

Effektiv packning av kalksten

Slutrapport SBUF-projekt 12496

Roger Nilsson, Skanska Sverige AB

Haval Rashid Ahmad, KTH

Serafettin Tüdes, KTH

SAMMANFATTNING

Infrastrukturen har stor betydelse för ett lands utveckling. En god infrastruktur bidrar till miljö- och kostnadseffektiva samt säkra transporter. Eftersom vägar utgör stor del av infrastrukturen har den stor påverkan på att de transportpolitiska målen uppnås.

I dagens samhälle byggs vägar och gator för att transportera gods och människor mellan olika platser på ett säkert och miljövänligt sätt. För att en väg skall fylla sin funktion, måste den dimensioneras för de trafik- och klimatbelastningar den utsätts för. Vägar byggs med olika antal lager och material beroende på vilket ändamål de kommer att användas för. Ett av de viktigaste lagren i en vägkonstruktion är det obundna bärlagret.

Obundna bärlager kan byggas av olika obundna granulära material som naturgrus, krossat stenmaterial, slagg etc. Eftersom naturgrus är en begränsad naturresurs som har stor betydelse för vattenförsörjning, används krossat stenmaterial och alternativa material som uppfyller samma krav. Vid byggnation av vägar i Sverige finns ofta tillgång på bergarter med hög hållfasthet som magmatiska och metamorfa bergarter t.ex. granit, och sedimentära bergarter. Sedimentära bergarter används främst på Gotland. Genom att använda lokalt tillgängligt material minskar kostnaderna samt miljöbelastningen som uppkommer från materialtransport. Där det inte finns bergarter med hög hållfasthet är man ofta hänvisad att använda de material som finns tillgängliga, t.ex. på Gotland byggs vägar med kalksten trots att det har en lägre hållfasthet. Vägar uppbyggda med kalksten har ibland uppvisat skador efter några års trafikering.

I föreliggande studie har kalkstenens tekniska egenskaper undersökts med hjälp av laborietester respektive fältundersökningar. Detta för att undersöka hur materialet skall packas och hanteras för att ta vara på materialets egenskaper samt förbättra och optimera kvalitén.

I projektet har ett bärlagermaterial, 0/32 mm kalksten, från Gotland (Hejdeby) undersökts. För bestämning av materialets egenskaper har laborietesterna: proctorpackning, Micro-Deval, Los Angeles och kornstorleksfördelningskurva utförts. För att studera hur kornstorleksfördelningen påverkar materialets tekniska egenskaper har 0/32 mm materialet modifierats till ytterligare två andra prover som har kornstorleksfördelningen 2/32 mm utan finmaterialhalt respektive 0+/32 mm med förhöjd finmaterialhalt. Avsikten var att studera materialets beteende under proctorpackning, materialets optimala vattenkvot samt hur den maximala torrdensiteten ändras. Som referens för kalkstenens egenskaper har ett traditionellt 0/32 mm tonalistiskt material från Vällstaverket testats vid proctorundersökningen. Materialets nötning och motstånd mot fragmentering har

undersökts med Micro-Deval och Los Angeles och resultaten jämförts med andra bergmaterial.

Vidare kontrollerades materialets bärighet genom att undersöka deformationsmodul (E-modul), packningsgrad samt egenskaper som vattenkvot, torrdensitet vid tre försöksytor på Gotland. Detta utfördes med ett antal metoder som statisk plattbelastning, lätt fallvikt, densitetsmätare/SDG200, samt vatten- och sandvolymmeterprov. Genom jämförelse mellan mätresultaten från olika metoder har dessa metoder verifieras och samband erhöles.

På försöksyta 3 uppmättes bärigheten (deformationsmodul) och packningsgrad av två testytor med olika vattenkvoter efter varje vältöverfart med de olika mätmetoderna. En relation etablerades mellan antal vältöverfarter och materialets deformationsmodul och packningsgrad.

I studien konstaterades det att kalksten från Gotland (Hejdeby) hävdar sig väl som ett byggmaterial för vägens obundna lager. De höga EV2-värdena från statisk plattbelastning som erhållits i fält tyder på att god bärighet kan uppnås vid användandet av kalksten.

