

Sammanfattning

Utnyttjande av blandkorniga moränmaterial för väg- och anläggningsbyggande

I Sverige förbrukas 6-8 ton ballastmaterial per person och år och ca 60% av denna volym avsätts inom vägbyggnadssektorn. Traditionellt byggs det svenska vägnätet upp av krossat bergmaterial eftersom tillgången på detta material generellt sett är god. Detta medför ofta transporter utanför den tänkta väglinjen.

Mer än 75 % av Sveriges yta täcks av ett moräntäcke med varierande sammansättning och ett utökat användande av detta material skulle inte enbart minska transporterna, och därigenom leda till en minskad miljöbelastning med mer kostnadseffektiva lösningar som följd utan även en mer hållbar utveckling inom vägbyggnadssektorn.

Syftet med projektet har varit att öka kunskapen om blandkorniga moräners beteende i en vägkonstruktion samt identifiera och bestämma vilka egenskaper som avgör materialets funktion och därmed kunna utöka materialens användningsområde.

Först har en litteraturstudie genomförts i vilken olika faktorer som inverkar på vägens nedbrytning diskuteras. Därefter har metoder för vägdimensionering och de olika ingående materialegenskaperna samt inverkans faktorer på obundna materials last deformations beteende studerats. Slutligen definieras morän och de geologiska processer som inverkar på materialens egenskaper har presenterats.

De mekaniska egenskaperna av blandkorniga moränmaterial undersöks med laboratorieförsök bestående av standardmetoder för materialklassificering, statiska och dynamiska triaxialförsök och fältmätningar av bärighet densitet och vattenkvot.

Slutligen diskuteras de förutsättningar som krävs för ett ökat användande och vilka nycklegenskaper som är viktiga i olika skeden av ett byggprojekt. Detta görs i kronologisk ordning med utgångspunkt i byggprocessen för ett vägprojekt; utredning, dimensionering av vägöverbyggnad och utförande (kvalitetssäkring).

Utredning

Vid lokalisering av en nysträckning är det många komplexa och sammankopplade aspekter att ta hänsyn till som t.ex. geologiska, miljömässiga, estetiska och säkerhet. I denna del av processen är frihetsgraderna avsevärda avseende geografiska och topografiska egenskaper för den framtida vägsträckningen. Det mest kostnadseffektiva och miljömässigt riktiga är att skapa förutsättningar för ett användande av de befintliga materialen i väglinjen. Sammansättningen av moränmaterial kan variera avsevärt över små avstånd och därmed även materialens mekaniska egenskaper. I många fall skulle därmed förmodligen en utökad geologisk undersökning med målsättning att fastställa användningsområdet för de inom den tänkta väglinjen tillgängliga materialen vara lönsam.

Moränmaterialens mekaniska egenskaper styrs inte enbart av materialens kornsammansättning, vilken normalt används för materialklassificering, utan även av den hydrogeologiska och miljömässiga situationen. Dessutom är det viktigt att förutse hur dessa parametrar kommer att påverkas av den tänkta konstruktionen. Vid lokalisering av vägen avgörs därmed den geologiska och hydrogeologiska situationen och därmed indirekt materialens mekaniska egenskaper, styvhet, hållfasthet och frostegenskaper.

Materialens dimensionerande egenskaper är därför inte bara beroende av materialtyp utan mer viktigt är lokalisering och förutsättningar i konstruktion.

Dimensionering

Målsättningen i dimensioneringsfasen är att finna den mest ekonomiska och miljömässiga konstruktionen över tid på en given plats och med tillgängliga material. Vägkonstruktionen måste uppvisa en acceptabel nedbrytningshastighet för den förväntade trafikvolymen vid varierande miljömässiga egenskaper.

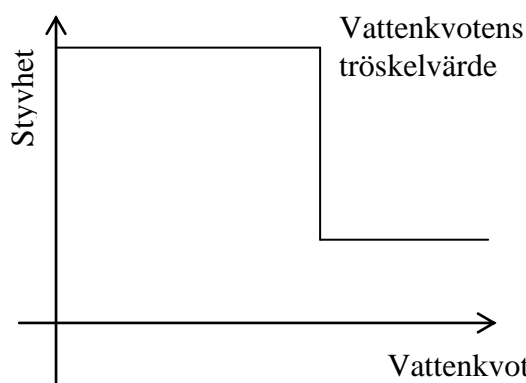
I denna del är det viktigt att utvärdera riktiga dimensionerande egenskaper för de i konstruktionen ingående materialen, mycket av arbetet som genomförts inom ramen för detta projekt har handlat om att utvärdera dessa egenskaper och hur de påverkas av variation av fukttinhåll etc.

