provserien med varierande gradering. Benämningen avser graderingsparamater för resp. kornstorleksfördelning (jämför figur 3).

Vid låg vattenhalt är materialen tämligen likartade och visar ökande resilientmodul vid ökande belastning. Däremot blir skillnaderna stora under vattenmättnad. De finare graderingarna förlorar en stor del av styvheten, framförallt vid högre spänningar.

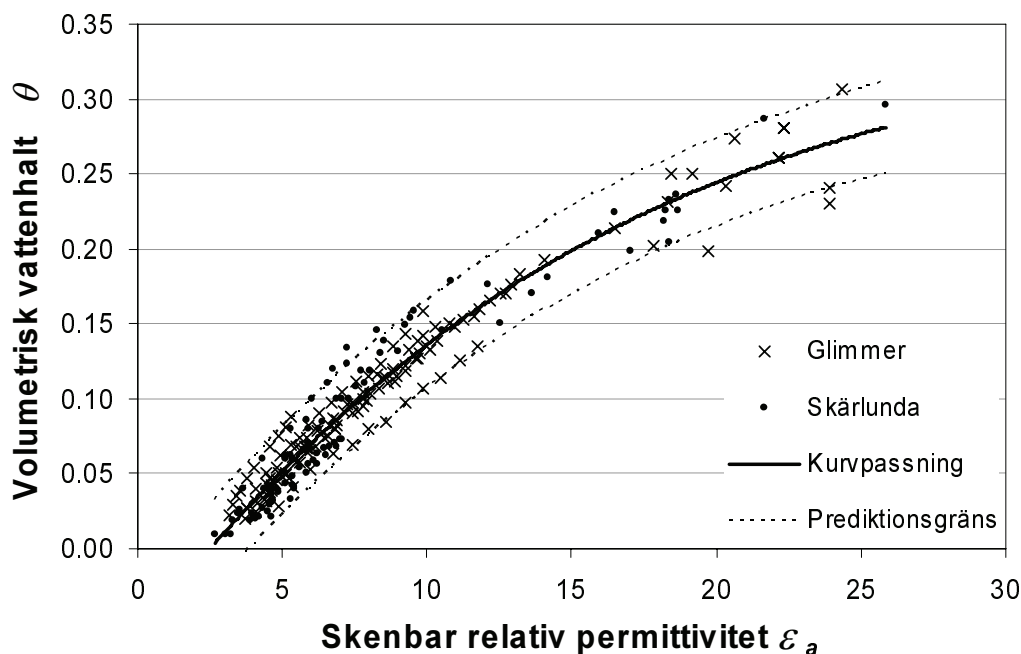
Resultat från motsvarande provningar för provserien med varierande glimmerhalt återfinns i figur 5.



Figur 5. Resilientmodul vid låg vattenhalt (vänster) respektive vattendränkning/mättnad för provserien med varierande glimmerhalt. Benämningen avser andel tillsatt glimmer (jämför figur 3).

I detta fall är materialen likvärdiga vid vattenmättnad vad avser resilientmodul, medan de vid låg vattenhalt uppvisar skillnader; ökad glimmerhalt medför en sänkning av resilientmodul.

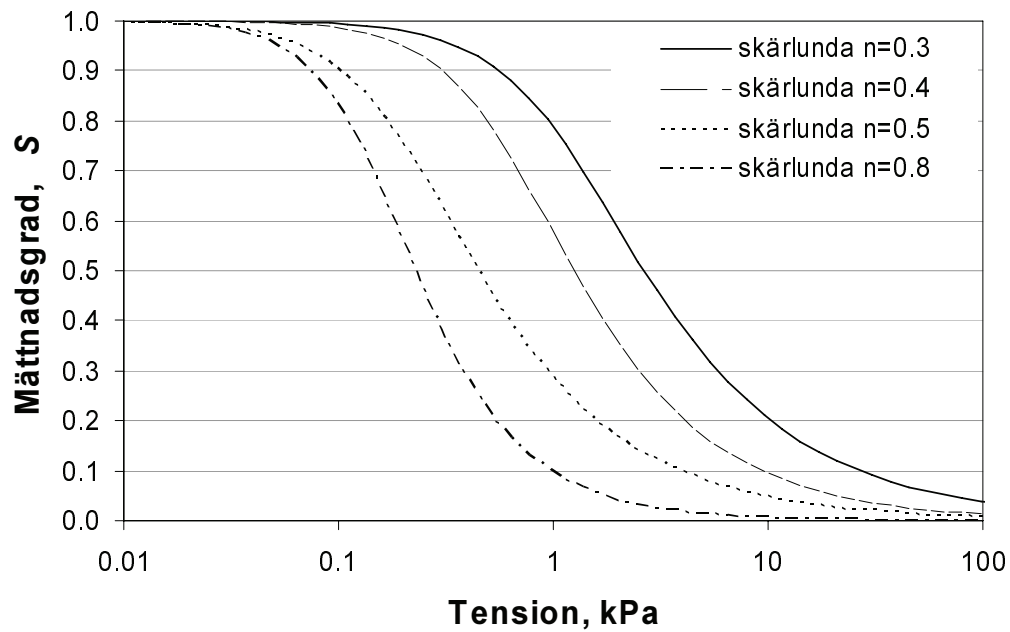
För att kontinuerligt och oförstörande kunna mäta vattenhalten bestämdes samband mellan volumetrisk vattenhalt och det vattenhållande materialets relativa permittivitet. Dessa mätningar sammanfattas i figur 6 för samtliga använda materialkombinationer.



Figur 6. Volumetrisk vattenhalt som funktion av skenbar relativ permittivitet för de båda provserierna, kurvpassning (3:e grads polynom) och 95 % prediktionsintervall.

Figur 6 visar att i denna undersökning förefaller sambandet mellan vattenhalt och dielektriska egenskaper vara relativt oberoende av materialsammansättning (varierande gradering och glimmerhalt). Vad avser TDR-mätningar har den mesta forskningen bedrivits inom jordbruksvetenskapen på jordar som avviker starkt från de krossade, hårt packade och granulära material som används i en väggkropp. Erhållet samband från dessa undersökningar avviker från de mesta kända sambanden som har publicerats tidigare.

Slutligen redovisas även ett exempel på vattenbindningskurvor för provserien med varierande gradering i figur 7. Vattenbindningskurvan beskriver materialets förmåga att kvarhålla vatten i det omättade tillståndet. Sambandet beskrivs som vattenhalt (eller i som i detta fall mättnadsgrad) som funktion av tension i vattenfasen.



Figur 7. Vattenbindningskurvor för provserien med varierande gradering.

Materialens vattenbindande förmåga påverkas av gradering; finare gradering medför ökad vattenhalt vid samma tensionsnivå jämfört med gradering med lägre andel finmaterial. Samma effekt återfanns även för ökad andel glimmer, dvs. den vattenhållande förmågan ökade med ökad andel fritt glimmer.

Författarens och institutionens tack

Arbetet har utförts vid avdelningen för Vägteknik vid Kungliga Tekniska Högskolan, institutionen för Byggetenskap. För projektets genomförande erhöles finansiering från:

- Vägverket
- Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF
- Sveriges Bergmaterialindustri, SBMI.