För ytterligare information om projektet hänvisas till Examensarbetet: "Utvärdering av kalkstens egenskaper med laboratorie- och fältmetoder", TRITA-VBT 11:12, KTH

FÖRORD

Föreliggande projekt har finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, samt Skanska Sverige AB. Projektet har genomförts inom ramen för ett examensarbete bestående av två delar (laboratorietester respektive fältmätning) och genomförts vid Väg- och banteknik, institutionen för Transportvetenskap vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Examensarbetet som har handlat kring kalksten i obundna bärlager har utförts i samarbete med Skanska Sverige AB.

Författarna vill rikta ett varmt tack till referensgruppen samt våra finansiärer. Vi vill också tacka examinator Professor Björn Birgisson och handledare Michael T. Behn samt Denis Jelagin vid avdelning för Väg- och banteknik. Vi vill även tacka Skanska Teknik: Lars Stenlid som hjälpt till med laboratorietesterna i Vällstaverket samt Jan Englund som kommit med goda förslag. Vi riktar även ett stort tack till Skanska Väg – och Anläggning på Gotland som bidrog med att vår vistelse blev både lärorik och minnesvärd. Slutligen vill vi tacka alla som har kommit med goda synpunkter och engagerat sig i vårt arbete.

SYFTE

Syftet med examensarbetet är att:

- Utvärdera kalksten packningsegenskaper med olika laboratorietester.
- Utvärdera bärlagrets bärighet och packningsgrad med olika kontrollmetoder i fält.
- Ge rekommendationer för packning och hantering av materialet.
- Ge förslag till utförande av fältmätningar.
- Öka kunskapen om kalksten i vägöverbyggnad

METOD

Följande metoder användes för att bestämma kalkstenens tekniska egenskaper i laboratorium:

- Proctorpackning (EN 13286–2:2 004: E)
- Kornstorleksfördelningskurva (SS-EN 933-1, 2005)

SLUTSATSER

Slutsatser utifrån resultaten från laboratoriemetoderna och kontrollmetoderna redovisas nedan:

Laborariemetoder

- En jämförelse av kalksten med de olika kornstorleksfördelningarna 0/32, 2/32 och 0+/32 mm, visar att en ändring i materialets gradering kan påverka packningsresultatet. Därför är det viktigt att material i fält ska vara så välgraderat som möjligt vid packning
- Material med mindre finmaterialhalt kan i fält inte hålla lika mycket vatten jämfört med undersökningar i laboratoriet, eftersom packning görs i en packningscylinder. Därför är det svårare att uppnå den optimala packningsgraden, eftersom tillfört vatten dräneras ur materialet. Dessutom ökar risken för nedkrossning om materialet packas för mycket.
- Materialets optimala vattenkvot och maximala torrdensiteten är beroende av materialets kornstorleksfördelning och packningsenergi.
- Vid ökning av finmaterialhalten ökar materialets optimala vattenkvot och den maximala torrdensiteten.
- Goda packningsresultat kan uppnås om materialet i fält har den optimala vattenkvoten från proctorpackningen
- Kalksten från Gotland uppfyller kravet för bärlager med Los Angeles-metoden.
- Kalkstenen uppfyller ej kravet för bärlager med Micro-Devalmetoden, men bör godkännas om statisk plattbelastning är godtagbar.

Fältmätningar

- Låga E_{v1} värden från mätning 1 från statiska plattbelastningsmätningar tyder på att det finns möjlighet att packa materialet ytterligare. Ett packningsarbete som avslutas med statisk packning kan ge högre E_{v1} , vilket förbättrar bärigheten av bärlager.
- Fallhöjden har inte stor påverkan på E_{vd} -modulen på jämna ytor med kontrollmetoden med lätt fallvikt. Vid mätningar på ytor med löst stenmaterial kan E_{vd} -modulen fås med stora variationer mellan olika fallhöjder och mätpunkter. Mätnoggrannheten kan därför bli mindre god på sådana ytor.