De material som undersökts inom laboratoriestudien är en siltig sandmorän, M1 med en finjordsandel motsvarande 21% och en sandmorän, M2 med en finjordsandel på 13%. Båda materialen avviker därmed från de krav som anges enligt ATBs föreskrifter för vägbyggnads-material avseende sin finjordsandel och de finkornigare av de två, M1 materialet avviker dessutom med en överrepresentation av sandfraktionen.

Obundna granulära material uppvisar vanligen ett samband mellan hållfasthet och styvhet, däremot för de undersökta moränmaterialen är det svårt att bekräfta ett sådant samband, förmodligen orsakat av den enhetligt utförda ”optimala” packningen. Materialens hållfastegenskaper kan sammanfattas med $\phi = 45^\circ$ och $c = 15-35$ kPa, vilket överensstämmer väl med konventionella vägbyggnads-material. Resultaten indikerar även att materialens styvhet inte är avgörande för det framtida användningsområdet då vattenkvotens inverkan är avgörande.

Materialen uppvisar en tydlig gräns i materialbeteende beroende på aktuell vattenkvot, se Figur 1, vilket syns tydligt från resultaten av laboratoriestudien. Däremot var vattnets inverkan på materialens hållfasthet begränsad, vilket förmodligen kan förklaras av den långsamma belastningshastigheten, vilken inte leder till någon portrycksuppbyggnad i provet under belastning.

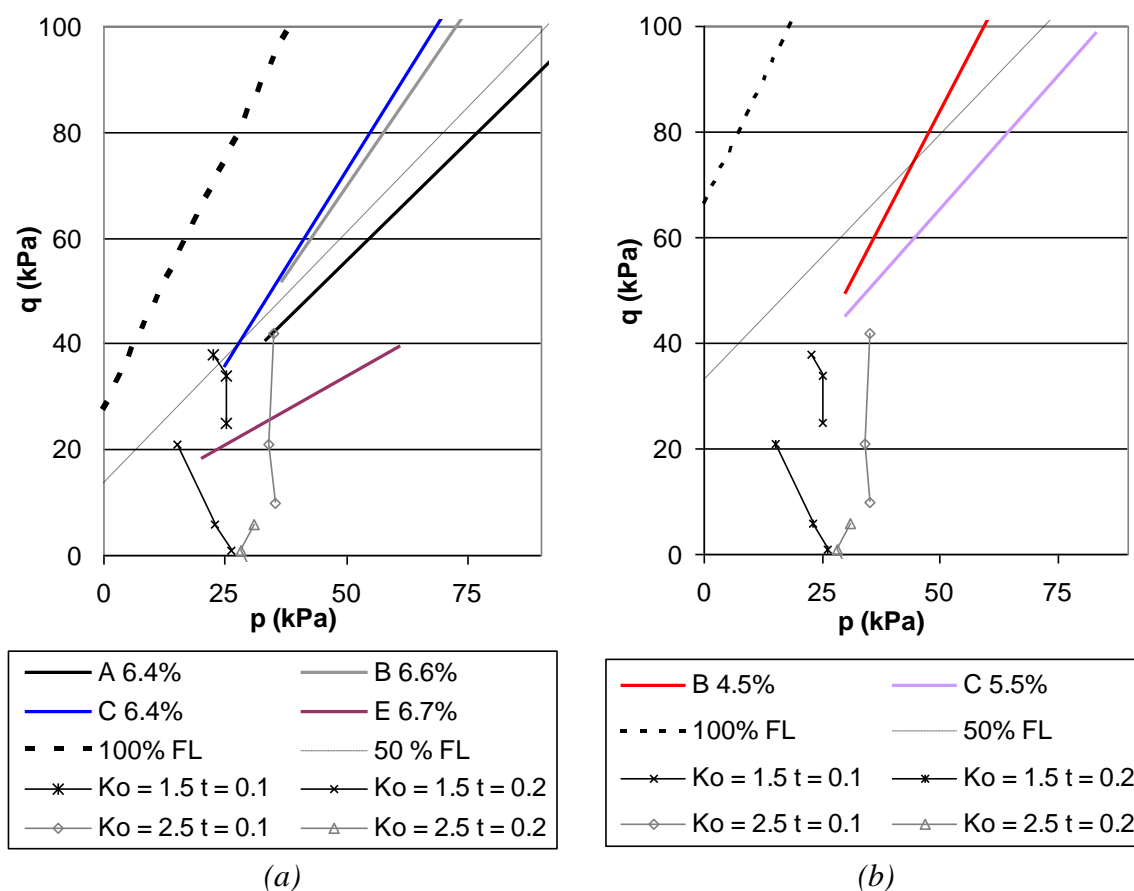
Gränsvärdet för vattenkvoten är materialberoende och påverkas bla av finjordsandel, lagringstäthet etc, vilket visades i laboratoriestudien. Resultaten visar tydligt att materialens vattenkvot inte får överstiga tröskelvärdet, vilket kan utvärderas från resultat av cykliska triaxialförsök.