- Materialets egenskaper som bestäms med densitetsmätare SDG200 har stora variationer, men den är å andra sidan en snabb och användarvänlig metod. Värdena används för att jämföra materialets egenskaper mellan mätpunkterna.
- Mätningar med sandvolymmeterprovet kräver mycket noggrannhet vid utförandet. Det är svårare att utföra metoden på obundna granulära material, till exempel för bärlager som kan leda till felaktiga volymberäkningar.
- Packning av material med lägre vattenhalt kräver mer packningsarbete och luckras lättare upp under vibrationspackningen.

Överbyggnad

- Enligt E_{V2} från statiska plattbelastningsmätningar kan hög bärighet uppnås i vägkonstruktioner byggda med kalksten.
- Hanteringen av material från krossning i tåkten till och med arbetsplatsen är viktig. Dålig hantering ändrar materialets egenskaper som till exempel vattenkvot och gradering.

REKOMMENDATIONER

Följande rekommendationer ges för packning och hantering av Gotlands kalksten som bärlagermaterialet samt inför fortsatta studier.

Inför packning och hantering av material i fält

- Materialet som ska packas ska det innehålla ungefär det vattenkvot som erhålls från proctorpackningen. I detta fall 4,6 % för kalksten.
- Det är viktigt att material ska vara välgraderat. Hantering av material som ändrar gradering bör undvikas, till exempel på tåkten där materialet tas ifrån.
- Vid packning av granulära material som innehåller låg finmaterialhalt kan extra vatten användas för att underlätta packningsarbetet eller genom att tillsätta finmaterial.
- Packningen bör avslutas med en eller två välöverfarter med statisk packning. Detta för att få bort det lösa stenmaterialet som luckrats upp under den dynamiska packningen, därmed kan en tätare lagerstruktur erhållas.

- Eftersom kalkstenen har sämre nötningsegenskaper, skall det inte packas med allt för höga amplituder vid dynamisk packning för att undvika nötning.
- Material med höga finmaterialhalter bör inte packas vid optimal vattenkvot, eftersom det finns risk för att man stänger in vatten i materialet och skapar ett portryck som i sin tur försvårar packningsarbetet oerhört.

Inför fortsatta studier

- Kunskaper om materialets egenskaper kan utvecklas genom fler laborietester, till exempel Gyrotorytest att bestämma krossningen av materialet under olika belastningar.
- Prover kan tas efter varje välöverfart för kornstorleksfördelningskurvan i syfte att se hur mycket material som krossas under packningen i fält.
- Genomföra samma slags tester som på de Testytorna fast på större area med stegvis ökande antal överfarter. Ett specifikt diagram kan då fås för kalkstenen bärighetsutveckling.
- Innan mätningar med lätt fallvikt utförs på ytor med löst stenmaterial, kan ytan slätpackas för att erhålla ett bättre resultat. Vid behov kan ytan vattnas innan packning.

Erfarenheter från studien.

- Det sätt ett material neddelas på inför laborietester har stor betydelse, om det förekommer stor variation på kornstorleksfördelningen mellan proven kan det påverka resultatet.
- Inför proctorpackningen bör det antas en hög och en låg vattenkvot som i sin tur kan ge indikationer på inom vilka gränser resten av vattenkvoterna kan antas.
- Innan neddelning av materialet sker i den s.k. neddelningsapparaten, bör en neddelningsschema utföras.
- Ytor med löst stenmaterial kan göra att mätresultaten mellan mätpunkterna varierar mycket med den lätta fallvikten.
- Stor noggrannhet krävs vid utförande av sandvolymmeterprovet, särskilt då det uppgrävda materialet ersätts med sand.

- Eftersom det inte fanns någon motvikt som klarade de spänningsnivåer med statisk plattbelastning, svetsades en balk på bakdelen av hjullastaren.
- Ju finare sand som används för att jämna testytan, desto bättre resultat fås med statistiska plattbelastningsmätningar. Ytan bör vara fri från löst stenmaterial för att erhålla ett gott resultat.
- Det tog ungefär 30 minuter att utföra en mätning med statisk plattbelastning. Det var den mest tidskrävande metoden i denna studie.

För ytterligare information om projektet hänvisas till Examensarbetet: "Utvärdering av kalkstens egenskaper med laboratorie- och fältmetoder", TRITA-VBT 11:12, KTH