Figur 1. Schematisk bild över styvhetsförändring med variation i materialets vatteninnehåll.

Eftersom gränsen mellan ett väl och icke fungerande material avseende vattenkvot var tydlig, är det riskfyllt att använda materialens styvhet och töjningsnivå i en nedbrytningsmodell i en dimensioneringssituation. I denna studie användes i stället en kategorisering av materialen baserad på "shakedown concept" presenterad av (Werkmeister, Dawson et al., 2001). Detta bygger på en indelning i tre olika materialbeteende, benämnda A B och C. Gränsen mellan materialbeteende A och B är viktigast då materialets framtida användningsområde skall bedömas, eftersom enbart små deformationer utbildas för spänning under denna gräns, detta beteende är önskvärt i en framtida konstruktion.

I Figur 2 redovisas gränslinjer för materialbeteende A för M1 materialet till vänster och M2 materialet till höger för ett antal vattenkvoter. Två av provkropparna uppvisade aldrig materialbeteende A (M1=7.7 % och M2=5.9 %), om vattenkvoten sänks med enbart 0.5-1.0 % kan en mobiliseringsgrad på 50 % av hållfastheten användas.



Figur 2. Spänningsgräns för materialbeteende A för de olika försöken presenterad tillsammans med spänningsnivå beräknad med numerisk beräkning. (a) material M1 och (b) material M2.

Ko = vilojordtryckskoefficienten

t = asfalttjocklek (m).

100 % FL = brottlinje.

50 % FL = 50% mobiliseringsgrad.

Begränsningslinjerna för materialbeteende A, Figur 2 redovisas tillsammans med beräknade spänningsnivåer i en vägkonstruktion vilken belastat med en last motsvarande en standardaxel. Spänningarna har beräknats för fyra olika konstruktioner, med olika tjocklek på

det översta obundna lagret och med antagande om olika värden på vilojordtrycks-koefficienten. Resultaten från beräkningarna redovisas på tre olika nivåer (0.5, 0.6 och 0.7 meter), Figur 2, där den högre av spänningarna inom varje serie avser den högsta nivå (0.5 meter) i konstruktionen. Det är från resultaten tydligt att inverkan av vilojordtrycks-koefficienten är större än det bundna lagrets tjocklek. Från spänningsgränserna är det tydligt att en liten förändring i finjordsandel från 13-21 procent leder till en stor förändring i materialbeteende.

I tabell 1 presenteras möjliga användningsdjup (i meter från vägövertytan) baserade på resultat presenterade i Figur 2 för moränmaterial där dräneringssituationen kan säkerställas. En del av fältförsöken har bestått i att mäta årstidsvariationen av fukt i ett moränmaterial under en belagd vägkonstruktion. En moränbank har instrumenterats under ett års tid med fyra fuktmätare på två olika nivåer från terrassen (0.3 och 0.6 meter), och på två olika avstånd från vägmitt (0.8 och 3 m). Resultaten från mätningarna visar att omättade förhållande erhålls på 0.3 m djup från terrassnivån, emedan mätarna på större djup visar på vattenmättnad.

Tabell 1. *Användningsdjup för de två morän materialen med avseende på variation i vilojordtrycks-koefficient och asfaltlagertjocklek.
Low = Lågtrafikerad väg (bunden lager tjocklek 0.1 m)
HW = Moteorvägssektion (bunden lager tjocklek 0.2 m)*

M1 K ₀ = 1.5		M1 K ₀ = 2.5		M2 K ₀ = 1.5		M2 K ₀ = 2.5	
Low	HW	Low	HW	Low	HW	Low	HW
0.8 m	0.6 m	0.6 m	0.5 m	0.5 m	0.6 m	0.5 m	0.5 m

Resultaten som redovisas i Figur 2 och Tabell 1 är påverkade av den accelererade cykliska provningen med en frekvens av 1.5 Hz. Denna situation skiljer sig från en verklig trafiksituation eftersom en verklig trafiksituation leder till betydligt färre lastrepetitioner per tidsenhet. Resultaten från laboriestudien kan därmed anses vara på säkra sidan, eftersom materialet i en verklig trafiksituation kan antas konsolidera till viss del för lasten.

Efter dimensioneringsprocessen kommer själva utförandet. Laboriestudien visar att användningsområdet för moränmaterial kan utökas men detta förutsätter att en del förutsättningar i utförandefasen måste uppfyllas.

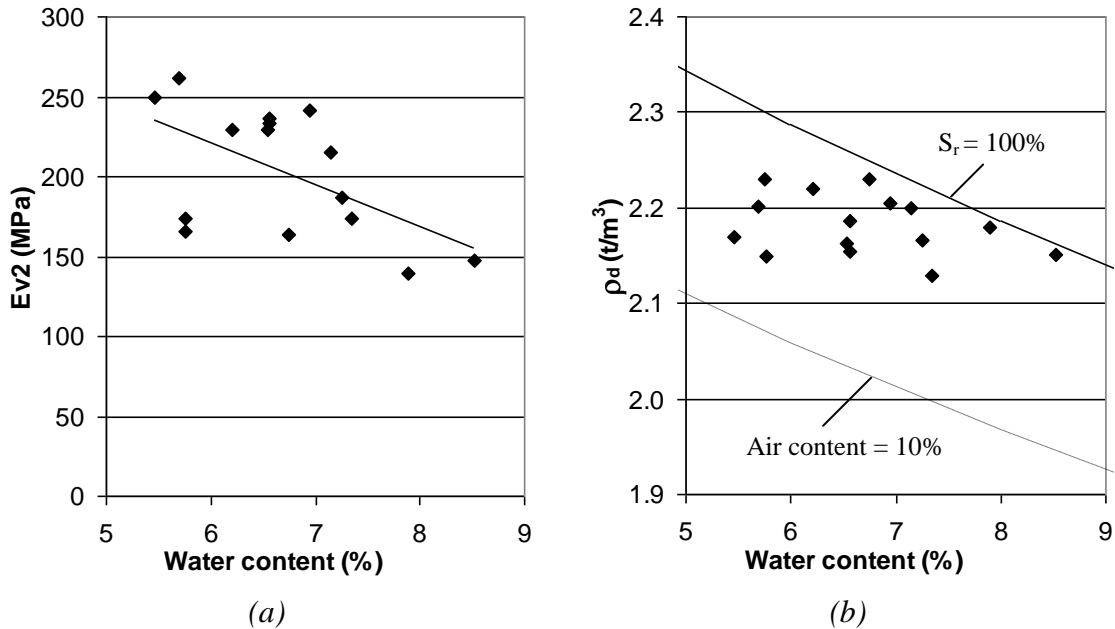
Utförande – kvalitetssäkring

I denna del av processen är det viktigt att verifiera de egenskaper som utredningen prognostiserat, vilka sedan legat till grund för dimensioneringen av konstruktionen. Det är även viktigt att finna metoder för kvalitetssäkring av olika delar av konstruktionen

Ett speciellt program för hantering och sortering av vatten och frostkänsliga material kan vara aktuellt att utforma, vari nederbörds och temperatur situation för utförande beaktas.

Moränmaterial kan uppvisa stora variationer av kornstorleksfördelning över små avstånd och det är därmed viktigt att entreprenören förstår vikten av kornstorleksfördelningen på materialens mekaniska egenskaper. Detta kommer därmed att betyda ett ökat fokus på materialklassificering och selektiv masshantering på plats avseende materialens framtida användningsområde.

Den metod som används i dagsläget enligt ATB Väg för konstruktionslager i vägöverbyggnad är plattbelastning. Som en del av fältmätningarna inom detta projekt har plattbelastningsförsök genomförts för att bedöma moränmaterialens bärförmåga och hur denna påverkas av packning och vattenkvot.



Figur 3. Resultat från testsektion L (a) bärförmåga och (b) torrdensitet mot vattenkvot.

Resultaten från plattbelastningarna visar på en förvånansvärt hög bärförmåga vid jämförelse med tidigare mätningar utförda på konventionella förstärknings och bärlagermaterial, och uppfyller kraven på motsvarande förstärkningslagernivå. I Figur 3 visas uppnådd bärförmåga mot torrdensitet för ett av områdena, sambandet mellan vattenkvot och erhållen bärförmåga är tydligt. Däremot går det inte att bekräfta ett samband mellan densitet och bärförmåga.

Vattenmättnad uppnås efter endast ett fåtal vältöverfarter, därför föreslås att kvalitetsäkning måste genomföras med statisk plattbelastning i kombination med mätning av vattenkvot och densitet.